



Facultad de Ciencias de la Salud  
Licenciatura en Nutrición  
2020

Sarcopenia en adultos mayores

Autora: Zoe Manzanares.

Directora: Dra. Alicia M. Witriw.

Matrícula: 1201-2754

Firma del estudiante:

## Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a la tutora de esta tesina, la Dra. Alicia M. Witriw por su generosidad, paciencia y calidad humana y profesional, de las que no dejo de aprender cada día. Quien con sus conocimientos, experiencia y apoyo me guió a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba. Gracias por la confianza ofrecida desde el primer momento.

Gracias Lic. Beatriz Ravanelli por acompañarme a lo largo de la carrera.

Gracias a la Universidad de Belgrano por las oportunidades y por permitirme ser parte.

Gracias a mis amigos, por la compañía, las alegrías y por el apoyo moral necesario en los momentos difíciles.

Por último, quiero agradecer a mis padres, que con su sacrificio me dieron la posibilidad de llegar a esta instancia, por creer en mí, por el cariño y el apoyo a lo largo del desarrollo de esta tesina y por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

A todos aquellos que de alguna forma u otra permitieron el desarrollo de este trabajo.

Muchas gracias a todos.

# Índice

<b>Resumen</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
Introducción	6
<b>Objetivos</b>	<b>9</b>
Objetivo general:	9
Objetivos específicos:	9
<b>Materiales y Métodos</b>	<b>9</b>
Estrategia de búsqueda	9
<b>Resultados</b>	<b>10</b>
Sarcopenia: definición	10
Métodos de screening para determinar riesgo de Sarcopenia	13
Criterio de diagnóstico de Sarcopenia	15
Prevalencia	22
Tratamiento	24
<b>Discusión</b>	<b>42</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>43</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>45</b>

## I. Resumen

La esperanza de vida está aumentando en todo el mundo, con el consiguiente aumento de la población anciana. El envejecimiento se caracteriza por la pérdida progresiva de la masa y fuerza muscular, a este fenómeno se lo llama sarcopenia. La sarcopenia tiene una patogénesis multifactorial compleja que implica cambios relacionados con la edad en la función neuromuscular, el recambio de proteínas musculares, los niveles hormonales, el estado inflamatorio y en los factores de comportamiento, en particular el estado nutricional y el grado de actividad física. La sarcopenia es común en adultos mayores y está asociada a una morbilidad y mortalidad significativa. A pesar de su alta prevalencia, actualmente no existe una definición de sarcopenia adoptada universalmente y, por otro lado, hay una discrepancia en cuanto a las herramientas de tamizaje y diagnóstico, y la mayoría de los métodos utilizados sólo son capaces de determinar la masa magra. Estas diferencias en el diagnóstico de la sarcopenia conllevan a que el tratamiento continúe siendo incierto.

Debido a que la sarcopenia se asocia con importantes resultados adversos para la salud, como fragilidad, hospitalización y mortalidad, se ha enfatizado sobre la importancia de comprender más sobre su etiología y queda como desafío trabajar en estrategias tanto para diagnóstico como para su tratamiento a fin de disminuir su prevalencia.

Para su tratamiento, se han identificado numerosas intervenciones terapéuticas que involucran entrenamientos con ejercicio físico y suplementación nutricional con macro y/o micronutrientes que se encuentran aún bajo investigación.

**Palabras clave:** Sarcopenia, Adulto mayor, Masa muscular, Fuerza muscular, Fragilidad.

## Abstract

Life expectancy is increasing worldwide, with a resultant increase in the elderly population. Aging is characterized by the progressive loss of skeletal muscle mass and strength, a phenomenon called sarcopenia. Sarcopenia has a complex multifactorial pathogenesis, which involves age-related changes in neuromuscular function, muscle protein turnover, hormone levels, chronic proinflammatory state, and behavioral factors, in particular nutritional status and degree of physical activity. Sarcopenia is common in older adults and is associated with significant morbidity and mortality. Despite its high prevalence, there is currently no universally adopted definition of sarcopenia. On the other hand, there is a discrepancy regarding the screening tools for the muscle mass measurements and most of the methods are only able to determine the lean mass. These differences in the diagnosis of sarcopenia lead to the treatment to remain uncertain.

Because sarcopenia is associated with important adverse health outcomes, such as frailty, hospitalization, and mortality, it remains a challenge to work on strategies for both diagnosis and treatment in order to decrease its prevalence .

For the treatment of sarcopenia, several therapeutic interventions have been identified that involve exercise training and nutritional supplementation, this is still under investigation.

**Key words:** Sarcopenia, Elderly, Muscle mass, Muscle strength, Frailty.

## Introducción

La esperanza de vida general de la población mundial está en aumento debido a la disminución de la tasa de fecundidad y mortalidad.<sup>1</sup>

La proporción de población anciana ha ido en aumento y seguirá aumentando, se estima que del 8% (551 millones de personas mayores de 65 años) en 2010 aumentará al 21% (1964 millones de personas mayores de 65 años) para el año 2050.<sup>2</sup>

En Argentina, según los datos publicados por el INDEC, la población adulta crece exponencialmente. En el censo de 1985 el 2,1 % del total de la población nacional eran mayores de 65 años y en el censo del 2010, una proporción del 10,2% representan a personas mayores de 65 años. La esperanza de vida al nacer es de 74 años para los hombres y 80 años para las mujeres. Por lo que se considera que Argentina representa a uno de los países más envejecidos de la región.<sup>3</sup>

Desde el punto de vista biológico, el envejecimiento se caracteriza por una acumulación de daños celulares y moleculares a lo largo del tiempo. Estos daños llevan a un descenso de las capacidades físicas y mentales, a un aumento de la fragilidad, a un descenso de la autonomía, a un aumento del riesgo de padecer enfermedades y finalmente a la muerte.<sup>4</sup>

A su vez, el envejecimiento se puede dividir en “envejecimiento primario” o “envejecimiento secundario”. Se llama envejecimiento primario a los cambios inevitables en el deterioro de la persona que se dan con la edad, independiente de la presencia de traumas y/o enfermedades que esta pueda padecer. En cambio, el envejecimiento secundario hace referencia a la disminución de las capacidades de la persona como resultado de enfermedades y/o traumas que ocurren a lo largo de la vida y que interactúan con los mecanismos propios del envejecimiento primario. Estas son principalmente las enfermedades de carácter crónico y los cambios en la capacidad para mantener la homeostasis del medio interno. Tanto el envejecimiento primario como el secundario se caracterizan por la pérdida de las reservas funcionales que llevan a una disminución de los mecanismos de respuesta y eficacia para conservar la homeostasis del medio interno del cuerpo, lo que produce un aumento de la susceptibilidad a agresiones externas.<sup>5-6</sup>

Las personas mayores, entendidas como mayores a 60 años de edad, suelen presentar enfermedades complejas asociadas a la edad llamadas “síndromes geriátricos”, estos síndromes geriátricos suelen presentarse como consecuencia a factores como la fragilidad, las caídas, la demencia senil, etc.<sup>4</sup>

La condición de fragilidad se define como un síndrome clínico que predispone al adulto mayor en riesgo de desarrollar, perpetuar o empeorar efectos adversos para su salud, debido a la disminución de su reserva fisiológica. A su vez, se relaciona con mayor riesgo de evolucionar hacia la discapacidad y la dependencia, a un aumento de la vulnerabilidad a efectos adversos y como última instancia a la muerte. Las manifestaciones clínicas más comunes de la fragilidad son la desnutrición, poca tolerancia al ejercicio, alteración del equilibrio y la marcha, pérdida de fuerza y disminución del consumo de energía. La sarcopenia parece ser el principal componente de la fragilidad.<sup>7-8-9</sup>

David Buchner, geriatra y profesor de la Universidad de Illinois dedicado al estudio de la actividad física en adultos mayores como prevención de la pérdida de funcionalidad relacionada con la edad, define la fragilidad como *"...el estado en el que la reserva fisiológica está disminuida, llevando asociado un riesgo de incapacidad, una pérdida de la resistencia y un aumento de la vulnerabilidad"*.<sup>10</sup>

Campbell, médico cirujano y geriatra, líder en atención geriátrica en Nueva Zelanda, quien junto a sus colaboradores publicó numerosos trabajos sobre los factores que contribuyen a las caídas en los adultos mayores y las estrategias para prevenirlos, define la fragilidad como *"...sinónimo de inestabilidad, de mayor probabilidad o riesgo de cambiar de estatus, de caer en dependencia o de incrementar la preexistente"*.<sup>11</sup>

Brown, investigador asociado al Centro de Promoción de la salud del departamento de Ciencias de la Salud Pública de la Universidad de Toronto, dirigió una serie de grandes proyectos de investigación y definió la fragilidad como *"...la disminución de la habilidad para desarrollar actividades prácticas y sociales importantes de la vida diaria"*.<sup>12</sup>

Se entiende por sarcopenia a la pérdida involuntaria, generalizada y progresiva de la masa muscular relacionada con la edad.<sup>13</sup>

La reducción de la masa muscular es un importante predictor de la mortalidad, morbilidad y discapacidad en el adulto mayor, ya que produce limitaciones funcionales definidas como la disminución de las capacidades físicas o mentales para efectuar las tareas de la vida cotidiana, que afectan directamente su calidad de vida.<sup>14</sup>

Hasta los 60 años de edad se puede observar un mantenimiento de la fuerza muscular, con una importante depleción de la misma en los años subsiguientes (3,6% de pérdida anual en hombres y 2,8% en mujeres), con mayor importancia en hombres que en mujeres.<sup>15</sup>

La prevalencia de sarcopenia a nivel mundial es del 5% al 13% en personas de 60 a 70 años y en los mayores de 80 años alcanzaría hasta un 50%.<sup>16</sup>

Según EWGSOP (Grupo Europeo de Trabajo Sobre la Sarcopenia en Sujetos de Edad Avanzada), el diagnóstico de sarcopenia se puede realizar por medio de los siguientes criterios: Baja masa muscular, Disminución de la fuerza muscular y Disminución del rendimiento físico.<sup>17</sup>

La fuerza de prensión, que se entiende como la fuerza que tiene un sujeto para apretar o sostener objetos en el aire, es la medida más utilizada para evaluar fragilidad y capacidad funcional en adultos mayores.<sup>18</sup>

Una fuerza de prensión baja es un marcador clínico de una movilidad escasa y un buen factor predictivo de una masa muscular baja. Hay una relación lineal entre la fuerza de prensión basal baja y la aparición de discapacidad en relación con las actividades de la vida cotidiana.<sup>11</sup>

Las mediciones de la fuerza muscular de diferentes compartimentos corporales están relacionadas. Bajo ese concepto la fuerza de prensión medida por dinamómetro manual puede ser un marcador indirecto bastante fiable y de fácil aplicación para la estimación de la integridad funcional del adulto mayor.<sup>19-20</sup>

El consenso Europeo del grupo de diagnóstico y definición de Sarcopenia del adulto mayor,(2010) estableció valores de fuerza de prensión para determinar si la capacidad funcional del sujeto está alterada. En el que se establece una fuerza de prensión  $\geq 20$  kg/f para mujeres y de  $\geq 30$  kg/f para hombres.<sup>17</sup>

En la revisión del consenso Europeo del año 2018, estos valores disminuyeron representando una fuerza de prensión de  $\geq 16$  kg/f para mujeres y de  $\geq 27$  kg/f para hombres.<sup>13</sup>

## II. Objetivos

### Objetivo general:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre sarcopenia asociada a la edad avanzada.

### Objetivos específicos:

- Conocer los criterios de diagnóstico de la sarcopenia en adultos mayores.
- Analizar factores que están relacionados con la prevención o ralentización de la aparición de sarcopenia.

## III. Materiales y Métodos

### Estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda en PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), Scielo (<https://scielo.org/es/>), NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) y Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) (<https://bvsalud.org/>) de publicaciones científicas de fuentes primarias publicadas por diferentes sociedades y asociaciones profesionales en el contexto internacional sobre sarcopenia en adultos mayores.

Se incluyó como límite de búsqueda los estudios que tuvieran a disposición y de forma gratuita el texto completo. En la búsqueda se tomaron en cuenta textos tanto en español, portugués e inglés. Se incluyó como límite las publicaciones de hasta 15 años de antigüedad, es decir, publicadas entre los años 2005-2020.

La estrategia de búsqueda fue realizada con las siguientes palabras clave:

- ✓ Inglés: “sarcopenia” AND “elderly” AND “muscle mass” AND “strength”.
- ✓ Portugués: “sarcopenia”, “Terceira idade”, “massa muscular”, “força”.

Tras la búsqueda, se seleccionaron en total 57 artículos y trabajos de investigación. Para obtener los textos completos, se utilizó como filtro de búsqueda “Free full text” y “Full text”.

Se realizó una lectura crítica de los textos completos con el fin de determinar si la información que contenían estaba o no relacionada con el objetivo.

