

DESAFIANDO LA SARCOPENIA: INVESTIGANDO LOS IMPACTOS DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO TERAPÉUTICO, CON UN ENFOQUE COMPARATIVO ENTRE FUERZA Y AERÓBICO. PROTOCOLO DE TRABAJO

Silvia Godoy Luján*, Samuel Negrín Ventura*, Roberto Méndez Sánchez**, Josmarlin González Pérez***, Juan Elicio Hernández Xumet***

RESUMEN

La evidencia científica respalda los beneficios del ejercicio terapéutico para individuos con enfermedad de sarcopenia. A pesar de ello, la literatura existente es limitada, destacando la necesidad de una mayor intervención para comprender a fondo qué tipo de ejercicio favorece. El presente estudio tiene como objetivo principal investigar los efectos de un programa de intervención fisioterapéutica que utiliza ejercicios de fuerza en comparación con ejercicios aeróbicos en personas afectadas por la sarcopenia. Se busca evaluar la influencia de estas intervenciones en la fuerza y cantidad de masa muscular, el rendimiento físico y los niveles séricos de IGF-1. Se propone un protocolo de fisioterapia basado en un ensayo clínico controlado para personas diagnosticadas con sarcopenia en dos grupos: control y experimental, sometiéndose ambos a 20 sesiones de intervención, dos veces por semana, con una duración aproximada de 60 minutos por sesión. Se analizarán diversas variables, incluyendo sociodemográficas, hábitos de vida, clínicas, fuerza muscular, cantidad de masa muscular, rendimiento físico y niveles séricos de IGF-1.

PALABRAS CLAVE: enfermedad de sarcopenia, ejercicio terapéutico, fisioterapia.

CHALLENGING SARCOPENIA: INVESTIGATING THE EFFECTS OF A THERAPEUTIC EXERCISE PROGRAMME, WITH A COMPARATIVE APPROACH BETWEEN STRENGTH AND AEROBIC EXERCISE. PHYSIOTHERAPY PROTOCOL

ABSTRACT

Scientific evidence supports the benefits of therapeutic exercise for people with sarcopenia disease. Despite this, the existing literature is limited, highlighting the need for further intervention to fully understand which type of exercise best supports. The present study aims to investigate the effects of a physiotherapeutic intervention programme using strength exercises compared to aerobic exercises in people affected with sarcopenia disease. The aim is to evaluate the influence of these interventions on muscle strength, muscle mass, physical performance and serum IGF-1 levels. We propose a physiotherapy protocol based on a controlled clinical trial for people diagnosed with sarcopenia in two groups: control and experimental, both of which will receive 20 intervention sessions, twice a week, with an approximate duration of 60 minutes per session. Several variables will be analysed, including socio-demographics, lifestyle habits, clinics, muscle strength, muscle mass, physical performance and serum IGF-1 levels.

KEYWORDS: sarcopenia disease, therapeutic exercise, physiotherapy.



INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTOS

La sarcopenia es responsable de un gasto sanitario considerable, con costes médicos directos en torno a los 18 500 millones de dólares estadounidenses en los Estados Unidos en el año 2000 (1). Pero ¿qué es? La *European Working Group on sarcopenia in Older People* (EWGSOP2) la define como un trastorno del músculo esquelético generalizado y progresivo que se asocia con una mayor probabilidad de resultados adversos entre los que se incluyen caídas, fracturas, discapacidad física y mortalidad (2). Se estima que la prevalencia de sarcopenia es aproximadamente del 6-22 % en los adultos mayores de 65 años (3). En la actualidad, su diagnóstico se confirma por la presencia de baja cantidad o calidad muscular. Asimismo, cuando se detecta una fuerza muscular baja, una cantidad-calidad muscular baja y un rendimiento físico también bajo, se considera como grave (2).

Desde 2016, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Clasificación Internacional de Enfermedades (ICD) ha reconocido a la sarcopenia como una enfermedad con Código ICD-10 (M62.84) (4). A continuación, se exponen los aspectos fundamentales para el conocimiento de esta enfermedad, además de las bases sobre el factor de crecimiento (IGF-1) basándose en la evidencia científica encontrada hasta el momento.

SARCOPENIA

En 1988 surge el término sarcopenia, *sarx* (carne) y *penia* (pérdida) en la reunión de Albuquerque, Nuevo México. La cual describe cambios importantes en la composición corporal y funciones relacionadas, es decir, disminución de la masa muscular relacionada con la edad (5). Posteriormente, Baumgartner *et al.* la definen como la masa del músculo esquelético apendicular (kg) / altura² (m²) siendo <2 desviaciones estándar por debajo de la media de un grupo referencia joven (6). A continuación, en el año 2010 tras la reunión del Grupo de Trabajo Europeo sobre sarcopenia en Personas Mayores (EWGSOP) se la describe como un síndrome caracterizado por una pérdida progresiva y generalizada de la masa y la fuerza del músculo esquelético con riesgo de resultados adversos como discapacidad física, mala calidad de vida y muerte (7).

En la actualidad, tras la reunión del Grupo de Trabajo Europeo sobre sarcopenia en Personas Mayores (EWGSOP2) en 2018 se la conoce como un trastorno del músculo esquelético generalizado y progresivo que se asocia con una mayor probabilidad de resultados adversos que incluyen caídas, fracturas, discapacidad física

* Programa de Doctorado de Ciencias Médicas y Farmacéuticas, Desarrollo y Calidad de Vida, Universidad de La Laguna.

** Universidad de Salamanca.

*** Movement and Health Research Group, Universidad de La Laguna.

Correspondencia: Juan Elicio Hernández Xumet. E-mail: jhernanx@ull.edu.es.



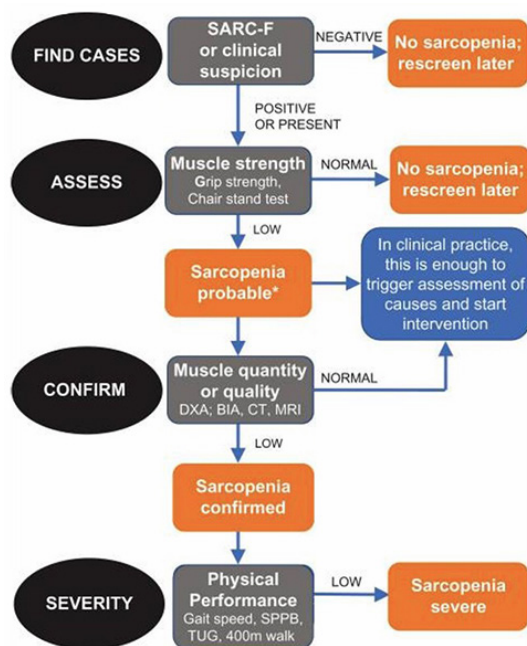


Ilustración 1. Sarcopenia: algoritmo EWGSOP2 para la búsqueda de casos, diagnóstico y cuantificación de la gravedad en la práctica.

y mortalidad. Asimismo, utiliza la fuerza muscular baja como el parámetro principal de la sarcopenia (2).

Diagnóstico

En la EWGSOP2 también se actualizó el algoritmo para la detección de casos, el diagnóstico y la determinación de la gravedad de esta enfermedad observándose en la ilustración 1 (2).

Esta guía propone un enfoque escalonado para abordar la sarcopenia: comenzando con la búsqueda de casos, se utiliza el Cuestionario SARC-F o una sospecha clínica. En caso de resultados negativos, se realiza una evaluación más detallada posteriormente; si son positivos, se avanza a la evaluación de la fuerza muscular.

En la evaluación de la fuerza muscular, se emplea la fuerza de presión y la prueba de soporte de la silla. Los resultados normales excluyen la presencia de sarcopenia, mientras que los positivos indican una sospecha clínica.

La siguiente etapa es la confirmación, que implica evaluar la cantidad y calidad del músculo mediante absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), tomografía computarizada (CT) o reso-

nancia magnética (MRI). Resultados normales son suficientes para la evaluación y decisiones iniciales en la práctica clínica, mientras que resultados anómalos confirman la presencia de sarcopenia.

Finalmente, para conocer la gravedad, se utilizan pruebas de desempeño físico como la prueba de puesta en marcha (TUG), caminata de 400 metros y batería de rendimiento físico corto (SPPB). Resultados fuera de lo normal indican sarcopenia severa (2).

La sarcopenia se distingue por la presencia de niveles reducidos en los indicadores clave de fuerza muscular, cantidad/calidad muscular y rendimiento físico, sirviendo como marcadores de su gravedad (2, 7).

Clasificación

Primaria y secundaria

Aunque el envejecimiento es comúnmente asociado con la sarcopenia, en algunos casos, pueden identificarse otras causas. Por lo tanto, la distinción entre sarcopenia primaria y secundaria resulta útil en la práctica clínica. La sarcopenia primaria, también conocida como relacionada con la edad, se atribuye únicamente al envejecimiento, careciendo de otras causas específicas evidentes. En contraste, la sarcopenia secundaria se caracteriza por tener una o más causas evidentes, que pueden incluir enfermedad, inactividad y mala nutrición (2, 7).

Crónica y aguda. En la actualidad la EWGSOP2 identifica dos subcategorías de la sarcopenia, dividiéndose en aguda y crónica (2).

La sarcopenia aguda, con una duración inferior a 6 meses, suele estar vinculada a enfermedades o lesiones agudas. Por otro lado, la sarcopenia crónica, con una duración igual o superior a 6 meses, tiende a asociarse con condiciones crónicas y progresivas, elevando el riesgo de mortalidad. (2). El propósito de esta clasificación es destacar la importancia de realizar evaluaciones periódicas de la sarcopenia en individuos con riesgo potencial, permitiendo así determinar la velocidad de desarrollo y empeoramiento de esta condición (2).

Prevalencia

La prevalencia en la comunidad utilizando una definición consistente con la EWGSOP fue del 1 al 33% en diferentes poblaciones combinándose datos entre mujeres y hombres, con una prevalencia mayor en el entorno en el que se atiende a personas mayores, más complejas y con enfermedades agudas (8). Sin embargo, se requiere de mayor evidencia científica para identificar de forma correcta esta variable.



Tratamiento

En la actualidad la evidencia científica refiere que el ejercicio y la nutrición mejoran la fuerza y la función muscular (9). Sin embargo, se requiere de una mayor investigación para obtener más información sobre los resultados de las diversas intervenciones.

FACTOR DE CRECIMIENTO IGF-1

El factor de crecimiento similar a la insulina I (IGF-1) es una hormona polipeptídica de 70 aminoácidos con efectos endocrinos, paracrinos y autocrinos. Comparte > 60% de homología con IGF-2 y 50% de homología con estructuras de proinsulina (10).

El IGF-1 es relevante tanto en estados embriológicos como posnatales. Aunque es producido principalmente por el hígado, prácticamente todos los tejidos secretan esta hormona con fines autocrinos/paracrinos (11). Asimismo, la hipófisis (GH) y el hígado (IGF-1) establecen mecanismos de retroalimentación negativa comunes a cualquier otra glándula endocrina. Los somatotrofos hipofisarios (células secretoras de GH) están bajo un delicado equilibrio controlado entre la hormona liberadora de hormonas de crecimiento estimulantes y la somatostatina inhibidora, ambas generadas por el hipotálamo como resultado de factores neurogénicos, metabólicos y hormonales sistémicos y corticales (11, 12). Por otro lado, el IGF-1 inhibe la secreción de GH actuando sobre el hipotálamo mediante dos mecanismos de retroalimentación: en primer lugar, inhibiendo la expresión del gen de GH (11, 13) y, en segundo lugar, estimulando la secreción de somatostatina que inhibe la producción de GH (11, 14, 15).