## IV. Resultados

### **Sarcopenia: definición**

El término *sarcopenia* proviene del griego sarx (carne) y penia (pobreza o escasez). Esta condición se caracteriza por la pérdida de masa y fuerza muscular. La pérdida de masa muscular está directamente relacionada con la incapacidad funcional y con la pérdida de fuerza, que a su vez genera alta prevalencia de caídas y pérdida de autonomía. Estos cambios en la composición corporal aparecen a lo largo de la vida y producen importantes consecuencias metabólicas y funcionales. Por esto se dice que la sarcopenia es una pérdida de masa muscular - relacionada a la edad avanzada. La sarcopenia se integra como el eje principal de la fragilidad que es un síndrome geriátrico que se caracteriza por la disminución de la resistencia a los factores intrínsecos y extrínsecos, con un aumento de la vulnerabilidad secundarios al envejecimiento por una declinación de múltiples sistemas fisiológicos y acumulación de procesos patológicos con resultados adversos que incluyen las caídas, la hospitalización y la muerte. La fisiopatología de la sarcopenia en personas de edad avanzada es compleja, se da por múltiples procesos internos y externos que contribuyen a su desarrollo. Dentro de los procesos internos más importantes se encuentran: la infiltración de colágeno en el músculo, cambios en la activación neuromuscular relacionada con la edad, reducción de hormonas anabólicas como testosterona, estrógenos, hormona de crecimiento, factor de crecimiento insulínico tipo 1(IGF-1), disminución en la síntesis de proteínas, incremento de la actividad apoptótica en las miofibrillas musculares, incremento de las proteínas citoquinas inflamatorias (TNF- $\alpha$ ), estrés oxidativo por la acumulación de radicales libres, cambios en la función mitocondrial de las células musculares, entre otros. Dentro de los procesos externos se encuentran: sedentarismo, consumo deficiente de energía y proteínas que llevan a una pérdida de masa muscular, consumo deficiente de Vitamina D, presencia de comorbilidades que producen disminución de la actividad física, hospitalización, depresión y aumento de citoquinas inflamatorias que llevan a proteólisis y anorexia/caquexia.<sup>17-21-22</sup>

Por lo tanto, se plantean varios aspectos que facilitan la aparición de la sarcopenia, entre ellos se destacan: el proceso de envejecimiento en el curso de la vida, las condiciones genéticas del individuo, una dieta inadecuada que puede facilitar o agravar la sarcopenia, coincidiendo con una desnutrición proteica calórica y por lo tanto asociada a pérdida de peso desde edades tempranas, un estilo de vida sedentario, enfermedades crónicas, los tratamientos con ciertas drogas, cambios hormonales producto del declive de la secreción de hormonas anabólicas tales como la hormona de crecimiento y las hormonas sexuales, el incremento de la resistencia a la acción de la insulina, el incremento en la circulación de citoquinas pro-inflamatorias y la disminución en la densidad ósea y de la capacidad oxidativa.<sup>23-24</sup>

Un aumento de masa muscular en sujetos sanos no siempre conlleva una mejoría funcional. Sin embargo, pequeñas ganancias de masa muscular en ancianos frágiles suponen una gran mejoría funcional, lo cual se materializa en una mejora en la vida diaria de estos sujetos, permitiéndoles conservar un mayor grado de autonomía.<sup>25</sup>

El músculo esquelético es sumamente importante para mantener la postura, para moverse y por su importante papel en el metabolismo de la glucosa. Estudios recientes, indican que también funciona como un órgano endocrino secretando mioquinas. Las personas que sufren sarcopenia tienen entre 2 y 5 veces más riesgo de padecer discapacidad, pérdida de independencia, necesidad de institucionalización y un mayor riesgo de muerte.<sup>26</sup>

La sarcopenia es costosa para los sistemas de salud. En un estudio publicado en el año 2018, se evaluaron adultos mayores hospitalizados y se comprobó que aquellos diagnosticados con sarcopenia al ingreso, tenían 5 veces más probabilidades de tener costos hospitalarios más altos que aquellos sin sarcopenia.<sup>27</sup>

Conforme el anciano se va debilitando, su proporción de máximo esfuerzo requerido para realizar las actividades diarias aumenta, con lo que las actividades rutinarias se tornan cada vez más costosas. La debilidad va conduciendo progresivamente al desuso, que conlleva finalmente a la discapacidad y a la dependencia.<sup>28</sup>

A partir de los 20 hasta los 80 años de edad, hay una reducción de la masa muscular esquelética de aproximadamente el 30%, esta disminución es tanto de la cantidad como del tamaño de las fibras musculares. Hasta ahora, no hay suficiente evidencia sobre si la pérdida de fibras musculares es selectiva o específica. Algunos estudios demuestran un cambio en la composición de las fibras, con mayor cantidad de fibras tipo 1 y mayor pérdida de fibras tipo 2 en personas con edad avanzada. Se cree que esta disminución de las fibras tipo 2 se debe a la

reducción de actividades de alta intensidad para las que son utilizadas estas fibras. En cambio, las fibras tipo 1 son utilizadas para actividades de la vida cotidiana, actividades que se realizan a lo largo de la vida.<sup>21</sup>

Después de los 70 años, comienza una pérdida progresiva de las neuronas motoras, lo cual afecta principalmente a las extremidades inferiores que tienen axones más largos en comparación a los miembros superiores, lo cual produce una disminución de la acción muscular coordinada y una reducción de la fuerza muscular.<sup>29</sup>

Un estudio basado en la determinación de la masa magra estimó una prevalencia del 13% al 24% en adultos menores de 70 años de edad y una prevalencia del 50% en adultos mayores de 80 años de edad, en relación a esa variable. Se calculó la masa magra apendicular esquelética (ALM, por sus siglas en inglés: Appendicular lean mass), que es la suma de la masa magra (Kg) de las piernas y los brazos medida a través de absorciometría dual de rayos X (DEXA). El ALM se dividió por el índice de masa corporal (BMI) para determinar la masa magra (ALM/BMI). Los hombres con ALM/BMI menor a 0.789 y las mujeres con ALM/BMI menos a 0.512 fueron clasificados con baja masa muscular.<sup>30</sup>

Actualmente no existe un consenso en la definición de Sarcopenia, ésta varía según el grupo de estudio que la defina. A pesar de que la sarcopenia afecta a millones de personas y conlleva a graves consecuencias para la salud de quienes la sufren, sigue siendo una patología infradiagnosticada debido a la falta de consenso en relación con el enfoque óptimo para su diagnóstico.<sup>26</sup>

Según la Sociedad Europea de Nutrición Parenteral y Enteral (ESPEN) Grupo de interés Especial: *“...La Sarcopenia es una condición caracterizada por la pérdida de masa muscular y fuerza muscular. Aunque la sarcopenia es una enfermedad que se da principalmente en ancianos, su desarrollo puede estar asociado a otras condiciones que no son exclusivas de los adultos mayores, como desgaste, malnutrición y caquexia. Al igual que la osteopenia, puede presentarse en personas con enfermedades inflamatorias...”*.<sup>31</sup>

Según el Grupo Internacional de Trabajo en Sarcopenia: *“...La Sarcopenia es definida como la pérdida de función y masa muscular esquelética relacionada a la edad avanzada. Las causas de la Sarcopenia son multifactoriales y pueden incluir el desgaste, alteración de la función endocrina, enfermedades crónicas, inflamación, resistencia a la insulina y deficiencias nutricionales. La caquexia puede ser un componente de la Sarcopenia, pero no representan la misma condición...”*.

21

Según la Sociedad de Sarcopenia, Caquexia y Desórdenes degenerativos: *“...La Sarcopenia con movilidad reducida es una condición específica con una clara*

*pérdida de masa muscular y un objetivo claro para la intervención. Como tal, difiere del concepto más general de fragilidad...".<sup>22</sup>*

Según el Grupo Europeo de Trabajo en Sarcopenia (EWGSOP) publicado en el año 2010: *"...La sarcopenia es un desorden muscular esquelético progresivo y generalizado asociado con la aparición de resultados adversos como: caídas, fracturas, discapacidad y mortalidad...".<sup>13</sup>*

En el 2018 el grupo de trabajo actualiza la definición, estableciendo que: *"...la sarcopenia es una enfermedad muscular (falla muscular) enraizada en cambios musculares adversos que se acumulan a lo largo de la vida. Es más común entre los adultos de edad avanzada, pero también puede ocurrir más temprano en la vida...". "...La sarcopenia se puede dividir conceptualmente como 'pre-sarcopenia', 'sarcopenia' y 'sarcopenia severa'. La 'pre-sarcopenia' es caracterizada por baja masa muscular sin impacto en la fuerza muscular o en el desempeño físico. La 'sarcopenia' es caracterizada por baja masa muscular más baja fuerza muscular o pobre desempeño físico. La 'sarcopenia severa' se produce cuando se encuentran presentes los tres criterios (baja masa muscular, baja fuerza muscular y pobre desempeño físico). Reconocer las diferentes etapas de la sarcopenia puede ayudar a seleccionar el tratamiento y los ajustes más apropiados para la recuperación...".<sup>17</sup>*

### **Métodos de screening para determinar riesgo de Sarcopenia**

La identificación de sujetos con sarcopenia, tanto para la práctica clínica como para la selección de individuos para ensayos clínicos, es de suma importancia. El EWGSOP ha desarrollado un algoritmo sugerido basado en la medición de la velocidad de la marcha como la forma más fácil y confiable de comenzar a detectar o detectar casos de sarcopenia en la práctica. Se propone medir la velocidad de marcha en el sujeto, si esta representa valores  $> 0,8$  m/s se recomienda medir la fuerza de agarre. Si la fuerza de agarre es normal ( $>27$  kg en hombres y  $>16$  kg en mujeres) se considera que el sujeto no presenta sarcopenia. En cambio, si la fuerza de agarre es baja, se recomienda medir la masa muscular, al igual que en sujetos que presentaron una velocidad de marcha  $< 0,8$  m/s. Si la masa muscular es normal se considera que no hay presencia de sarcopenia, en cambio si la masa muscular es baja se considera que el sujeto presenta sarcopenia. Se utiliza como punto de corte una velocidad de marcha  $> 0,8$  m / s que se identifica como riesgo de sarcopenia.<sup>17</sup>

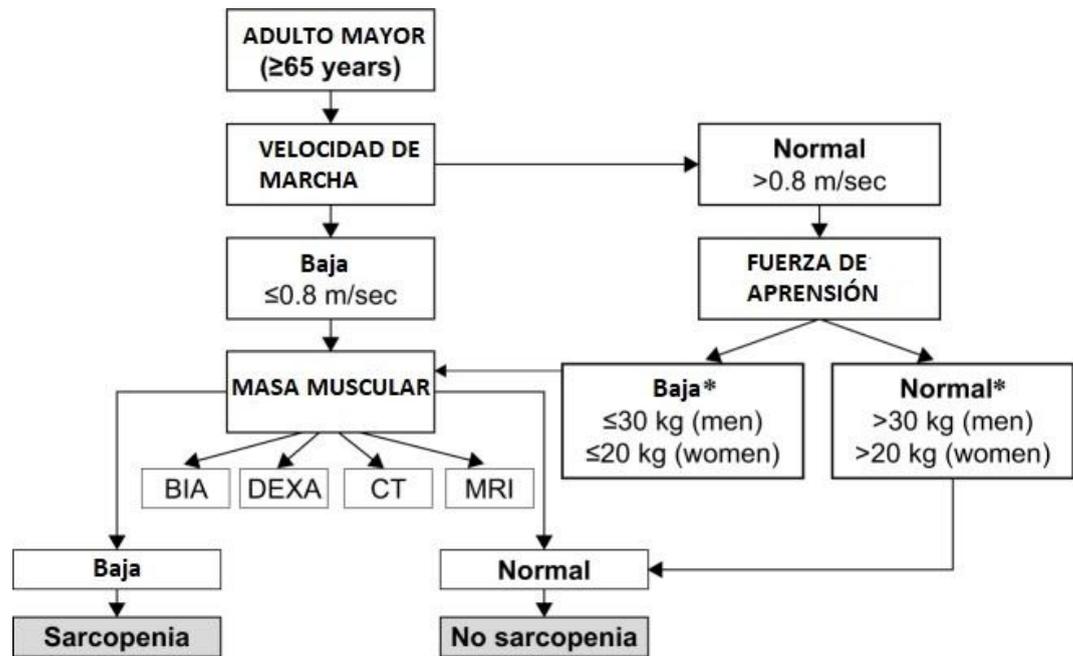


Figura 1. Algoritmo propuesto por el EWGSOP como método de screening para el diagnóstico de sarcopenia.<sup>17</sup>

Por otro lado, Theodore Mamstrom PhD en psicología, profesor titular del departamento de Neurología y Psiquiatría de la División de Psiquiatría de la Universidad de St. Louise, se centra en cuestiones relacionadas con la mortalidad y la fragilidad y la discapacidad entre los afroamericanos de mediana edad y mayores, incluidos el rendimiento físico, las limitaciones funcionales de la parte inferior del cuerpo, la calidad de vida, la función cognitiva y la enfermedad. El Dr Malmstrom y equipo propone como herramienta de screening el cuestionario SARC-F. Éste incluye cinco componentes: fuerza, ayuda para caminar, levantarse de una silla, subir escaleras y caídas. Los elementos del SARC-F fueron seleccionados para reflejar los cambios de estado de salud asociados con las consecuencias de la sarcopenia. El rango de puntuaciones de la escala SARC-F es de 0 a 10 (es decir, 0 a 10 puntos para cada componente; 0 = mejor y 10 = peor) representando de esta forma a sujetos con riesgo elevado de padecer sarcopenia quienes tuvieran una puntuación igual o mayor a 4 versus sujetos sin riesgo de padecer sarcopenia a aquellos que tuvieran una puntuación de 0 a 3. La fuerza se mide preguntando a los encuestados cuánta dificultad tienen para levantar o cargar 10 libras (4,5 kg). (0 = sin dificultad, 1 = algo de dificultad y 2 = mucha dificultad o no poder hacerlo). La asistencia para caminar se evalúa preguntando a los participantes cuánta dificultad tienen para caminar a través de una habitación y si usan ayudas o necesitan ayuda para hacerlo (0 = sin dificultad, 1 = algo de

dificultad y 2 = mucha dificultad, usa ayudas o no puede hacerlo sin ayuda personal). La capacidad de levantarse de una silla se midió preguntando a los encuestados cuánta dificultad tenían para levantarse de una silla o cama y si usan ayudas o necesitaron ayuda para hacerlo (0 = sin dificultad, 1 = algo de dificultad y 2 = mucha dificultad, utiliza ayudas o no puede hacerlo sin ayuda). La capacidad de subir escaleras se mide preguntando a los encuestados cuánta dificultad tienen para subir un tramo de 10 pasos (0 = sin dificultad, 1 = algo y 2 = mucho o incapaz de hacerlo). Las caídas se califican con un 2 para los encuestados que informan haber caído cuatro o más veces en el último año, 1 para los encuestados que informan haber caído de 1 a 3 veces en el último año y 0 para los que no reportan caídas en el último año.<sup>32</sup>