Por otra parte, el factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1) es uno de los factores de crecimiento mejor caracterizados y se ha demostrado que modula el tamaño de los músculos y desempeña un papel fundamental en la regulación de la función muscular (16). Asimismo, se cree que media muchos de los resultados beneficiosos de la actividad física (16-18).

JUSTIFICACIÓN

La prevalencia de sarcopenia en la comunidad se incrementa con la edad desde el 5-13% entre los 60-70 años hasta el 11-50% entre los octogenerarios (6, 19).

En España, el número de personas mayores de 65 años ha aumentado considerablemente en los últimos años. Según datos oficiales en el año 2010 el 17% de la población española estaba compuesta por personas mayores de 65 años, lo que supone un incremento del 3,5% en los últimos 5 años y sitúa a España como el cuarto país con mayor envejecimiento a nivel mundial (20, 21).

El envejecimiento es un proceso multifactorial caracterizado por un conjunto de cambios. Dentro de las variaciones en la composición corporal se destacan



la *masa corporal*, cuya medida se incrementa con la edad, y posteriormente disminuye o permanece estable en la senectud (21, 22); la *masa magra* sigue el mismo patrón de crecimiento que la masa corporal, con un incremento anual medio de 0,3 y 0,4 kg al año en hombres y mujeres respectivamente (21, 23). También se observa un cambio en la *masa muscular*; al mismo tiempo que tiene lugar un aumento de la masa grasa se produce un descenso de la masa libre de grasa, siendo la mayoría de esta pérdida atribuida a una reducción del músculo esquelético y densidad mineral ósea (21). La masa muscular comienza a descender progresivamente con una aceleramiento de la pérdida después de los 60 años (21, 24), siendo esta pérdida más notable en hombres que en mujeres (21, 25). En relación con la *masa ósea*, esta disminuye durante el proceso de envejecimiento tanto en mujeres como en hombres acelerándose con la edad. En hombre mayores de 70 años, la pérdida ósea neta es de 2 a 4 veces más rápida que en aquellos menores de 60 años (21, 22, 26). Asimismo, se estima que la pérdida de masa ósea es menor en hombres que en mujeres, siendo esta diferencia más pronunciada a partir de los 65 años (22). El resultado de todos estos cambios en la composición corporal debido al envejecimiento es a la aparición de enfermedades.

La sarcopenia en el adulto mayor incluye una cantidad reducida de ejercicio, una ingesta dietética insuficiente, una reducción de las fibras tipo II en los músculos esqueléticos que promueven la degradación de la fuerza muscular y la reducción de la IGF-1 (27). Asimismo, diversos autores/as han expresado que la secreción de la IGF-1 está asociada a la generación masa muscular y la fuerza muscular (27, 28). El estudio realizado por Chen *et al.* demostró que las personas que recibían el tratamiento de ejercicio, ya fuera resistencia, aeróbico o el combinado, presentaba un aumento de la masa muscular y una reducción total de la masa magra y la visceral. Asimismo, el rendimiento de fuerza muscular y el nivel sérico de IGF-1 en los grupos entrenados, especialmente en el grupo de resistencia, fueron mayores que en el grupo control (27).

Aunque en la actualidad no exista aún un consenso de tratamiento para esta enfermedad, diversos estudios refieren que el ejercicio puede ser considerado tanto un tratamiento como una medida preventiva, ya que puede aumentar la masa muscular, la fuerza muscular y la síntesis de proteínas (27, 29). El entrenamiento de resistencia parece ser el más efectivo para disminuir los efectos de la sarcopenia, pues induce la hipertrofia del músculo esquelético y mejora la fuerza muscular (30). Un meta-análisis de ejercicios de resistencia para fuerza en los adultos mayores reveló que una mayor intensidad de entrenamiento se asocia con una mayor cantidad de fuerza (30, 31). Sin embargo, otros autores mencionan el entrenamiento de fuerza como una de las intervenciones más eficaces para retrasar la sarcopenia y los eventos relacionados que se asocian habitualmente con esta condición. Cada vez se confirman más resultados beneficiosos del entrenamiento de fuerza en la población de las personas mayores y sus efectos se extienden a otras situaciones como lo son caídas y el deterioro cognitivo (32).

En este contexto se ha planteado la siguiente pregunta de investigación: ¿qué efectos tiene un programa de fisioterapia utilizando ejercicio aeróbico vs fuerza en personas con enfermedad de sarcopenia?



Este proyecto de investigación tiene como objetivo obtener resultados sobre las variables de fuerza muscular, la cantidad muscular, el rendimiento físico y los valores séricos de IGF-1 tras la realización de un entrenamiento aeróbico vs. fuerza en personas con la enfermedad de sarcopenia, para ello se basará en los estudios del Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Mayores (EWGSOP) (2).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Explorar los impactos de un programa de intervención fisioterapéutica que incorpora ejercicios aeróbicos en comparación con ejercicios de fuerza en individuos con enfermedad de sarcopenia. El estudio se centra en evaluar los efectos de estas intervenciones en la fuerza muscular, cantidad de masa muscular, rendimiento físico y niveles séricos de IGF-1 en este grupo de personas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar y contrastar la fuerza muscular a través de la medición de la fuerza de agarre después de un programa de fisioterapia que incorpora ejercicios aeróbicos frente a ejercicios de fuerza.
2. Evaluar y comparar la masa muscular en individuos con sarcopenia mediante el uso de absorciometría de rayos X de energía dual (DXA).
3. Valorar y comparar el rendimiento físico mediante la aplicación de la batería de rendimiento físico corto (SPPB).
4. Obtener información acerca de las variaciones en los niveles séricos de IGF-1 en personas con sarcopenia a través de la técnica Elisa humano IGF-1.

PARTICIPANTES, MATERIAL Y MÉTODOS

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Individuos diagnosticados con sarcopenia a través del cuestionario SARC-F.
- Personas con diagnóstico en el rango de 45 a 65 años.
- Capacidad para caminar y mantenerse de pie de manera autónoma, sin requerir asistencia externa.
- Ausencia de condiciones neurológicas o cardiopulmonares concurrentes que pudieran obstaculizar la participación en el programa de ejercicio.



TABLA 1. VARIABLES DE ESTUDIO Y MÉTODOS DE INTERVENCIÓN

VARIABLES DEL ESTUDIO	MÉTODOS DE EVALUACIÓN
Sociodemográficas y hábitos de vida	Ficha de datos personales
V. clínicas	Tiempo diagnóstico y SARC-F
Fuerza muscular	Fuerza de agarre
Cantidad muscular	Absorciometría de rayos X de energía dual (DXA)
Rendimiento físico	Puesta en marcha (TUG) y batería de rendimiento físico corto (SPPB)
VALORES SÉRICOS DE IGF-1	Elisa humano IGF-1

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Incapacidad para caminar de manera autonomía y permanecer en posición vertical sin asistencia externa.
- Diagnóstico de obesidad sarcopénica.
- Presencia de enfermedades concomitantes de cualquier origen que contraindiquen el tratamiento.
- Historial de abuso de alcohol o drogas.

CRITERIOS DE RETIRADA:

- Ausencia en más de dos sesiones consecutivas sin posibilidad de recuperación.
- Existencia de condiciones nuevas que obstaculicen el seguimiento de las sesiones y/o que contraindiquen su participación.

VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables del estudio y los métodos de evaluación se observan en la tabla 1.

a) *Variables sociodemográficas y hábitos de vida:*

- Edad: variable numérica expresada en años.
- Sexo: variable dicotómica expresada en H o M (hombre o mujer).
- Peso: variable numérica expuesta en kilogramos.
- Altura: variable numérica expresada en metros.
- IMC: variable numérica expresada en kg/m^2 .
- Experiencia en la realización de algún tipo de deporte, variable dicotómica expresada como sí/no, especificar el deporte si la respuesta es afirmativa.

b) *V. Clínicas:*

- Tiempo diagnóstico: variable numérica expresada en meses.
- SARC-F: variable numérica de 5 ítems.

TABLA 2. MATERIAL PARA LA EVALUACIÓN

PRUEBAS	MATERIAL PARA LA EVALUACIÓN
Fuerza de agarre	– Dinamómetro de mano calibrado
Absorciometría con rayos X de doble energía) (DXA)	– Aparato DXA
Timed and Go (TUG)	– 1 silla sin reposabrazos con asiento de 39 × 39 cm, altura de 46 cm y respaldo de 40 × 43 cm – Cinta métrica – 2 Conos
Batería de rendimiento físico corto (SPPS)	– 1 silla sin reposabrazos con asiento de 39 × 39 cm, altura de 46 cm y respaldo de 40 × 43 cm
Elisa humano IGF-1	– Placa de tiras de 96 pocillos recubiertas previamente con anticuerpo de captura – Patrón calibrado – Detección de anticuerpos biotinados – Conjugado de estreptavidina-HRP (y tampón de dilución HRP) – Tampón de ensayo (para patrón y muestra) – Tampón de lavado – Solución de sustrato de TMB – Solución de parada

c) *Fuerza muscular:*

– Fuerza de agarre: variable numérica expresada en kg.

d) *Cantidad muscular:*

– DXA: variable numérica expresada en kg.

e) *Rendimiento físico:*

– TUG: variable numérica expresada en segundos.

– SPPS: variable numérica expresada en puntos, la puntuación máxima será de 12 puntos.

f) *Valores séricos de IGF-1:*

– Elisa humano IGF-1: valor numérico expresado en ng/ml.

MATERIAL PARA LA EVALUACIÓN

Para poder llevar a cabo la evaluación se necesitarán los recursos desarrollados en la tabla 2.

MATERIAL PARA LA INTERVENCIÓN

- Pesas de diferentes kg
- Dynair (superficie inestable)
- Cicloergometro
- Esterillas
- Step
- Aro

TABLA 3. PROTOCOLO DE SOUTHAMPTON.

SOUTHAMPTON	
Postura	Sujeto sentado
Posición del brazo	Antebrazos apoyados en los brazos de la silla
Posición de la muñeca	Muñeca justo sobre el externo del brazo de la silla, en posición neutral, con el pulgar hacia arriba
Posición de la extremidad inferior	Pies planos en el suelo
Feedback	«Quiero que aprietes lo más fuerte que puedas durante el tiempo que puedas hasta que te diga que te detengas, apretar, apretar, apretar, detener (cuando la aguja deje de subir)»
Número de intentos	3 intentos en cada mano, de manera alterna
Puntuación válida	Puntuación máxima de los 6 intentos

PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

En una fase inicial, los potenciales participantes del estudio deberán someterse a una entrevista personal, durante la cual se recopilará la información detallada en el Anexo I del cuaderno de recopilación de datos (CDR). Este cuestionario se utilizará para verificar si cumplen con los criterios de inclusión, determinando así su elegibilidad definitiva para la participación en el estudio. Además, las evaluaciones detalladas a continuación serán llevadas a cabo por un fisioterapeuta investigador que se mantendrá sin conocimiento del progreso de la intervención, mientras que el test SARC-F será administrado por un médico colaborador en el proyecto.

Evaluación de la fuerza muscular

Medición de la fuerza de agarre: la medición de la fuerza de agarre es sencilla y económica. Un valor bajo es predictor potente de peores resultados en el usuario, como mayor estancia hospitalaria, aumento de limitaciones funcionales, peor calidad de vida y muerte (35-37). Para su medición se requiere del uso de dinamómetro de mano calibrado bajo condiciones bien definidas (38, 39) En la tabla 3 se refleja el protocolo de uso de dinamómetro Southampton.