<b>Método SARC-F de screening para Sarcopenia</b>		
<b>Componente</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Puntaje</b>
Fuerza	¿Qué dificultad tiene para levantar y llevar 4,5 kg?	Ninguna = 0 Poca = 1 Mucha o no puedo = 2
Asistencia para caminar	¿Qué dificultad tiene para caminar?	Ninguna = 0 Poca = 1 Mucha, necesito ayuda o no puedo = 2
Levantarse de la silla	¿Qué dificultad tiene para levantarse de la silla o de la cama?	Ninguna = 0 Poca = 1 Mucha o no puedo sin ayuda = 2
Subir las escaleras	¿Qué dificultad tiene para subir 10 escalones?	Ninguna = 0 Poca = 1 Mucho o no puedo = 2
Caídas	¿Cuántas veces se ha caído durante el transcurso del último año?	Ninguna = 0 1-3 caídas = 1 4 o más caídas = 2

Figura 2. De Malstrom TK, Morley JE. SARC-F: Un simple cuestionario para diagnosticar rápidamente sarcopenia.<sup>32</sup>

### **Criterio de diagnóstico de Sarcopenia**

Definir un criterio de diagnóstico para la sarcopenia es esencial, ya que, cuando esta condición no es tratada a tiempo implica mayor costo para la salud pública. La presencia de sarcopenia incrementa el riesgo de hospitalización y el costo de la atención durante la hospitalización. Entre los adultos mayores hospitalizados, quienes padecen de sarcopenia suelen tener costos médicos más

altos que los que no. En términos financieros, la sarcopenia representa un alto costo al sistema sanitario.<sup>13</sup>

Los criterios de diagnóstico de la sarcopenia varían dependiendo de los criterios utilizados para definir la sarcopenia según los diferentes grupos de estudio.

La Sociedad Europea de Nutrición Parenteral y Enteral (ESPEN), utiliza como criterio de diagnóstico de sarcopenia una masa muscular disminuida y pobre desempeño físico. Para determinar si la masa muscular está disminuida, se infiere la masa magra absoluta en kg por bioimpedancia eléctrica y se considera como baja masa muscular a los valores que se encuentra a 2 o más desvíos estándar por debajo de los valores de referencia para masa muscular en adultos jóvenes de 18 a 30 años del conjunto de datos NHANES III (Encuesta Nacional de Examen de Salud y Nutrición): un programa de investigación realizado por el Centro Nacional de Estadísticas de Salud para evaluar el estado de salud y nutrición de adultos y niños en los Estados Unidos, y para rastrear los cambios a lo largo del tiempo. Por otro lado, para considerar un adulto con pobre desempeño físico, considera que este debe tener una velocidad de marcha  $< 0.8$  metros por segundo en el test de 4 minutos de velocidad de marcha: este test consiste en pedirle a la persona que camine en línea recta para cronometrar el tiempo que tarda en recorrer una distancia habitualmente de seis u ocho metros (lo que requiere una longitud de marcha global de unos 10 metros, considerando el inicio y final de la marcha respecto a los puntos marcados de medición) “a velocidad normal, confortable”. Se aconseja repetir cuatro veces y considerar el mejor de los tiempos.<sup>33</sup>

Según el Grupo Internacional de Trabajo en Sarcopenia, la sarcopenia puede identificarse como baja masa muscular y pobre desempeño físico. Propone determinar si la masa muscular está disminuida midiendo la masa magra apendicular (ALM): un método para medir la fuerza muscular de las extremidades bajas. Se considera una masa muscular disminuida a valores de  $\leq 7.23$  kg/ m<sup>2</sup> en hombres y  $\leq 5.67$  kg/ m<sup>2</sup> en mujeres. Por otro lado, una velocidad de marcha  $\leq 1$  metros por segundo se considera como pobre desempeño físico.<sup>21</sup>

La Sociedad de Sarcopenia, Caquexia y Desórdenes Degenerativos propone determinar la Sarcopenia como baja masa muscular y pobre desempeño físico. Considera una baja masa muscular cuando los valores se encuentran 2 desvíos estándar por debajo de la población de referencia del mismo grupo étnico en adultos de entre 20 y 30 años y pobre desempeño físico a una velocidad de marcha  $\leq 1$  metro por segundo o bien, una distancia de caminata menor a 400 metros durante 6 minutos.<sup>22</sup>

Por otro lado, el Grupo Europeo de Trabajo en Sarcopenia (EGWSOP), determina la sarcopenia como la presencia de bajo desempeño físico, baja masa

muscular y baja funcionalidad/ fuerza muscular. Por lo que propone una velocidad de marcha <0.8 metros por segundo para determinar pobre desempeño físico, un ALM  $\leq 7.23$  kg/m<sup>2</sup> para hombres y  $\leq 5.67$  kg/m<sup>2</sup> para mujeres para determinar baja masa muscular y una fuerza de empuñadura de  $\leq 27$  kg/f para hombres y  $\leq 16$  kg/f para mujeres por medio de dinamometría.<sup>13</sup>

Y por último el Proyecto Sarcopenia de la Fundación para los Institutos Nacionales de Salud (NIH), al igual que el EGWSOP, define la sarcopenia como bajo desempeño físico, baja masa muscular y baja funcionalidad muscular. Considera una baja masa muscular cuando el ALM/BMI es <0.789 en hombres y <0.512 en mujeres. Considera que una persona tiene un bajo desempeño físico cuando la velocidad de marcha es  $\leq 0.8$  metros por segundo y una baja fuerza muscular cuando la fuerza de prensión por dinamometría es <26 kg en hombres y <16 kg en mujeres.<sup>30</sup>

Criterios de diagnóstico de Sarcopenia

<b>Grupo estudio de</b>	<b>Masa muscular</b>	<b>Fuerza muscular</b>	<b>Desempeño físico</b>
<b>Sociedad Europea de Nutrición Parenteral y Enteral. (ESPEN)<sup>33</sup></b>	Masa muscular <2 DS por debajo de la media de individuos 18-39 años en el NHANES III	X	Velocidad de marcha <0.8 m/s en el test de 4 min
<b>Grupo Internacional de Trabajo en Sarcopenia<sup>21</sup></b>	ALM $\leq 7.23$ kg/m <sup>2</sup> en hombres y $\leq 5.67$ kg/m <sup>2</sup> en mujeres.	X	Velocidad de marcha $\leq 1$ m/s
<b>Sociedad de Sarcopenia, Caquexia y Desórdenes degenerativos<sup>22</sup></b>	ALM <2 DS por debajo de la media de personas entre 20-30 años del mismo grupo étnico	X	Velocidad de marcha $\leq 1$ m/s o distancia caminando <400 m durante 6-min.

<b>Grupo Europeo de Trabajo en Sarcopenia</b> <sup>13</sup>	ALM $\leq$ 7.23 kg/m <sup>2</sup> en hombres y $\leq$ 5.67 kg/m <sup>2</sup> en mujeres	Fuerza de empuñadura <27 kg en hombres y <16 kg en mujeres	Velocidad de marcha <0.8 m/s
<b>Proyecto Sarcopenia de la Fundación NIH</b> <sup>30</sup>	ALM/BMI <0.789 en hombres y <0.512 en mujeres	Fuerza de empuñadura <26 kg en hombres y <16 kg en mujeres	Velocidad de marcha <0.8 m/s

Entonces, teniendo en cuenta que para el diagnóstico de sarcopenia deben presentarse en simultáneo baja masa muscular, baja fuerza muscular y pobre desempeño físico, es importante identificar métodos de medición apropiados. De los métodos existentes, algunos son compatibles con la práctica clínica y otros con los estudios de investigación, pero en general no para ambos. Además, varían ampliamente según accesibilidad, facilidad de aplicación y costo.

Los métodos más utilizados para inferir la masa muscular son:

**Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA):** El DEXA, utiliza una dosis muy pequeña de radiación ionizante para producir imágenes del interior del cuerpo, generalmente la parte inferior de la columna (lumbar) y las caderas, para medir la pérdida de hueso. El DEXA proporciona estimaciones de todo el cuerpo y regionales de tres principales componentes: mineral óseo, masa magra libre de grasa y masa grasa. Sin embargo, no distingue grasa intermuscular de músculo, que puede representar el 5% a 15% de la masa muscular en personas obesas.<sup>34</sup>

Esta técnica representa un método de medición no invasivo que puede ser aplicado en personas de todas las edades. Sus ventajas incluyen una buena precisión y reproducibilidad, y proporciona la evaluación de la composición corporal regional. Las desventajas es que incluyen una cantidad de radiación, la cama o camilla de escaneo tiene un límite de peso y el campo de visión de la máquina no logra captar completamente a personas muy grandes físicamente y determina masa magra y no masa muscular. Por otro lado, representa un método de medición caro, lo que lo hace de difícil acceso. A pesar de estas limitaciones, es un método ampliamente utilizado debido a su facilidad de uso, disponibilidad y baja exposición

a la radiación sobretodo para determinar el contenido mineral óseo y definir osteopenia.<sup>35</sup>

**Método ENFA®:** Es un método que consiste en la toma de 25 medidas de superficie para determinar los 5 componentes del cuerpo humano: masa grasa, masa esquelética, masa muscular, masa visceral y masa residual. La masa muscular (es determinada en kilos y porcentaje). Además, cobra aún más importancia conocer la relación existente entre esa Masa Muscular y el tamaño del Esqueleto (Reserva Proteica) y la Reserva Calórica (Masa Grasa/ Masa Esquelética). El método ENFA® permite diagnosticar el estado de ambas reservas: reserva proteica y reserva calórica (detecta a desnutridos que a través de métodos antropométricos convencionales son diagnosticados como normales), Calcula las diferentes masas corporales y determina el perfil del sujeto de edad avanzada. Por lo tanto, es un método que se utiliza para determinar la Valoración Nutricional Exhaustiva. Si bien, la densidad ósea declina con la edad, no está descrita cuál sería la pérdida de masa esquelética en este grupo etario, relacionada con la población de menor edad. Sin embargo, lo importante es determinar la cantidad de masa muscular que el individuo presenta a la edad actual, con el tamaño de esqueleto que presenta (independientemente de ser supuestamente menor a su esqueleto en la etapa adulta). La disminución de la talla (común en esta edad), es compensada con un aumento en los perímetros torácicos y abdominal. Por lo tanto, dicha característica no es una limitante para el cálculo de la composición corporal. Este método ENFA® ha sido convalidado por estudios cadavéricos e isotópicos y reúne las condiciones de inocuidad, factibilidad, reproducibilidad y bajo costo operativo.<sup>36-37-38-39-40-41</sup>

**Bioimpedancia eléctrica:** La BIA es una técnica simple, rápida y no invasiva que determina 3 componentes: agua total del cuerpo y por asunciones basadas en las constantes de hidratación de los tejidos se obtiene la masa libre de grasa y por derivación, la masa grasa (MLG kg = peso total kg – MG kg). Permite conocer la composición aproximada del cuerpo. Representa un método de fácil aplicación tanto en la práctica clínica como en los estudios de investigación, pero carece de métodos estandarizados y se considera como un sustituto de medición de masa muscular y no como una medición directa. Obtiene una estimación de la masa magra basada en una pequeña corriente eléctrica a través del cuerpo que es conducida por el agua corporal, estimando la masa magra total, (a partir de la velocidad de conducción eléctrica que se desplaza por el agua, y esa variable presenta mucha modificación). Tiene la gran desventaja de no ser reproducible <sup>42-43</sup>

**Tomografía computada (TC):** La Tomografía Computada (TC) es un examen imagenológico que utiliza Rayos X y la diferente atenuación de los tejidos para crear imágenes del cuerpo. Determina masa magra y masa grasa. El sujeto es sometido a gran irradiación (25-270 mrem) y no permite su reiteración. Solo se lo emplea en investigación.<sup>44</sup>

**Resonancia magnética (MRI):** La resonancia magnética (MRI) es un examen imagenológico que utiliza imanes y ondas de radio potentes para crear imágenes del cuerpo. No se emplea radiación ionizante (rayos X). Presenta gran exactitud y repetibilidad, pero su uso es limitado fuera del ámbito de investigación. La tomografía Computada es utilizada para inferir la masa magra con menos margen de error que DEXA, pero debido a la gran cantidad de radiación que produce, su uso es limitado. Ambos, CT y MRI son más sensibles a pequeños cambios en la masa magra que DEXA pero presentan altos costos de accesibilidad.<sup>34</sup>