La fuerza de agarre es útil como sustituto fiable de medidas más complicadas de fuerza en brazos y piernas. Por su facilidad, se utilizará el dinamómetro Jamar debido a que ha sido ampliamente usado y se encuentra validado (38). Los puntos de corte de sarcopenia para EWGSOP2 para fuerza de agarre son <27 kg en hombres y 16 kg en mujeres (2, 39).



Evaluación de la cantidad muscular

Absorciometría con rayos X de doble energía (DXA): es el instrumento más ampliamente disponible para determinar la cantidad muscular (masa de tejido magro corporal total o masa del músculo esquelético apendicular) (2). Fundamentalmente, la masa muscular se correlaciona con el tamaño corporal, es decir, las personas con un mayor tamaño corporal tendrán una masa muscular mayor. Por tanto, al cuantificar la masa muscular, el nivel absoluto de masa de músculo esquelético de cuerpo entero (SMM) o masa de músculo esquelético apendicular (ASM) se puede ajustar al tamaño corporal de diferentes maneras, por ejemplo, utilizando la altura al cuadrado ($ASM/altura^2$), el peso ($ASM/peso$) o el índice de masa corporal (ASM/BMI) (2,7).

Una ventaja del DXA es que puede proporcionar una estimación reproducible de ASM en unos pocos minutos cuando se usa el mismo instrumento y puntos de cortes. Una desventaja es que el instrumento aún no es portátil para su uso en la comunidad. Asimismo, los valores obtenidos pueden verse afectados por el nivel de hidratación del paciente (2). Los puntos de corte de sarcopenia EWGSOPE2 para cantidad de músculo según Studenski en ASM son de <20 kg en hombres y < 15 kg en mujeres (2,40). Mientras que por $ASM/altura$ serán de <7,0 kg/m^2 en hombres y 5,5, kg/m^2 en mujeres (2,41).

Evaluación del rendimiento físico

Timed and Go (TUG): la persona se encontrará sentada en una silla con reposabrazos, su espalda apoyada en el respaldo y los pies en el suelo (42). Tras oír una indicación, tendrá que levantarse de la silla y caminar a su ritmo de marcha, cómodo y seguro hasta una marca previamente señalizada, a una distancia de tres metros. Al llegar a la marca debe girar, volver de nuevo a la silla y sentarse. El tiempo comienza a contar cuando se le da la instrucción «ya» y se detiene cuando la persona se encuentra sentada de nuevo. Se contabilizará en segundos el tiempo que tarda en realizar toda la secuencia. Se realizará tres veces por evaluación y el resultado final será la media numérica del resultado de los tres intentos. Los valores de referencias serán los siguientes (42):

- < 10 segundos = normal.
- <20 segundos = buena movilidad, puede salir solo sin apoyo.
- >20 segundos = riesgo de caída, necesita apoyo para la marcha, no debe salir solo.

Batería de rendimiento físico corto (SPPS): es una herramienta para evaluar la funcionalidad de extremidades inferiores en personas mayores. Consiste en la combinación de tres pruebas (levantarse y sentarse de una silla 5 veces, test del equilibrio, velocidad de la marcha en 4 metros), siendo la puntuación total la suma de las tres pruebas (39, 43). El punto de corte definido por la EWGSOPE2 para determinar la gravedad de la sarcopenia se ha fijado en una puntuación ≤ 8 puntos (18). En la tabla 5 se muestra la puntuación de cada prueba. El SPPB puede predecir eventos adversos, pero se usa más en investigación que en la evaluación clínica, ya que al realizar la batería de pruebas se tarda al menos 10 minutos. En un metaanálisis de



17 estudios realizado en 2016, se compararon las puntuaciones del SPPB y la mortalidad por todas las causas, siendo una puntuación inferior a 10 predictiva de mortalidad (39,44). Puntos de corte de sarcopenia EWGSP2 para bajo rendimiento <8 puntos según Pavasini (2,44).

Evaluación de los valores séricos de IGF-1

Elisa humano IGF-1: se realiza una muestra de sangre de una vena de un brazo con una aguja pequeña. Posteriormente se colocará la muestra en un tubo de ensayo. El intervalo normal del adulto es de 122- 400 ng/ml para IGF-1 (45).

PROCEDIMIENTOS DE LAS INTERVENCIONES

Antes de dar inicio al programa, se llevará a cabo una evaluación detallada para cada participante, como se detalló previamente. Posteriormente, se implementará el programa de intervención propuesto, y al concluir el mismo (tras 6 semanas), se repetirán las evaluaciones. Las sesiones de intervención serán dirigidas por un fisioterapeuta, quien explicará el procedimiento antes de iniciar el protocolo. En caso necesario, se contará con la supervisión de un monitor/a para garantizar la seguridad de los participantes durante la intervención. La intervención terapéutica se extenderá por un período de 2 meses y 2 semanas, con un total de 20 sesiones para cada individuo diagnosticado con sarcopenia, realizándose 2 veces a la semana con una duración estimada de 45-60 minutos por sesión. El grupo de control, compuesto por 7 personas, llevará a cabo la intervención de ejercicio aeróbico, mientras que el grupo experimental, también con 7 personas, seguirá el protocolo de fuerza. Ambas intervenciones se realizarán de acuerdo con los protocolos establecidos por el Colegio Americano de Medicina Deportiva y el estudio llevado a cabo por Hung-Ting *et al.* (27, 46).

Protocolo de ejercicio de fuerza

Siguiendo la evidencia científica, los ejercicios se llevarán a cabo dos veces por semana, totalizando 20 sesiones. Cada sesión comprenderá 3 series de 8-12 repeticiones, con un intervalo de descanso de 2-3 minutos y una intensidad moderada del 60-70% de 1 RM, con una duración total de 45-60 minutos. Se observará un tiempo de descanso de 48 horas entre cada sesión. Al concluir cada sesión, se realizará individualmente un test de esfuerzo percibido, valorado en una escala de 0-10 según la dificultad percibida. En total, se llevarán a cabo 10 ejercicios específicos: prensa de hombros, flexiones de bíceps, tríceps rizos, press de banca, peso muerto, balanceo de piernas, sentadillas, filas de pie, filas unilaterales y sentadillas frontales.



Protocolo de ejercicio aeróbico

Los ejercicios se llevarán a cabo dos veces por semana, con una duración aproximada de 45-60 minutos. La sesión estará dividida en tres estaciones:

Calentamiento: con una duración de 5-10 minutos, consistirá en ejercicios de movilidad global de diversas articulaciones. La persona que realice el calentamiento se ubicará en bipedestación, con o sin apoyo. Inicialmente, se llevarán a cabo movilizaciones activas de la zona cervical, abarcando tanto la flexoextensión como los movimientos laterales y rotaciones. Posteriormente, se continuará con la movilización del hombro mediante movimientos de rotación anterior, variando la dirección. Este proceso se replicará en codo y muñecas, dentro del rango disponible y libre de dolor.

La secuencia seguirá con el calentamiento del tronco, inclinándose hacia ambos lados y realizando círculos con la cadera. Para concluir, se efectuarán movimientos rotatorios de rodilla y tobillo, modificando la dirección según sea necesario.

Entrenamiento central:

Estación de ejercicio aeróbico (15 minutos):

– Se llevará a cabo una sesión de pedaleo en el cicloergómetro durante 15 minutos. La intensidad del ejercicio se incrementará progresivamente en las siguientes sesiones.

Estación de marcha (10 minutos):

- En el primer ejercicio, se realizará una marcha hacia adelante, seguida de una marcha lateral (siguiendo el trayecto marcado en el suelo mediante aros) y hacia atrás.
- El segundo ejercicio consiste en repetir el primero, pero con la adición de una flexión de rodilla a 90°, intercambiando primero una pierna y luego la otra.
- El tercer ejercicio implica caminar hacia adelante superando obstáculos dispuestos en el suelo.

Estación de equilibrio (10 minutos):

- En el primer ejercicio, la persona se colocará en bipedestación con los ojos abiertos, y se le realizarán estímulos externos (desestabilizaciones manuales), solicitando que mantenga el control de su cuerpo.
- El segundo ejercicio se llevará a cabo con una disminución de la base de sustentación (pies juntos) y los brazos cruzados.
- El tercer ejercicio consistirá en mantenerse en bipedestación con apoyo de uno de los pies sobre una plataforma estable (step).

Para progresar en el segundo y tercer ejercicio, se pedirá al participante que alcance los aros que le serán entregados lateralmente y anteriormente por el fisioterapeuta, con apoyo bipodal y monopodal.

- El cuarto ejercicio implica mantenerse en bipedestación sobre una superficie inestable (Dyn Air).



– En el quinto ejercicio, la persona estará en bipedestación con los ojos cerrados y deberá mantener el equilibrio. La progresión se logrará añadiendo desestabilizaciones.

Vuelta a la calma 10 minutos: después de la sesión principal, se llevará a cabo una fase de vuelta a la calma, que incluirá ejercicios de respiración y estiramientos para diferentes grupos musculares. Se realizarán 3 series de 3 repeticiones cada una, con una duración de 15 segundos por zona. A continuación, se describen los estiramientos específicos:

Estiramiento del músculo trapecio fibras medias: la persona se encuentra en bipedestación con los pies separados a la altura de los hombros y las rodillas semiflexionadas. Pasa una mano por el lado contrario de la cabeza para generar una presión contralateral, manteniendo esta posición durante 10 segundos. El brazo opuesto se encuentra extendido a lo largo del cuerpo. Repetir del otro lado del cuerpo.

Estiramiento del músculo dorsal ancho: la persona se encuentra en bipedestación con los pies a la altura de los hombros. Realiza una lateralización del tronco hacia el lado derecho, pasando por encima de su cabeza la mano derecha completamente extendida. Repite el movimiento del lado contrario para estirar el dorsal ancho izquierdo.

Estiramiento del músculo cuádriceps: la persona está en bipedestación con una mano agarrada en una barandilla. Flexiona una rodilla y sujeta el tobillo con la mano ipsilateral. Se orienta a tirar del tobillo en dirección al glúteo.

Estiramiento de los músculos gemelos: la persona se encuentra en bipedestación con los pies en paralelo. Lleva uno de los pies hacia adelante con flexión de rodilla. El otro pie queda completamente extendido con el pie apoyado y la punta de los dedos mirando hacia adelante. Cambia de miembro para realizar el estiramiento del lado contrario.

PLAN DE TRABAJO

El proyecto tendrá una duración total de 13 meses, de los cuales el plan de tratamiento durará 2 meses y 2 semanas. El cronograma se muestra con más detalle de cada una de las fases de la intervención en tabla 4.

Recibido: 19-07-2023; aceptado: 15-08-2023



Tareas	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	
Revisión bibliográfica y elaboración del marco teórico	■	■	■													
Elaboración del proyecto para sujeción			■	■	■											
Presentación del proyecto y selección de participantes							■	■								
Valoración de los participantes								■	■	■						
Recolección de datos obtenidos								■	■	■						
Extracción de los datos								■	■	■						
Análisis de los datos										■	■					
Interpretación y redacción de los resultados												■	■			