Métodos para Inferir masa muscular

Metodo de medicion	Ventajas	Desventajas
<b>DEXA</b>	Modelo de 3 componentes que combina proteínas y minerales en "sólidos"	Incapaz de discriminar grasa intermuscular
<b>Antropometría Clásica</b>	Fácil de utilizar, accesible y barato Útil como screening. Sirve para determinar el riesgo de masa muscular disminuida	Falta de precisión y propenso a sobreestimación No Sirve para determinar masa muscular
<b>ENFA</b>	Determina la reserva proteica. Se puede saber la cantidad exacta de masa muscular que necesita cada individuo en función a su esqueleto	Estar estandarizado en la técnica de medición Contar con los instrumentos para poder realizar el método
<b>Bioimpedancia eléctrica</b>	Fácil de utilizar tanto en la práctica clínica como en los trabajos de investigación	Carece de metodología estandarizada, infiere masa magra
<b>CT y MRI</b>	Exactitud y repetibilidad. Más sensible a pequeños cambios que DEXA	Costoso, mucha exposicion a radiacion y no aplicable a la práctica clínica

Los métodos más utilizados para medir la fuerza muscular son:

**Dinamometría manual:** El dinamómetro es un instrumento utilizado para evaluar la fuerza de prensión manual. Representa un método accesible, rápido y fácil de utilizar, pero la fiabilidad de la evaluación puede verse afectada por el género, el peso y la postura corporal entre otras variables. El procedimiento recomendado para medir la fuerza de prensión manual es tomar la medida más alta de tres tests repetidos en la mano derecha. Existe mucha variabilidad de la metodología en la práctica clínica, lo que hace difícil la comparación entre estudios. Por otro lado, su uso se puede ver limitado en algunos pacientes, como por ejemplo en aquellos con artritis avanzada.<sup>26</sup>

**Dinamometría isocinética:** El método isocinético es un sistema de evaluación que utiliza la tecnología informática y robótica para obtener y procesar en datos cuantitativos la capacidad muscular. Comprende un sistema adecuado para evaluar de forma objetiva la fuerza muscular, en términos de parámetros físicos (momento de fuerza, trabajo y potencia). Es reconocido como el gold standard para la medición de la fuerza muscular, pero su uso es limitado debido a los altos costos y accesibilidad del equipamiento.<sup>34-45</sup>

#### Métodos para medir fuerza muscular

Metodo de medicion	Ventajas	Desventajas
Dinamometría manual	Simple, bajo costo, accesible	Variación en la metodología
Dinamometría isocinética	Gold standard para medir la fuerza muscular	Altos costos y accesibilidad del equipamiento

Los métodos más utilizados para medir el desempeño físico son:

Prueba de sentarse y pararse en 20 segundos: Evalúa la fuerza de las piernas y la resistencia. Desde la posición de sentado, el sujeto se levanta por completo, y después vuelve a sentarse. Esto se repite durante 30 segundos. La puntuación representa el número de sentadillas completadas en 30 segundos. Esta prueba no reconoce cambios en la fuerza muscular a lo largo del tiempo, lo que limita su uso

en estudios. Además, estos estudios no se pueden realizar en personas con artritis.<sup>34</sup>

Velocidad de marcha: La persona camina en línea recta para cronometrar el tiempo que tarda en recorrer una distancia de seis u ocho metros a velocidad normal, confortable. Los puntos de corte más utilizados para determinar riesgo suelen ser entre 1 y 0,8 m/seg, siendo esta última la cifra de corte más extendida en los diferentes estudios y recomendaciones de consenso.<sup>46</sup>

Prueba de caminata de 6 min: El examen consiste en medir la mayor distancia recorrida de una persona en 6 minutos, habiéndole solicitado que recorra la mayor distancia posible en este tiempo. Para interpretar los resultados de este examen se considerará los valores absolutos de distancia recorrida y su expresión en relación a los valores normales publicados.<sup>47</sup>

## **Prevalencia**

Según el consenso del EWGSOP del 2010, la prevalencia de sarcopenia en personas de 60 a 70 años de edad es del 5% al 13%, mientras que en personas mayores de 80 años de edad es del 11% al 50%. Estos valores dependen de la bibliografía consultada, ya que existen diferentes métodos de medición y gran cantidad de puntos de corte para el diagnóstico de la sarcopenia.<sup>17</sup>

Por otro lado, existen numerosos métodos para inferir y/o medir la masa muscular con diferentes grados de eficiencia, dificultad y accesibilidad, por lo tanto, la prevalencia de sarcopenia varía según los instrumentos utilizados.<sup>21</sup>

En un trabajo realizado en 2014 se analizaron los datos de 9 diferentes estudios, con un total 10.063 participantes. Para ser incluidos en el análisis, los participantes debían ser mayores a 65 años de edad y debían haber completado las siguientes mediciones: Índice de masa corporal, masa apendicular esquelética (ALM) medida por absorciometría de rayos x de energía dual (DEXA), fuerza de aprehensión medida por dinamometría y velocidad de marcha según mayor distancia que registró en un periodo de 4 a 6 minutos. Se compararon los resultados teniendo en cuenta los criterios de diagnóstico de la Fundación para el Instituto Nacional de Salud (FNIH), del EWGSOP (Grupo Europeo de Trabajo Sobre la Sarcopenia en Sujetos de Edad Avanzada) y IWG (Grupo Internacional de Trabajo).<sup>30</sup>

El FNIH utiliza como criterios de diagnóstico de sarcopenia una fuerza de prensión <26 kg para hombres y <16 Kg para mujeres y un ALM/BMI <0.789 para hombres y <0,152 para mujeres.<sup>48</sup>

El EWGSOP1 utiliza como criterios de diagnóstico una velocidad de marcha  $<0.8$  m/s, una fuerza de aprehensión  $<30$  Kg en hombres y  $<20$  Kg en mujeres y un  $ALM \leq 7.23\text{kg/m}^2$  para hombres y  $\leq 5.67\text{kg/m}^2$  para mujeres.<sup>17</sup>

El IWG utiliza como criterios de diagnóstico una velocidad de marcha  $<1.0$  m/s y un  $ALM \leq 7.23\text{kg/m}^2$  para hombres y  $\leq 5.67\text{kg/m}^2$  para mujeres.<sup>21</sup>

Cuando se compararon los criterios de FNIH, EWGSOP Y IWG, la prevalencia de sarcopenia era mayor con los criterios del EWGSOP1, un 5.3% hombres y 13.3% en mujeres. Debido a que los criterios del FNIH son más restrictivos, la prevalencia fue menor comparada a EWGSOP1 y IWG. En general, la prevalencia de sarcopenia fue mayor en hombres que en mujeres. En hombres de 1.3% con los criterios del FNIH, 5.1% con los criterios de IWG y 5.3% con los criterios del EWGSOP1. Y para mujeres una prevalencia de sarcopenia del 2.3% según los criterios del FNIH, un 11.8% según IWG y un 13.3% según el EWGSOP. Por otro lado, los criterios FNIH tuvieron mejor concordancia con los criterios EWGSOP, debido a que ambos tienen criterios de diagnóstico similares y ambos incluyen medidas de masa magra, fuerza y rendimiento. La diferencia en la prevalencia entre ambos se explica por la diferencia en el método de medición de la masa magra. El FNIH utiliza  $ALM/BMI$ , mientras que el EWGSOP utiliza  $ALM$  sin corrección por  $BMI$ . En general, los adultos con  $ALM$  bajo presentaron velocidades de marcha más rápidas, mayor fuerza de prensión y tasas más bajas de obesidad en comparación con los participantes que presentaban baja masa magra según  $ALM/BMI$ . Por otro lado, los participantes con baja masa magra según  $ALM/BMI$  presentaban discapacidades con velocidades de marcha más lentas y menor fuerza de prensión que quienes presentaban baja masa magra según  $ALM$ . Estos datos sugieren que la masa magra corregida por el índice de masa corporal, podría un buen discriminador para la masa magra baja y probablemente capture a adultos que no cuentan con la fuerza suficiente en relación con su tamaño corporal.<sup>30</sup>

La prevalencia de sarcopenia varía también según etnia/nacionalidad. Según un consenso de sarcopenia publicado en 2017, la prevalencia de sarcopenia en el Reino Unido de personas mayores de 67 años fue del 4,6% en hombres y 7,9% en mujeres. En Estados Unidos la prevalencia de sarcopenia en personas mayores de 70 años fue de 36,5%. En Japón, en una comunidad de adultos mayores, la prevalencia de sarcopenia fue de 2,5% a 28% en hombres y 2,3% a 11,7% en mujeres.<sup>33</sup>

En Argentina en 2015, se estudió la prevalencia de sarcopenia en un grupo de adultos mayores de 65 años de edad residentes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Para el diagnóstico de la misma, se determinó: la fuerza muscular por medio de dinamometría, se estimó la masa magra mediante bioimpedancia eléctrica (BIA), rendimiento físico mediante la velocidad de la

marcha en un trayecto de 6 metros y se evaluaron los posibles problemas de equilibrio mediante el test "Get up and go timed". Como resultado se observó en los adultos menores a 70 años, una prevalencia de sarcopenia del 17%, en los adultos de edad entre 71 y 80 años una prevalencia del 35% y en los mayores de 81 años una prevalencia del 48%. Del total de los individuos que presentaron sarcopenia, el 54,5% presentó sobrepeso u obesidad; compuesto por 43,6% de sobrepeso y 10,9% de obesidad.<sup>49</sup>

## **Tratamiento**

En el abordaje terapéutico de la sarcopenia se han desarrollado varias estrategias para contrarrestar los efectos de esta enfermedad y favorecer un envejecimiento saludable:

### Ejercicio Físico

La falta de ejercicio físico y la presencia de enfermedades (ambas con alta prevalencia en la edad adulta), son los principales contribuyentes al descenso de la masa y funcionalidad muscular. El estado de salud inducido por la sarcopenia está relacionado con complicaciones tales como disminución del desempeño físico, pobre calidad de vida, imposibilidad de realizar actividades de la vida cotidiana y riesgo de padecer caídas y/o fracturas, que representan la principal causa de pérdida de autonomía y exclusión social que por último llevarían a la pérdida de la independencia.<sup>17</sup>

Los ejercicios de fuerza y aeróbicos han demostrado un incremento en la fuerza muscular y una mejora en la funcionalidad física. También, han demostrado una disminución del 13% al 40% en la incidencia de caídas.<sup>50</sup>

Por otro lado, pareciera que los beneficios de la actividad física sobre la sarcopenia varían según el tipo de actividad física que se realice. Los ejercicios aeróbicos como correr, caminar, nadar o andar en bicicleta reducen la masa corporal a expensas de masa grasa y mejoran la calidad y función muscular.<sup>51</sup>

Mientras que los ejercicios de resistencia estimulan la síntesis de proteínas musculares.<sup>52-53</sup> Numerosos estudios lo indican:

En un estudio realizado en 72 adultos mayores de 70 años, separados en 2 grupos de 36 participantes cada uno, un grupo de control y otro de entrenamiento. Los criterios de elegibilidad para el presente estudio se basaron en los valores normativos del primer criterio de diagnóstico para sarcopenia establecido por el EWGSOP, que en esta población se tradujo en índice de masa magra apendicular

$\leq 7.23$  para hombres, y  $\leq 5.67$  para mujeres. A los participantes en el grupo de control se les pidió que siguieran con sus vidas normales y se les programó una segunda evaluación 10 semanas después. Las personas en el grupo de entrenamiento fueron asignadas a participar en un programa de ejercicio de resistencia progresivo dirigido por un instructor de 10 semanas de duración que constó de 3 sesiones por semana (de 45 minutos cada una). Todos los participantes fueron evaluados al final de la intervención. La intervención de ejercicio de resistencia fue diseñada para aumentar la funcionalidad y la masa muscular de los participantes. Durante las sesiones, se realizaron 8 ejercicios con el objetivo de involucrar a los grupos musculares de todo el cuerpo, con un enfoque en el fortalecimiento de los músculos de las extremidades inferiores mediante ejercicios funcionales que son relevantes para las actividades de la vida diaria. Durante la primera semana de entrenamiento, no se utilizó peso, la intensidad del programa fue aumentando paulatinamente en términos de series y resistencia. La fuerza y la función física en las extremidades inferiores se evaluaron utilizando la evaluación de una prueba de equilibrio de pie, una prueba de velocidad de marcha y una prueba de pararse y sentarse en la silla. Las puntuaciones totales se calcularon sumando las 3 puntuaciones individuales, cada una de las cuales varía de 0 (incapaz de completar la prueba) a 4. Las puntuaciones totales más altas indicaron una mayor funcionalidad de las extremidades inferiores. Además, se midió la fuerza general del cuerpo utilizando un dinamómetro de mano hidráulico, se calculó el índice de masa corporal dividiendo el peso corporal con la altura al cuadrado, la masa corporal magra (LBM) se calculó utilizando DEXA y el índice de masa magra apendicular se calculó dividiendo la masa muscular total en los brazos y las piernas por la altura al cuadrado. Al comparar el grupo de intervención y el grupo de control, el grupo de intervención mostró una mejoría en todos los resultados funcionales y la fuerza de la empuñadura. En contraste, el grupo control no mostró mejoría en los resultados funcionales. El grupo de intervención mostró una mejoría significativa en LBM en comparación con el grupo de control durante el seguimiento. Además, la masa magra del brazo, la masa magra de la pierna y el índice de masa magra apendicular mejoraron en el grupo de intervención en comparación con el grupo control. En el grupo control, no se observó ningún cambio significativo en ningún parámetro de composición corporal durante el período de intervención. Por lo que este estudio demostró que un programa de entrenamiento de fuerza fácil de utilizar con un enfoque en ejercicios basados en el peso corporal fue efectivo para prevenir la pérdida de fuerza funcional y aumentar la masa muscular y en adultos mayores con sarcopenia.<sup>54</sup>

Otro estudio fue realizado en 72 pacientes mayores de 85 años de edad institucionalizados del área de Pamplona (España). Los criterios de inclusión para

este estudio incluyeron una edad de 85 años o más y los participantes debían cumplir los criterios de fragilidad de Fried, que se determinaron por la presencia de tres o más de los siguientes componentes: lentitud, debilidad, pérdida de peso, agotamiento y baja actividad física. Los criterios de exclusión fueron la ausencia de síndrome de fragilidad o pre-fragilidad, demencia, discapacidad e incapacidad para caminar de forma independiente sin la ayuda de otra persona, paro cardíaco reciente, síndrome coronario, insuficiencia cardíaca, bloqueo cardíaco o cualquier condición médica inestable. Los sujetos fueron asignados al azar en dos grupos: un grupo de ejercicio y un grupo control. Antes del estudio, todos los participantes se sometieron a una evaluación médica. Se les realizaron test funcionales: test de velocidad de marcha, prueba FICSIT-4 de equilibrio estático (pruebas de postura paralela, semitándem, en tándem y con una sola pierna), y además, se realizó la prueba de levantarse y pararse de la silla en 30 segundos. Además, se midió la fuerza de agarre de la mano derecha utilizando un dinamómetro manual. Los participantes fueron divididos en dos grupos: un grupo de ejercicio y un grupo control. Los participantes del grupo de ejercicio se sometieron a un programa de ejercicio multicomponente de 12 semanas compuesto de entrenamiento de resistencia de la parte superior e inferior del cuerpo con cargas que aumentaron progresivamente y que optimizaran la producción de potencia muscular combinado con ejercicios funcionales de equilibrio y marcha. Los ejercicios de resistencia se centraron en los principales músculos de las extremidades superiores e inferiores. Las sesiones de entrenamiento duraron aproximadamente 40 min cuatro veces a la semana. Por otro lado, los sujetos del grupo de control realizaron ejercicios de movilidad 30 minutos por día 4 días por semana, que consistieron en pequeños movimientos activos y pasivos aplicados como una serie de estiramientos de manera rítmica a las articulaciones individuales. Dichos ejercicios se recomiendan habitualmente en la mayoría de los hogares de ancianos españoles. Antes de la intervención de ejercicio, no hubo diferencias entre los grupos en ninguno de los resultados funcionales. Después del entrenamiento, hubo una interacción positiva entre el tiempo y la velocidad de marcha, levantamiento de una silla y equilibrio en el grupo de ejercicio. En el grupo control hubo una disminución en la velocidad de marcha. Además, se observó un aumento del rendimiento en la prueba de pararse y sentarse en la silla en el grupo de intervención, mientras que no se observó ningún cambio en el grupo de control. Antes de la intervención de ejercicio, no hubo diferencias entre los grupos en ninguna variable de fuerza. Después del entrenamiento, no se observaron cambios significativos en el agarre isométrico de la mano. Los principales hallazgos del presente estudio fueron las mejoras logradas en los test funcionales (velocidad de marcha, levantamiento de una silla y equilibrio) después de 12 semanas de ejercicio multicomponente. Por lo tanto, este

estudio demuestra que la intervención rutinaria de ejercicio multicomponente compuesta de entrenamiento de resistencia, entrenamiento de equilibrio y ejercicios de marcha en adultos mayores parece ser una intervención efectiva para mejorar los resultados físicos generales de los adultos mayores y prevenir la discapacidad y otros resultados adversos.<sup>55</sup>

Otro estudio fue realizado en 72 pacientes con sarcopenia moderada mayores de 65 años de edad. Se incluyeron aquellas personas mayores de 65 años de edad que, luego de una evaluación médica, presentaran ausencia de contraindicaciones para participar en un programa de actividad física adaptada (APA) como presencia de marcapasos (debido a uso de análisis de impedancia bioeléctrica) o problemas de salud como enfermedades neurológicas o cardiovasculares y que presentaran sarcopenia según los criterios EWGSOP, todos los participantes del estudio presentaron una sarcopenia moderada según los criterios EWGSOP. 72 participantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: un grupo de entrenamiento de refuerzo (RESISTENCIA) y un grupo de entrenamiento postural (POSTURAL). A todos los participantes se les realizaron pruebas antes y después de la intervención, estas pruebas fueron: altura medida con estadiómetro. Evaluación de la composición corporal medida por bioimpedancia eléctrica, fuerza de empuñadura medida por dinamómetro de mano hidráulico y balance medido por plataforma de fuerza estática. Los dos programas APA fueron realizados dos veces por semana, durante 36 semanas, y cada sesión duró 60 minutos. Las sesiones de entrenamiento de refuerzo consistieron en 3 fases: una de calentamiento y coordinación motora, otra de tonificación muscular con carga de peso y la última de relajación y estiramiento. Las sesiones de entrenamiento postural consistieron en 3 fases: una de activación cardiovascular, otra de movilización de cuello y hombros y la última de movilización de columna, refuerzo de músculos abdominales, glúteos, extensores de columna y estiramiento y relajación. Luego del entrenamiento se observó un aumento de los valores de masa magra en el grupo resistencia, mientras que no aparecieron diferencias en el grupo postural. Se observó un aumento del valor de masa magra en el grupo resistencia, mientras que no se encontraron diferencias en el grupo postural. Se observó un aumento de los valores de fuerza de empuñadura en el grupo resistencia. mientras que no aparecieron diferencias en el grupo postural. La comparación de los parámetros de equilibrio de los dos grupos mostró diferencias después de la intervención de actividad física adaptada. Como resultado, este estudio realizado en adultos con sarcopenia moderada demuestra que una actividad física adaptada de resistencia mostró mejoras en la masa magra y la función. (aunque no fueron significativas). Mientras que no se encontraron diferencias después de un entrenamiento de actividad física adaptada postural. Por lo tanto, un entrenamiento de refuerzo

muscular es capaz de inducir efectos positivos en parámetros posturales en la masa magra y la función, así como en parámetros de equilibrio estático en adultos con sarcopenia moderada. Lo que sugiere que este tipo de intervención podría representar un enfoque para reducir importantes factores de riesgo como pérdida de equilibrio, caídas e impedimentos físicos en adultos de edad avanzada.<sup>56</sup>

### Proteínas

La malnutrición y la sarcopenia son condiciones que comúnmente se presentan en los adultos mayores. Ambas se ven influenciadas por la nutrición, en donde una ingesta inadecuada de nutrientes contribuye a una disminución de peso y consecuentemente a una incapacidad funcional. Varias afecciones patológicas relacionadas con la edad, que incluyen discapacidad masticatoria y medicamentos contribuyen a reducir el consumo de alimentos.<sup>57</sup>

Una adecuada ingesta energética y proteica es crucial para la protección ósea, la salud muscular y la funcionalidad física de los adultos mayores debido a la susceptibilidad de estos tejidos a la edad.<sup>58</sup>

El envejecimiento es un proceso fisiológico que da lugar a cambios característicos a lo largo del ciclo vital. La OMS sostiene que comienza aproximadamente a los 60 años de edad, aunque también se dice que comienza cuando se han producido el 60% de los cambios atribuibles a la edad.<sup>59</sup>

Dentro de los factores que condicionan el estado nutricional se encuentran, en primer lugar, una serie de cambios fisiológicos y morfológicos: disminución del olfato y el gusto, menor potencia masticatoria, atrofia de las papilas gustativas, pérdida de piezas dentarias, boca seca con dificultad para la masticación, formación del bolo y deglución. Esófago: los ancianos presentan menor tono del esfínter esofágico superior. Además, presentan retraso en la relajación tras deglución e incrementos en la presión de contracción faríngea. Estómago: puede haber alteración del medio ácido. También aumenta el tiempo de vaciamiento para líquidos. Intestino delgado: probable disminución de la absorción de calcio, disminución en la concentración de receptores para vitamina D. En cuanto a la motilidad gastrointestinal, existe retraso del tránsito intestinal. Órganos sensoriales: en estas edades, se presenta deterioro de la visión y la audición. También hay atrofia de receptores olfatorios e interferencia de relaciones sociales durante la ingesta. Por otro lado, la desnutrición en personas mayores de 60 años se suele asociar con los siguientes factores de riesgo: ingesta de alimentos inadecuada por depresión, aislamiento social, ignorancia nutricional y pobreza que puede conllevar a deficiencias nutricionales. Anomalías sensoriales: principalmente en la visión, gusto y olfato. Enfermedades gastrointestinales: disfagia, odinofagia, dolor abdominal. Deficiencias motoras:

artritis, ictus, insuficiencia respiratoria o cardiaca. Alteraciones mentales como demencia y dificultad para la masticación. Todos estos factores condicionan la ingesta de alimentos en las personas mayores y hacen que el estado nutricional del anciano se vea modificado.<sup>60</sup>

En la vejez, la síntesis de proteínas musculares disminuye en un 30%, pero aún no hay evidencia clara de si esta reducción se debe a la nutrición, a la falta de actividad física o a la enfermedad en lugar de al envejecimiento en sí.<sup>61</sup>

Por otro lado, algunos autores han documentado que la recomendación de 0,8 g/kg/día de proteínas, puede ser insuficiente para este grupo poblacional, ya que se ha observado que la ingesta de 1,2 g/kg /día disminuye la pérdida de masa muscular en un 40%, en comparación con una ingesta de 0,8 g/kg/día.<sup>62-63</sup>

Según los autores John E. Morley, profesor de Gerontología, Director de la división de Medicina Geriátrica y Director de la División de Endocrinología en la Facultad de Medicina de la Universidad de Saint Louis y Riccardo Calvani, investigador postdoctoral en la Fundación del Hospital Universitario Agostino Gemelli, Roma: “ El consumo de alimentos desciende progresivamente desde los 20 hasta los 80 años debido a condiciones relacionadas con la edad como: problemas masticatorios, uso de drogas, anorexia y cambios en los hábitos alimenticios con preferencia por alimentos hipercalóricos como cereales, vegetales y frutas y disminución del consumo de alimentos hipercalóricos y altos en proteínas. Como consecuencia de esto, la prevalencia de malnutrición es de un 5% a un 20% en adultos mayores y excede el 60% en adultos mayores institucionalizados. Debido a esto, es conveniente realizar intervenciones nutricionales basadas en una adecuada ingesta de energía para la edad por día y en la suplementación de nutrientes específicos para ayudar a prevenir efectos adversos y prolongar la independencia y calidad de vida de los adultos mayores”<sup>64-65</sup>

Por lo tanto, la anorexia que ocurre en la vejez contribuye a la sarcopenia al haber una ingesta de proteínas insuficiente. Por otro lado, estudios sugieren que los adultos mayores tienen un mayor riesgo de alteración en la regulación energética, lo que produciría una pérdida progresiva del peso corporal y consecuentemente de la masa muscular.<sup>66-67</sup>

En un estudio que se aplicó el Cuestionario de actividad física de Freiburg, fueron valorados treinta hombres mayores de 50 años o más, supuestamente sanos y con un nivel de actividad física regular de menos de 60 minutos por semana. Fueron excluidos los sujetos con presencia de alguna enfermedad crónica, antecedentes de trombosis venosa profunda, hipertensión no controlada, insuficiencia renal, enfermedades cardiovasculares y tabaquismo. Además, no se incluyeron participantes que presentaran intolerancia contra el hidrolizado de

colágeno o el dióxido de silicio. Se aconsejó a todos los participantes que no cambiaran su actividad física regular o sus conductas alimentarias durante la intervención. El período de intervención duró 8 semanas, los participantes fueron asignados aleatoriamente a uno de los siguientes tres grupos: entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo (BFR) con suplementos de colágeno (BFR-CH), entrenamiento de BFR con placebo (BFR-PLA) o un grupo que no tenía entrenamiento, solo suplementación con colágeno (CON). Antes y después de la intervención, todos los participantes fueron evaluados mediante una anamnesis alimentaria, un examen físico, así como extracciones de sangre para la medición de parámetros como hemograma, creatinina, urea, aspartato transaminasa, alanina aminotransferasa y D- dímero. Dentro del examen físico, se midió la fuerza isométrica de la pierna, los parámetros metabólicos y la sección transversal del músculo del muslo medido por resonancia magnética (MRI). Durante la intervención de 8 semanas, los grupos BFR-CH y BFR-PLA completaron un programa de entrenamiento de extremidades inferiores tres días a la semana. Las sesiones de entrenamiento consistieron en un conjunto de ejercicios de press de piernas de 15 repeticiones con 30 segundos de descanso entre series. Todos los participantes recibieron instrucciones de mantener sus hábitos alimenticios durante el período de intervención. Además, los participantes de los grupos BFR-CH y CON recibieron una dosis diaria de 15 g de hidrolizado de colágeno, mientras que el grupo BFR-PLA recibió un suplemento de placebo (dióxido de silicio) de sabor y apariencia similares. Ambas muestras se disolvieron en 250 ml de agua y se consumieron dentro de los 60 minutos posteriores a la finalización de cada sesión de entrenamiento. Como resultado, la sección transversal del muslo aumentó en los grupos BFR-CH y BFR-PLA. No se observaron cambios en el grupo CON. El grupo BFR-CH tuvo un aumento de la fuerza isométrica de la pierna, mientras que el grupo BFR-PLA mostró menor aumentos y en el grupo CON, la fuerza isométrica disminuyó. Los niveles séricos de factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1) se vieron aumentados en los tres grupos después de la intervención. Aunque no es estadísticamente significativo, el porcentaje de ganancia en CSA muscular después del entrenamiento fue mayor cuando se consumió CH en comparación con el grupo BFR-PLA (6,7% frente a 5,7%). La fuerza muscular no mostró adaptaciones significativas entre todos los grupos. Por lo que el presente estudio sugiere que el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo de baja carga podría ser una alternativa de entrenamiento para facilitar la hipertrofia muscular en hombres mayores con riesgo de sarcopenia. La suplementación de hidrolizado de colágeno después del entrenamiento con BFR mostró una tendencia hacia mayores aumentos en el área de la sección transversal del músculo del muslo en comparación con el grupo placebo.<sup>68</sup>