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SHAW, S.C., DENNISON, E.M. y COOPER, C. Epidemiology of sarcopenia: Determinants Throughout the Lifecourse. *Calcif Tissue Int.* septiembre de 2017; 101(3): 229-247.
2. CRUZ-JENTOFT, A.J., BAHAT, G., BAUER, J., BOIRIE, Y., BRUYÈRE, O., CEDERHOLM, T. *et al.* sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* [Internet]. enero de 2019 [citado 8 de septiembre de 2021]; 48(1): 16-31. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6322506/>.
3. DENT, E., MORLEY, J.E., CRUZ-JENTOFT, A.J., ARAI, H., KRITCHEVSKY, S.B., GURALNIK, J. *et al.* International Clinical Practice Guidelines for sarcopenia (ICFSR): Screening, Diagnosis and Management. *J Nutr Health Aging.* 2018; 22(10): 1148-1161.
4. ANKER, S.D., MORLEY, J.E., VON HAEHLING, S. Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. *J Cachexia sarcopenia Muscle.* diciembre de 2016; 7(5): 512-514.
5. ROSENBERG, I.H. sarcopenia: Origins and Clinical Relevance. *The Journal of Nutrition* [Internet]. 1 de mayo de 1997 [citado 9 de septiembre de 2021]; 127(5): 990S-991S. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jn/127.5.990S>.
6. BAUMGARTNER, R.N., KOEHLER, K.M., GALLAGHER, D., ROMERO, L., HEYMSFIELD, S.B., ROSS, R.R. *et al.* Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol.* 15 de abril de 1998; 147(8): 755-763.
7. CRUZ-JENTOFT, A.J., BAEYENS, J.P., BAUER, J.M., BOIRIE, Y., CEDERHOLM, T., LANDI, F. *et al.* sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* [Internet]. julio de 2010 [citado 16 de septiembre de 2021]; 39(4): 412-423. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2886201/>.
8. PREVALENCE OF AND INTERVENTIONS FOR SARCOPENIA IN AGEING ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW. Report of the International sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS) [Internet]. [citado 20 de septiembre de 2021]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4204661/>.
9. CHEN, L.-K., WOO, J., ASSANTACHAI, P., AUYEUNG, T.-W., CHOU, M.-Y., IJIMA, K. *et al.* Asian Working Group for sarcopenia: 2019 Consensus Update on sarcopenia Diagnosis and Treatment. *J Am Med Dir Assoc.* marzo de 2020; 21(3): 300-307.e2.
10. LE ROITH, D. Seminars in medicine of the Beth Israel Deaconess Medical Center. Insulin-like growth factors. *N Engl J Med.* 27 de febrero de 1997; 336(9): 633-640.
11. PUCHE, J.E. y CASTILLA-CORTÁZAR, I. Human conditions of insulin-like growth factor-I (IGF-1) deficiency. *J Transl Med* [Internet]. 14 de noviembre de 2012 [citado 30 de septiembre de 2021]; 10: 224. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3543345/>.
12. ROSENBLUM, A.L., GUEVARA-AGUIRRE, J., ROSENFELD, R.G. y POLLOCK, B.H. Growth in growth hormone insensitivity. *Trends Endocrinol Metab.* septiembre de 1994; 5(7): 296-303.
13. GHIGO, M.C., TORSSELLO, A., GRILLI, R., LUONI, M., GUIDI, M., CELLA, S.G., *et al.* Effects of GH and IGF-1 administration on GHRH and somatostatin mRNA levels: I. A study on ad libitum fed and starved adult male rats. *J Endocrinol Invest.* marzo de 1997; 20(3): 1441-1450.
14. BERELOWITZ, M., SZABO, M., FROHMAN, L.A., FIRESTONE, S., CHU, L., HINTZ, R.L. Somatomedin-C mediates growth hormone negative feedback by effects on both the hypothalamus and the pituitary. *Science.* 12 de junio de 1981; 212(4500): 1279-1281.



15. BERTHERAT, J., BLUET-PAJOT, M.T. y EPELBAUM, J. Neuroendocrine regulation of growth hormone. *Eur J Endocrinol.* enero de 1995; 132(1): 12-24.
16. YOSHIDA, T. y DELAFONTAINE, P. Mechanisms of IGF-1-Mediated Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy and Atrophy. *Cells* [Internet]. 26 de agosto de 2020 [citado 30 de septiembre de 2021];9(9):1970. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7564605/>.
17. STEIN, A.M., SILVA, T.M.V., COELHO, F.G. de M., ARANTES, F.J., COSTA, J.L.R., TEODORO, E. *et al.* Physical exercise, IGF-1 and cognition A systematic review of experimental studies in the elderly. *Dement Neuropsychol.* junio de 2018; 12(2): 114-122.
18. MAJORCZYK, M. y SMOLAĞ, D. Effect of physical activity on IGF-1 and IGFBP levels in the context of civilization diseases prevention. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2016; 67(2): 105-111.
19. SALVÀ, A., SERRA-REXACH, J.A., ARTAZA, I., FORMIGA, F., ROJANO I LUQUE, X., CUESTA, F., *et al.* La prevalencia de sarcopenia en residencias de España: comparación de los resultados del estudio multicéntrico ELLI con otras poblaciones. *Rev Esp Geriatr Gerontol* [Internet]. 1 de septiembre de 2016 [citado 4 de octubre de 2021];51(5):260-4. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-geriatria-gerontologia-124-articulo-la-prevalencia-sarcopenia-residencias-espana-S0211139X1600055X>.
20. PROPORCIÓN DE PERSONAS MAYORES DE CIERTA EDAD POR PROVINCIA (1488) [Internet]. INE. [citado 2 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=1488>.
21. ENVEJECIMIENTO Y COMPOSICIÓN CORPORAL: la obesidad sarcopénica en España [Internet]. [citado 2 de octubre de 2021]. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100004.
22. CARMELLI, D., McELROY, M.R. y ROSENMAN, R.H. Longitudinal changes in fat distribution in the Western Collaborative Group Study: a 23-year follow-up. *Int J Obes.* enero de 1991; 15(1): 67-74.
23. GUO, SS, ZELLER C, CHUMLEA WC, SIERVOGEL RM. Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *Am J Clin Nutr.* septiembre de 1999; 70(3): 405-411.
24. AGE-RELATED DIFFERENCES IN FAT-FREE MASS, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years -*PubMed* [Internet]. [citado 2 de octubre de 2021]. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11477465/>.
25. VISSER, M., PAHOR, M., TYLAVSKY, F., KRITCHEVSKY, S.B., CAULEY, J.A., NEWMAN, A.B. *et al.* One- and two-year change in body composition as measured by DXA in a population-based cohort of older men and women. *J Appl Physiol* (1985). junio de 2003; 94(6): 2368-2374.
26. BONE LOSS IN ELDERLY MEN: increased endosteal bone loss and stable periosteal apposition. The prospective MINOS study -*PubMed* [Internet]. [citado 2 de octubre de 2021]. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17253119/>.
27. CHEN, H.-T., CHUNG, Y.-C., CHEN, Y.-J., HO, S.-Y. y WU, H.-J. Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *J Am Geriatr Soc.* abril de 2017; 65(4): 827-832.
28. CAPPOLA, A.R., BANDEEN-ROCHE, K., WAND, G.S., VOLPATO, S. y FRIED, L.P. Association of IGF-1 levels with muscle strength and mobility in older women. *J Clin Endocrinol Metab.* septiembre de 2001; 86(9): 4139-4146.