Otro estudio se llevó a cabo en 330 adultos mayores de 65 años que presentaban malnutrición y sarcopenia. Para definir desnutrición se utilizó una puntuación de C o B en la Evaluación Global Subjetiva y la presencia de sarcopenia se definió según los criterios EWGSOP: una baja fuerza de agarre baja (<20 kg mujeres; <30 kg en hombres) , una baja velocidad de marcha (<0.8 m/s) junto con una baja masa magra determinadas por DEXA. El grado de sarcopenia se definió de acuerdo con los valores de fuerza de empuñadura y de velocidad de marcha. La sarcopenia severa incluyó participantes con ambas, fuerza de empuñadura y velocidad de marcha alteradas y la sarcopenia moderada incluyó participantes con solo uno de estos valores alterados. Se realizó una intervención en un periodo de 24 semanas con 2 grupos de tratamiento de suplementación nutricional oral (ONS) 220ml isocalóricos (330 kcal): un grupo de ONS de control (CONS), la suplementación oral contenía: 14 g de proteína, 11 g de grasa, 44 g de carbohidratos, 147 UI de vitamina D3 y vitaminas y minerales adicionales. Y un grupo de ONS experimental (EONS), la suplementación oral contenía: 20 g de proteína, 11 g de grasa, 36 g de carbohidratos, 1.5 g de CaHMB y 499 UI de vitamina D3. Los participantes recibieron instrucciones de beber 2 porciones diarias de ONS entre comidas regulares a lo largo de la duración del estudio. Los participantes también recibieron instrucciones de continuar con su dieta habitual, actividad física y hábitos de estilo de vida. Antes de la intervención y a las 12 y 24 se tomaron distintas mediciones a los participantes: fuerza de empuñadura por dinamometría, fuerza de extensión de las piernas por dinamometría isocinética, velocidad de marcha, y masa magra por DEXA. Como resultado ambos grupos ONS (EONS y CONS) mejoraron la fuerza de las extremidades inferiores, la fuerza de agarre y la velocidad de marcha desde el inicio sin diferencias de tratamiento. Aquellos con sarcopenia severa (44%) exhibieron valores de fuerza de extremidades inferiores más bajos, que los participantes con sarcopenia moderada. Los participantes con sarcopenia leve-moderada respondieron mejor a los EONS enriquecidos con nutrientes clave, en comparación con el estándar CONS (EONS > CONS, P = .032). En aquellos con fuerza de agarre normal, no hubo diferencias en el tratamiento en función de la gravedad sarcopénica para la fuerza de agarre o la velocidad de la marcha. Por lo tanto el presente estudio sugiere que el tratamiento con ONS podría mejorar los resultados de fuerza en adultos mayores desnutridos con sarcopenia.<sup>69</sup>

Setenta mujeres mayores participaron en un estudio en donde fueron asignadas al azar a uno de tres grupos: proteína de suero pre-ejercicio de resistencia (RT) y placebo post-RT, placebo pre-RT y proteína de suero post-RT y placebo antes y después de la RT. El programa de RT se llevó a cabo durante 12 semanas (tres veces por semana; 3 × 8-12 repeticiones máximas). El protocolo se

basó en las recomendaciones para RT en una población mayor para mejorar la fuerza muscular y la hipertrofia. Todos los grupos fueron sometidos al mismo programa de RT. Todos los participantes completaron cuestionarios de historial de salud y actividad física y cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: 60 años o más, físicamente independientes, libres de disfunción cardíaca u ortopédica, que no hayan recibido reemplazo hormonal y / o terapia tiroidea, que no usaran equipo que impida el logro de protocolos y pruebas, y no haber realizado ningún ejercicio físico regular durante los seis meses anteriores al comienzo del estudio. La composición corporal, la fuerza muscular, la capacidad funcional y la ingesta dietética se evaluaron antes y después de la intervención. La masa corporal se midió usando una balanza electrónica calibrada, la altura se midió usando un estadiómetro, se evaluó la masa magra utilizando absorciometría de rayos X de energía dual de cuerpo entero (DEXA), la fuerza dinámica máxima se evaluó mediante los ejercicios de press de pecho (CP), extensión de rodilla (KE) y preacher curl (PC), la fuerza total se determinó mediante la suma de los tres ejercicios y se dividió por la masa corporal para estimar la fuerza total relativa, la capacidad funcional se evaluó mediante la prueba de caminata de 10 mts y la prueba de sentarse y pararse de la silla y, por último, el consumo de alimentos se evaluó mediante el método de registro alimentario de 24 hs. Los participantes recibieron una dosis de 35 g de WP hidrolizado y / o placebo antes y después de la RT. La maltodextrina se usó como placebo. La bebida WP hidrolizada contenía 27.1 g de proteína, 5.2 g de carbohidratos y 0.2 g de grasa por porción (200 mL, 131 kcal), mientras que la bebida de carbohidratos contenía 0.3 g de proteína y 33.3 g de carbohidratos por porción (200 mL, 134 kcal). Los suplementos se mezclaron con bebidas sin azúcar y sin calorías para enmascarar el contenido. El principal hallazgo de la investigación fue que la suplementación con WP aumentó la masa magra total, la masa magra de las extremidades inferiores y la capacidad funcional en adultos mayores, independientemente del tiempo de administración en cada sesión de entrenamiento, es decir, la masa magra total, de las extremidades inferiores y la capacidad funcional mejoraron en los grupos de suplementación de proteínas (WP-PLA y PLA-WP) en comparación con el grupo placebo (PLA-PLA) ( $p < 0.001$ ). Por otro lado, se registró un  $p < 0.05$  en el test de caminata de 10 mts en ambos grupos WP, representando un decrecimiento de los valores de tiempo en comparación con el grupo PLA-PLA. En conclusión, la ingesta de WP, antes o después de la RT, es una estrategia que se podría utilizar para el tratamiento de la sarcopenia y para mejorar el funcionamiento físico de los adultos mayores.<sup>70</sup>

#### Vitamina D

Los niveles séricos de vitamina D disminuyen con el envejecimiento, debido a la ingesta dietética inadecuada, reducción de la exposición al sol, disminución de la capacidad de la piel para sintetizar vitamina D bajo la influencia de la luz UV y disminución de la conversión renal de 25-hidroxi vitamina D a su forma activa.<sup>26</sup>

Algunos estudios asocian bajos niveles de vitamina D con niveles elevados de PTH (hormona paratiroidea), la cual produce una mayor resorción ósea del calcio aumentando el riesgo de fracturas, siendo así un posible predictor de sarcopenia.<sup>71</sup>

Se estima que más de mil millones de personas en todo el mundo tienen deficiencia o insuficiencia de vitamina D y la situación es aún más dramática en ancianos institucionalizados, como consecuencia de una ingesta alimentaria más pobre y disminución de la exposición a la luz solar.<sup>72</sup>

Los niveles bajos de vitamina D parecen estar asociados con una multitud de resultados adversos para la salud, incluyendo osteoporosis, diabetes mellitus, artritis reumatoide, varios tipos de cáncer, enfermedad cardiovascular, deterioro cognitivo, esclerosis múltiple y enfermedades infecciosas.<sup>73</sup>

Además, en adultos mayores de 65 años de edad, bajas concentraciones séricas de vitamina D ( $> 50$  nmol / litro) y altos niveles séricos de la hormona paratiroidea (PTH) ( $\geq 4.0$  pmol / litro) se han asociado con aumento del riesgo de padecer sarcopenia.<sup>74</sup>

Por otro lado, un estudio realizado en 1260 adultos mayores de 65 años sugiere que una concentración sérica baja de 25(OH)D en personas mayores se asocia con un mayor riesgo de ingreso a un hogar de ancianos en el futuro y puede estar asociado con la mortalidad. De los 1260 adultos mayores evaluados, la admisión en un asilo de ancianos fue de 3,48 para quienes padecían deficiencia de vitamina D, de 2,77 para quienes padecían una insuficiencia de vitamina D y de 1,92 para aquellos con una adecuada cantidad de vitamina D en comparación con las personas con 25 (OH) D en altas concentraciones.<sup>75</sup>

Cualquiera sea el mecanismo de acción exacto, la suplementación con vitamina D para personas mayores parece mejorar la función muscular, reducir la incidencia de caídas e impactar positivamente en la composición y morfología de las fibras musculares. Los siguientes estudios los demuestran:

Un estudio de 13 semanas fue realizado en pacientes mayores de 65 años. Los criterios de inclusión para participar del estudio fueron presentar limitaciones leves a moderadas de la capacidad funcional, que fue evaluado mediante puntaje de batería de rendimiento físico corto (SPPB, un conjunto de test funcionales) y baja masa muscular medida por medio de análisis de impedancia eléctrica, considerando como baja masa muscular un valor  $< 37\%$  de masa muscular total en hombres y un valor  $< 28\%$  de masa muscular total en mujeres. Los participantes fueron asignados al azar en dos grupos para recibir un suplemento nutricional oral

de intervención o un producto de control iso-calórico dos veces al día. El producto de intervención contenía por porción 20 g de proteína de suero, 3 g de leucina total, 9 g de carbohidratos, 3 g de grasa, 800 UI de vitamina D y una mezcla de vitaminas, minerales y fibras, y la bebida de control iso-calórica contenía carbohidratos, grasas y algunos rastros de elementos. Se midió al inicio y al final de la intervención, la masa muscular apendicular (aMM) por rayos X de energía dual (DEXA), el test de SPPB de tres componentes: velocidad de marcha, prueba de pararse y sentarse en la silla y prueba de equilibrio y la fuerza máxima de agarre calculada utilizando un dinamómetro de mano hidráulico. Por otro lado, se midió la concentración de 25 (OH) D en sangre y se utilizó como una variable dicotómica. Como resultado, solo aquellos que recibieron la suplementación con vitamina D y proteína de suero enriquecida con leucina ganaron masa muscular apendicular (aMM) y de las extremidades inferiores y mejoraron la función muscular según el test de SPPB.<sup>76</sup>

Otro estudio fue realizado en 380 pacientes mayores de 65 años de edad con moderadas limitaciones físicas y baja masa muscular. Previo a la intervención, los adultos mayores ( $\geq 65$  años) fueron evaluados para detectar limitaciones leves a moderadas en la función física (puntuación SPPB 4-9) y para un índice de masa magra bajo, medido mediante el análisis de impedancia bioeléctrica (considerado como  $\leq 37\%$  de masa muscular total en hombres y  $\leq 28\%$  de masa muscular total en mujeres). Además, los participantes fueron elegibles para participar si tenían un índice de masa corporal (IMC) entre 20 y 30 kg. Los criterios de exclusión fueron el poseer alguna comorbilidad como insuficiencia renal o hepática, tumores malignos en los últimos 5 años, anemia o inflamación aguda (concentración de proteína C reactiva  $>10$  mg / L), o si presentaban contraindicaciones para la administración de suplementos de calcio / vitamina D y/o estaban usando medicamentos que interfieren con la intervención nutricional. Los participantes fueron asignados al azar en 2 grupos, un grupo activo (n = 184) recibió un suplemento nutricional que contenía por porción, 20 g de proteína de suero, 3 g de leucina total, 9 g de carbohidratos, 3 g de grasa, 800 UI de vitamina D y una mezcla de vitaminas, minerales y fibras. Un grupo de control (n = 196) recibió un producto de control iso-calórico para consumir dos veces al día durante 13 semanas, que no contenía proteínas ni micronutrientes, solo carbohidratos, grasas y algunos oligoelementos. Ambos se entregaron como 40 g de polvo para reconstituir con 100 a 150 ml de agua y se consumieron dos veces al día antes del desayuno y el almuerzo. Se realizaron distintas evaluaciones a los participantes al inicio, durante y después de la intervención. Se midió la fuerza de la empuñadura utilizando un dinamómetro de mano hidráulico, se midió la SPPB que consistió en 3 test funcionales: velocidad de la marcha, prueba de pararse y sentarse en la silla y equilibrio. Cada componente

se calificó de 0 (no posible) a 4 (mejor rendimiento) y se resumió en una puntuación total que varía de 0 a 12. También se midió la masa muscular apendicular (por DEXA) y cuestionarios de actividad física autoinformada, actividades de la vida diaria y calidad de vida relacionada con la salud. Como resultado, la fuerza de la empuñadura y el SPPB aumentaron en ambos grupos sin diferencias significativas entre los grupos. La fuerza de agarre mejoró en el grupo de intervención ( $P = .005$ ) y en el grupo de control ( $P = .06$ ). Las puntuaciones de SPPB aumentaron tanto en el grupo activo como en el de control ( $p < 0,001$ ). El aumento de la masa muscular apendicular fue significativamente mayor en el grupo activo que en el grupo de control, lo que llevó a una diferencia media estimada de 0,17 kg ( $p = 0,045$ ). Hubo una ganancia significativa con el tiempo en la masa del músculo apendicular en el grupo activo ( $p < 0,001$ ). Esta intervención de 13 semanas de un suplemento nutricional oral de vitamina D y proteína de suero enriquecida con leucina resultó en mejoras en la masa muscular y la función de las extremidades inferiores entre los adultos mayores con limitaciones funcionales. Este estudio muestra que una prueba de suplementación nutricional específica por sí sola podría beneficiar a los pacientes geriátricos, especialmente relevante para aquellos que no pueden hacer ejercicio. Estos resultados justifican nuevas investigaciones sobre el papel de un suplemento nutricional específico como parte de un enfoque multimodal para prevenir los resultados adversos entre los adultos mayores en riesgo de discapacidad.<sup>77</sup>