29. POSSIBILITY OF LEG MUSCLE HYPERTROPHY BY AMBULATION IN OLDER ADULTS: a brief review [Internet]. [citado 4 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3620094/>.
30. WAKABAYASHI, H., SAKUMA, K. Nutrition, Exercise, and Pharmaceutical Therapies for Sarcopenic Obesity. *jnt* [Internet]. 30 de junio de 2013 [citado 4 de octubre de 2021]; 2(2): 100-111. Disponible en <https://www.lifescienceglobal.com/pms/index.php/jnt/article/view/1093>.
31. ESPOSITO, K., KASTORINI, C.-M., PANAGIOTAKOS, D.B. y GIUGLIANO, D. Mediterranean diet and weight loss: meta-analysis of randomized controlled trials. *Metab Syndr Relat Disord*. febrero de 2011; 9(1): 1-12.
32. BENEFICIOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA PARA LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA SARCOPENIA [Internet]. [citado 5 de octubre de 2021]. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014000500004.
33. UNIVERSITÄT DÜSSELDORF: G*Power [Internet]. [citado 7 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.gpower.hhu.de/>.
34. LICHTENBERG, T., VON STENGEL, S., SIEBER, C. y KEMMLER, W. The Favorable Effects of a High-Intensity Resistance Training on sarcopenia in Older Community-Dwelling Men with Osteosarcopenia: The Randomized Controlled FrOST Study. *Clin Interv Aging* [Internet]. 16 de diciembre de 2019 [citado 20 de octubre de 2021]; 14: 2173-2186. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6924654/>.
35. IBRAHIM, K., MAY, C., PATEL, H.P., BAXTER, M., SAYER, A.A. y ROBERTS, H. *A feasibility study of implementing grip strength measurement into routine hospital practice (GRImP): study protocol*. *Pilot Feasibility Stud*. 2016; 2: 27.
36. PROGNOSTIC VALUE OF GRIP STRENGTH: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study -*PubMed* [Internet]. [citado 27 de octubre de 2021]. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25982160/>.
37. ARENA, E.B., ARENA, D.B., DORADO, N. de la C., MANZANO, L.E. y GRANADO, J.A. Evolución de la autopercepción de salud y parámetros objetivos tras una intervención de ejercicio físico a pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *RqR Enfermería Comunitaria* [Internet]. 2018 [citado 19 de febrero de 2019]; 6(1): 6-20. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6317302>.
38. ROBERTS, H.C., DENISON, H.J., MARTIN, H.J., PATEL, H.P., 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*. julio de 2011; 40(4): 423-429.
39. MAGRA, M., ÓSEA, G.Y. y LO, A. *Evolución de los compartimentos corporales (masa magra, grasa y ósea) a lo largo de la vida en población adulta sevillana, puntos de corte para el estudio de sarcopenia e interrelaciones entre distintos compartimentos corporales*. 2020. 142.
40. STUDENSKI, S.A., PETERS, K.W., ALLEY D.E., CAWTHON, P.M., McLEAN, R.R., HARRIS, T.B. *et al*. The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. mayo de 2014; 69(5): 547-558.
41. LERA, L., ALBALA, C., ÁNGEL, B., SÁNCHEZ, H., PICRIN, Y., HORMAZABAL, M.J. *et al*. Predicción de la masa muscular apendicular esquelética basado en mediciones antropométricas en Adultos Mayores Chilenos. *Nutrición Hospitalaria* [Internet]. marzo de 2014 [citado 27 de octubre de 2021]; 29(3): 611-617. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112014000300021&lng=es&nrm=iso&tlng=es.



42. THE TIMED «Up & Go»: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. -*PubMed* -NCBI [Internet]. [citado 7 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1991946>.
43. GURALNIK, J.M., SIMONSICK, E.M., FERRUCCI, L., GLYNN, R.J., BERKMAN, L.F., BLAZER, D.G. *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.* marzo de 1994; 49(2): M85-94.
44. PAVASINI, R., GURALNIK, J., BROWN, J.C., DI BARI, M., CESARI, M., LANDI, F. *et al.* Short Physical Performance Battery and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis. *BMC Med.* 22 de diciembre de 2016; 14(1): 215.
45. BLANCO, A.C., AIZPÚN, J.I.L., LONGÁS, A.F. y DEHESA, E.M. Valores de referencia de IGF-1, IGFBP-1, IGFBP-3 y osteocalcina en niños sanos zaragozanos. *Anales españoles de pediatría.* 1999; 51: 8.
46. GARBER, C.E., BLISSMER, B., DESCHENES, M.R., FRANKLIN, B.A., LAMONTE, M.J., LEE, I.-M. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* julio de 2011;43(7): 1334-1359.