Sin embargo, un estudio sugiere que los beneficios de la suplementación pueden limitarse a los adultos con niveles bajos de vitamina D séricos. Esto fue descrito por Stockton y colegas en un metanálisis que demostró, según los estudios incluidos en esta revisión sistemática, que la suplementación con vitamina D no tiene un efecto significativo sobre la fuerza muscular en adultos con valores iniciales de  $25(\text{OH})\text{D} > 25 \text{ nmol} / \text{L}$ . Sin embargo, un número limitado de estudios demuestra un aumento de la fuerza muscular proximal en adultos con deficiencia de vitamina D.<sup>78</sup>

#### HMB (Beta hidroxil metil butirato)

El HMB es un metabolito de la leucina, que es uno de los tres aminoácidos esenciales de cadena ramificada (BCAA; leucina, valina e isoleucina). Estos aminoácidos comparten similares caminos metabólicos. La leucina tiene un conocido papel anabólico en el músculo actuando como una molécula de señalización que estimula la síntesis de proteínas. El HMB ejerce una serie de efectos que pueden explicar los potenciales beneficios de su suplementación sobre

la masa muscular y el rendimiento. Entre los efectos sobre el metabolismo de las proteínas, el HMB afecta la renovación de proteínas musculares estimulando la síntesis de proteínas a través de la regulación positiva de las vías anabólicas y disminuyendo la proteólisis mediante la regulación negativa de las vías de señalización catabólicas. En cuanto al metabolismo de la leucina, se cree que el HMB afecta el metabolismo de sus precursores y que una suplementación con HMB podría disminuir la dosis diaria de leucina requerida para promover sus efectos positivos sobre el equilibrio proteico o mejorar los niveles disminuidos como ocurre en varios trastornos de desgaste muscular.<sup>79</sup>

Un estudio realizado en adultos mayores de 65 años sugiere que la suplementación con beta hidroximetilbutirato de calcio (Ca HMB) podría incrementar la fuerza y la calidad muscular. Los criterios de inclusión para este estudio fueron, que los participantes tuvieran más de 65 años y contarán con un IMC > 20.0 kg. Los criterios de exclusión fueron haber tenido una cirugía mayor dentro de las cuatro semanas posteriores a la inscripción; enfermedad maligna activa; trastorno de inmunodeficiencia; historia de diabetes; extremidad artificial parcial o completa; enfermedad cardiovascular, metabólica o endocrina significativa; uso de antibióticos dentro de una semana de inscripción; historial de alergias a los ingredientes del producto; enfermedad importante del tracto gastrointestinal y trastorno neurológico o psicológico significativo.. La intervención se realizó en dos fases: la Fase I consistió en dos grupos sin ejercicio (NE): NE más placebo (NEPLA) y NE más CaHMB (NEHMB). La Fase II consistió en dos grupos de ejercicios de resistencia (RE): RE más placebo (REPLA) y RE más CaHMB (REHMB). El placebo contenía: 200 mg de calcio + 4 g de carbohidratos, mientras que el suplemento con CaHMB contenía: 1,5 g de CaHMB + 4 g de carbohidratos. Se dieron instrucciones a los participantes de consumir dos paquetes diluidos en agua todos los días durante el período de estudio. El período de evaluación del estudio para cada participante en las Fases I y II fue de 24 semanas. Se realizaron pruebas a los participantes en la semana 0 (prueba previa), semana 12 (prueba intermedia) y semana 24 (prueba posterior), y consistió en composición corporal, fuerza muscular, movimiento funcional, recuerdo dietético de tres días, marcadores sanguíneos, y análisis de orina para consumo de HMB. Se midió la masa grasa total (BF), la masa magra total (LBM), la masa magra regional de la pierna (izquierda y derecha) y la masa magra regional del brazo (izquierda y derecha) utilizando un escáner de absorciometría de rayos X de doble energía (DEXA). La fuerza de la empuñadura se midió utilizando un dinamómetro de mano estándar. La fuerza máxima de extensión de la pierna se midió utilizando un dinamómetro isocinético calibrado. Para la Fase II, el programa de ejercicio de resistencia (RE) consistió en ejercicios de press en banca, pull-lateral, press de

piernas bilateral, sentadilla con hack y la extensión bilateral de piernas. Las cargas aumentan progresivamente. Como resultado, la fase I del presente estudio demostró que el grupo NEHMB experimentó aumento en el peso total ( $p < 0.02$ ), aumento de la masa magra total ( $p < 0.01$ ) y aumento de la masa magra de la pierna tanto a la mitad como al posterior de la prueba en comparación con la prueba inicial ( $p < 0.01$ ). Tanto la masa magra del brazo ( $p < 0.03$ ) como la masa magra total ( $p < 0.03$ ) también tuvieron un aumento significativo en la prueba posterior. La fuerza de agarre no cambió con respecto al valor inicial para los grupos NEPLA o NEHMB. El tiempo de levantarse de la silla y ponerse en marcha mejoró en el grupo NEHMB a mitad de la prueba ( $- 0.2 \pm 0.1$  s,  $p = 0.04$ ) y en ambos grupos después de la prueba sin diferencias entre grupos ( $- 0.6 \pm 0.2$  s,  $p < 0.01$ ,  $- 0.5 \pm 0.1$  s,  $p < 0.01$ , NEPLA y NEHMB, respectivamente). Por otro lado, el protocolo progresivo de entrenamiento de resistencia de alta intensidad utilizado en la Fase II demostró que no hubo cambios significativos en el peso corporal total a la mitad o después de la prueba para los grupos REPLA o REHMB, respectivamente. Sin embargo, la masa magra total de piernas y brazos aumentó en ambos grupos con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) tanto en la mitad como en la posprueba. La grasa disminuyó en ambos grupos a la mitad ( $p < 0.02$ ) y en la prueba posterior ( $p < 0.04$ ) sin diferencias entre los grupos. El press de banca, el press de piernas y el extensor de piernas 5RM aumentaron significativamente en la prueba media y posterior para los grupos REPLA y REHMB sin diferencias entre los grupos ( $p < 0.01$ ). El PT isocinético del extensor de la pierna aumentó a mitad y después de la prueba sin diferencias entre los grupos ( $p < 0.01$ ). El PT del flexor isocinético de la pierna aumentó en la prueba posterior en el grupo REPLA y en la mitad de la prueba en el grupo REHMB ( $p = 0.052$ ), sin diferencias entre grupos. La fuerza de agarre aumentó con respecto al valor inicial tanto a la mitad como a la posprueba para los grupos REPLA y REHMB, respectivamente, sin diferencias entre los grupos ( $p < 0.01$ ). Del mismo modo, el tiempo de GUG disminuyó significativamente desde el inicio hasta la prueba media y posterior para los grupos REPLA y REHMB, respectivamente, sin diferencias entre los grupos ( $p < 0.045$ ). Como resultado, la fase I del estudio actual demostró que la suplementación prolongada con CaHMB mejoró la masa magra total (LM), la fuerza y la función sin ejercicios de resistencia. Además, el protocolo de entrenamiento de resistencia progresivo de alta intensidad utilizado en la Fase II resultó en un aumento de LBM y fuerza, con o sin CaHMB. Por lo tanto, estos datos sugieren que una suplementación con CaHMB podría mejorar la fuerza, la composición corporal y la funcionalidad en hombres y mujeres mayores sanos, con y sin entrenamiento de resistencia. Podría utilizarse como intervención nutricional para prevenir la

sarcopenia y su deterioro funcional asociado en las personas a medida que envejecen.<sup>80</sup>

En un ensayo de grupo paralelo, aleatorizado, controlado y abierto, se evaluó si un suplemento oral de 220 ml que contenía 1,5 g de calcio HMB (Garantice Plus Advance™; Abbott Nutrition), durante 8 semanas podría mejorar el rendimiento físico y los parámetros de fuerza muscular en un grupo de mujeres mayores de 65 años de edad sanas. Los candidatos fueron excluidos si presentaban signos de insuficiencia renal, infección crónica o aguda, antecedentes o evidencia de malignidad en los últimos 5 años, enfermedades cardiovasculares o pulmonares significativas, enfermedades metabólicas no controladas (diabetes, anemia o enfermedad de la tiroides), anomalías en los electrolitos, o si ya estaban usando suplementos dietéticos distintos al colecalciferol. Durante una visita de selección, personal médico capacitado determinó su estado de salud en función de su historial médico, un examen clínico y pruebas bioquímicas de rutina (glucemia, pruebas de función renal y hepática, proteínas, electrolitos y un hemograma completo). Durante el seguimiento, todos los participantes continuaron con su programa de acondicionamiento físico y su asistencia fue monitoreada y registrada dos veces por semana. Ochenta mujeres sanas que asistían a un programa de acondicionamiento físico suave, que consistía principalmente en ejercicios aeróbicos diseñados para mejorar la velocidad de contracción muscular y una pequeña parte dedicada a ejercicios de fuerza, esencialmente para mejorar la fuerza de agarre, que acudían dos veces por semana se dividieron en dos grupos, un grupo de tratamiento de 32 mujeres y un grupo control de 33 mujeres que no recibió tratamiento ni placebo. Se evaluó el test de batería de rendimiento físico corto (SPPB) como el resultado principal y los cambios en la fuerza isométrica e isocinética de pico máximo (PT) de las extremidades inferiores, prueba de caminata de 6 minutos, fuerza de aprehensión y resistencia como resultados secundarios. La composición corporal se evaluó con absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA) y tomografía computarizada cuantitativa periférica (pQCT). Finalmente, se calculó la diferencia media entre los dos grupos antes y después de la intervención. Después de 8 semanas, no hubo diferencias significativas entre los parámetros de SPPB, fuerza de agarre o DEXA de los grupos. El grupo tratado con HMB puntuó significativamente mejor que el grupo de control para PT de flexión isocinética ( $\Delta = 1,56 \pm 1,56 \text{ Nm}$ ;  $p = 0,03$ ) y extensión isocinética ( $\Delta = 3,32 \pm 2,61 \text{ Nm}$ ;  $p = 0,03$ ), fuerza isométrica del TP ( $\Delta = 9,74 \pm 3,90 \text{ Nm}$ ;  $p = 0,02$ ), prueba de caminata de 6 minutos ( $\Delta = 7,67 \pm 8,29 \text{ m}$ ;  $p = 0,04$ ), resistencia al agarre ( $\Delta = 21,41 \pm 16,28 \text{ s}$ ;  $p = 0,02$ ) mientras que no surgieron diferencias para fuerza de agarre. Por lo tanto, la suplementación nutricional de 1,5 g de calcio HMB durante 8 semanas en mujeres ancianas sanas no tuvo efectos significativos

sobre la SPPB, pero sí mejoró significativamente varios parámetros de fuerza muscular y rendimiento físico. En conclusión, este estudio demuestra que un suplemento nutricional de calcio de HMB podría mejorar los parámetros de fuerza muscular y rendimiento físico en adultos mayores sanos al ser consumido por, al menos, 8 semanas y en conjunto con la realización de actividad física.<sup>81</sup>

Se realizó un estudio en 84 ancianos postrados en cama que habían recibido alimentación por sonda nasogástrica exclusiva durante al menos 6 meses. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo HMB (39 participantes) o un grupo control (40 participantes). El grupo HMB recibió 2 g / d de HMB en 2 dosis iguales diarias a través de sonda de alimentación nasogástrica después del almuerzo y la cena por enfermeras. El grupo de control mantuvo sus patrones dietéticos regulares. El día anterior, a los 14 días y a los 28 días después del inicio del estudio se tomaron mediciones antropométricas, muestreo de sangre y recolección de orina en los 79 sujetos. Las medidas antropométricas consistían en estimación de peso corporal medido con una báscula de cama y altura de la rodilla, circunferencias de tórax, cintura, cadera, pantorrilla y medio brazo y la circunferencia media muscular del brazo. No hubo cambios significativos en el peso corporal y el IMC entre los grupos después de 14 y 28 días. Sin embargo, luego de 14 días del inicio de la suplementación el nitrógeno ureico en sangre (BUN) disminuyó significativamente en el grupo HMB ( $p = 0,005$ ), mientras que se mantuvo sin cambios en el grupo de control. La excreción urinaria de nitrógeno ureico (UUN) de 24 horas también fue significativamente diferente entre los 2 grupos ( $p = 0,002$ ). La excreción de UUN disminuyó significativamente en un promedio de 12,46% en el grupo HMB, mientras que mostró una tendencia creciente en un promedio de 29,72% en el grupo control. Por otro lado, luego de 28 días del inicio de la suplementación el aumento de la concentración de ácido úrico en plasma fue significativamente menor en el grupo HMB ( $p = 0,019$ ). El cambio en la excreción de UUN de 24 horas también fue significativamente diferente entre los 2 grupos ( $p < 0,001$ ). La excreción de UUN disminuyó significativamente en un promedio de 30,69% en el grupo HMB, mientras que mostró una tendencia creciente en un promedio de 15,70% en el grupo control después de 28 días. Por lo que, este estudio sugiere que la suplementación con HMB podría reducir la degradación muscular en los residentes de hogares de ancianos postrados en cama que reciben alimentación por sonda y que la suplementación con HMB podría mejorar la calidad de vida y reducir los costos médicos que resultan de las complicaciones en estos sujetos.<sup>82</sup>

#### Ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga

La inflamación sistémica de bajo grado implica aumentos en la producción de factores inflamatorios, como la proteína C reactiva (PCR), factor de necrosis tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) e interleucina 6 (IL-6). Esto se ha implicado en enfermedades relacionadas con la edad. Se ha demostrado que la inflamación predice limitación de movilidad incidente.<sup>83</sup>

En un estudio realizado en adultos mayores, la carga "inflamatoria" (definida por la concentración sanguínea de biomarcadores inflamatorios) al inicio del estudio se asoció con una menor fuerza de agarre.<sup>84</sup>

Dado que los eicosanoides derivados de ácidos grasos poliinsaturados de 20 carbonos se encuentran entre los mediadores y reguladores de inflamación, esto plantea la posibilidad de que las ingestas dietéticas de grasas poliinsaturadas de cadena larga n-3 y n-6 y su equilibrio en la dieta podrían ser importantes.<sup>85</sup>

Se realizó un ensayo controlado aleatorio en dieciséis adultos mayores de 65 años (10 hombres y 6 mujeres). Los criterios de inclusión para la participación en el estudio fueron que los sujetos estuvieran en buen estado de salud, sin evidencia de enfermedad cardiovascular significativa o disfunción orgánica, incluida hipertensión, dislipidemia y diabetes mellitus. Que no fueran obesos (índice de masa corporal  $<30,0$  (en kg / m<sup>2</sup>)). Que no participaran en actividades físicas regulares, que no consumieran suplementos de aceite de pescado, que no tomaran medicamentos que pudieran afectar el metabolismo de las proteínas musculares, que no consumieran productos de tabaco; y que no informaran consumo excesivo de alcohol. Una vez completado el procedimiento de selección, los sujetos fueron asignados al azar al grupo de ácidos grasos omega-3 o al grupo de aceite de maíz (control). A los sujetos del grupo omega-3 se los suplementó con 4 g de Lovaza / d que contienen 1,86 g de ácido eicosapentaenoico (EPA, 20: 5n-3) y 1,50 g de ácido docosahexaenoico (DHA, 22: 6n-3). Cada sujeto completó 2 estudios de infusión de trazadores marcados con isótopos estables para determinar el efecto de la suplementación con ácidos grasos omega-3 o aceite de maíz (grupo de control) sobre la velocidad de síntesis de proteínas musculares y la señalización anabólica en el músculo durante condiciones basales, post absorción y combinación de aminoácidos. El primer estudio se realizó antes de la intervención y el segundo estudio se llevó a cabo después de 8 semanas de suplementación dietética con ácidos grasos omega-3. Como resultado, la suplementación con ácidos grasos omega-3 en la dieta, pero no con aceite de maíz, aumentó la actividad de señalización anabólica muscular y el aumento mediado por insulina / aminoácidos en la síntesis de proteínas musculares por encima de los valores basales post absorción en adultos mayores. La suplementación con aceite de maíz no tuvo ningún efecto sobre la tasa de síntesis de proteínas musculares basales o el aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares en respuesta a la infusión

de aminoácidos e insulina (cambio de los valores basales:  $0.019 \pm 0.004\%$  / h antes y  $0.016 \pm 0.005\%$  / h después de la suplementación;  $P = 0,78$ ). Por el contrario, la suplementación con ácidos grasos omega-3 no tuvo ningún efecto sobre la tasa basal de síntesis de proteínas musculares, pero aproximadamente duplicó la respuesta anabólica a la infusión de aminoácidos e insulina (cambio de los valores basales:  $0.015 \pm 0.004\%$  en comparación con  $0.036 \pm 0.005\%$  / h ;  $P < 0,001$ ), y el cambio antes-después en la respuesta anabólica en el grupo de ácidos grasos omega-3 fue significativamente mayor que en el grupo de aceite de maíz ( $P = 0,01$ ). Aunque los mecanismos exactos por los cuales los ácidos grasos omega-3 estimulan la síntesis de proteínas musculares durante la hiperinsulinemia-hiperaminoacidemia aún no se han resuelto. Este estudio propone una interacción de los ácidos grasos omega-3 y el metabolismo de las proteínas en el músculo humano y sugiere que la suplementación con ácidos grasos podría atenuar la resistencia anabólica asociada a la edad y de esta manera proporcionar una intervención segura, simple y de bajo costo para combatir la sarcopenia.<sup>86</sup>

Por otro lado, se realizó un estudio en 53 adultos mayores de 60 años con baja masa muscular o riesgo de baja masa muscular para evaluar el efecto de los ácidos grasos omega-3 poliinsaturados (PUFA). Los criterios de inclusión para participar del estudio fueron: baja masa muscular o riesgo de presentar baja masa muscular, falta de trastornos de la función cognitiva, capacidad para mantener la posición vertical, necesaria para la realización de la prueba de composición corporal mediante el análisis de bioimpedancia. Y los criterios de exclusión fueron: ingesta de cualquier esteroide, ingesta de fármacos antiplaquetarios y antitrombóticos, debido a la actividad anticoagulante de los ácidos grasos omega-3, ingesta de suplementos de ácidos grasos omega-3 poliinsaturados durante los 3 meses previos al estudio, presencia de implantes metálicos, como endoprótesis de rodilla o cadera, o marcapasos, lo cual es una contraindicación para un estudio realizado mediante análisis de bioimpedancia. Antes y después de la intervención se evaluó en los participantes el análisis de la composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica (BIA), así como la fuerza muscular mediante fuerza de agarre manual con un dinamómetro y el rendimiento físico mediante el test de pararse de la silla y caminar (TUG), así como el test de velocidad de marcha. También se calculó la masa magra apendicular (ALM) como la suma de la masa magra de las cuatro extremidades. Posteriormente, se calculó el índice ALM (la relación de ALM (kg) y la altura al cuadrado ( $m^2$ )) para cada sujeto. El índice ALM de cada individuo anciano se comparó con el índice ALM medio obtenido para una población polaca de referencia joven y sana para estimar si presentaban una baja masa muscular. Se pidió a todos los participantes que no cambiaran sus hábitos nutricionales y actividad física actuales en el curso del estudio. Los participantes

con baja masa muscular (LMM) o un riesgo de baja masa muscular (rLMM) fueron divididos aleatoriamente en un grupo tratados con ácidos grasos omega 3 poliinsaturados (PUFA) o en un grupo de control. Los sujetos de los grupos tratados con PUFA recibieron 1,3 g de Ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (AGPI n-3) durante 12 semanas. Tomaron dos cápsulas al día que contenían 660 mg de ácido eicosapentaenoico (EPA), 440 mg de ácido docosahexaenoico (DHA) + 200 mg de otros ácidos grasos omega-3 + 10 mg de vitamina E durante o inmediatamente después de las comidas. Los sujetos de los grupos de control recibieron 1 gota de solución de vitamina E (11 mg) diariamente, durante 12 semanas. Como resultado, la suplementación de 12 semanas con ácidos grasos poliinsaturados omega-3 no afectó positivamente la composición corporal, la fuerza muscular o el rendimiento físico en personas de edad avanzada con baja masa muscular o con riesgo de baja masa muscular.<sup>87</sup>

## V. Discusión

Numerosos estudios se publican anualmente aportando nuevos datos sobre la etiología, la evolución, la epidemiología y los tratamientos para la sarcopenia. Pero en la actualidad no existe un consenso mundial avalado para el tratamiento y la prevención del desarrollo de la sarcopenia para ser utilizado tanto en contextos de investigación como en la práctica clínica. La falta de definición y criterios de valoración y evaluación repercute directamente en el desarrollo de la investigación. Al momento, los consensos disponibles coinciden en que para considerar que un sujeto padece de sarcopenia debe contar con baja masa muscular, baja fuerza muscular y baja funcionalidad. Pero la mayoría de las herramientas descritas determinan o infieren Masa Magra o Masa Libre de Grasa ( LBM ) , y utilizan y aplican este concepto como sinónimo de masa muscular.<sup>34-35-42-43</sup>

Por eso, en la bibliografía referida se describe la masa muscular cuando en realidad el método utilizado infiere o mide masa magra, lo cual puede ser utilizada como un indicador de salud pero no es un método fiable para determinar la masa muscular, el cual se expresaría como un resultado erróneo en el diagnóstico de la sarcopenia. Otros estudios utilizan la masa libre de grasa regional, como la masa muscular apendicular. Esto no solo no sirve para inferir la masa muscular, sino que tampoco es un dato representativo de la totalidad del cuerpo, (solo de una parte del mismo).<sup>54-68-80</sup>

En este trabajo se han revisado numerosos artículos que evalúan la eficacia de diferentes estrategias de tratamiento para el manejo de la sarcopenia. La actividad

física, en especial los entrenamientos de fuerza, parecieran ser muy eficaces para mantener o aumentar la fuerza muscular y la función física. Sin embargo, todas las intervenciones analizadas difieren en cuanto al tipo de ejercicios utilizados, el volumen de entrenamiento, la intensidad, la densidad y el tiempo de intervención.<sup>50-51-54-55-56</sup>

En cuanto a la suplementación con proteínas y aminoácidos, la evidencia es menos concluyente, pero aun así ha demostrado ciertos beneficios cuando se combina con el entrenamiento de fuerza. Muy pocos estudios avalan la eficacia de la suplementación por sí sola. La suplementación más eficaz parece ser la compuesta por aminoácidos esenciales, claves en el mantenimiento muscular y asociados a las cascadas de señalización que codifican la síntesis de proteínas. La suplementación con el metabolito de la leucina, el  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilbutirato (HMB) se propone como estrategia prometedora combinada con el entrenamiento de resistencia, tanto en el manejo de la sarcopenia como también en el mantenimiento de la salud muscular y la correcta estimulación de la síntesis de proteínas.<sup>68-69-70</sup>

En cuanto a la suplementación con vitamina D, este metabolito suele estar en bajas concentraciones en la población adulta, por lo que la suplementación en caso de deficiencia podría aumentar la fuerza muscular y mejorar la función muscular, pero no se han demostrado beneficios cuando se suplementa en adultos con adecuados niveles de vitamina D.<sup>75-76-77-78</sup>

Por otro lado, sobre los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, la evidencia es controversial en cuanto a su eficacia y surge la necesidad de ampliar las investigaciones.<sup>86-87</sup>

A pesar de todos los estudios respecto a la aplicación terapéutica de la suplementación, el pilar más importante en la prevención y tratamiento de la sarcopenia es una dieta e ingesta adecuada, tanto de proteínas como de calorías, además de la realización de actividad física diaria.

## VI. Conclusiones

La sarcopenia es un síndrome geriátrico frecuente y relevante en la práctica clínica diaria y se integra como el eje principal de la fragilidad. La pérdida de masa muscular esquelética, de funcionalidad y de fuerza por envejecimiento es un problema de salud altamente prevalente en la población de adultos mayores, con consecuencias que limitan la independencia del anciano y proporcionan una calidad de vida deficiente. Si bien hasta el día de hoy no existe un consenso universal, para su diagnóstico se debe demostrar, por lo menos, la reducción de la masa muscular, la reducción de la fuerza muscular y la reducción de la función

muscular. La mayor limitación a la hora del diagnóstico de la sarcopenia es la falta de consenso en cuanto a que herramienta utilizar para la medición de la masa muscular ya que la mayoría de los métodos infiere o determina masa libre de grasa (LBM) como se ha descrito. Por otro lado, teniendo en cuenta que la masa muscular se relaciona con el tamaño del esqueleto, se espera que un individuo con un esqueleto grande cuente con mayor masa muscular y por ende mayor fuerza, por lo que parecería conveniente contar con valores de referencia de fuerza muscular adecuados a la edad y al tamaño de esqueleto. Es necesario ampliar la investigación de estos aspectos para obtener un diagnóstico adecuado de la sarcopenia. En cuanto a los factores que influyen en la aparición de la sarcopenia son numerosos y diversos, los que ejercen mayor influencia en el desarrollo de la sarcopenia son los relacionados al estilo de vida, dentro de los que se destacan la inactividad física y la malnutrición fundamentalmente por déficit, factores que pueden ser modificados. Por lo que es de suma importancia el desarrollo de estrategias de prevención como intervenciones oportunas y efectivas para retrasar y/o evitar la sarcopenia, y evitar además costos elevados para el sistema de salud.

A pesar de todos los estudios respecto a la aplicación terapéutica de la suplementación, el pilar más importante en la prevención y tratamiento de la sarcopenia es una dieta e ingesta adecuada, tanto de proteínas como de calorías, además de la realización de actividad física diaria. Sin embargo, es necesario que se siga investigando sobre el tratamiento de la sarcopenia ya que se encuentra mucha información controversial e inconcluyente.

Se plantea como desafío, profundizar y definir los métodos que mejor caractericen la sarcopenia, para a posterior definir estrategias alimentarias o nutroterápicas que contribuyan , en los próximos años, a mantener y/o aumentar la masa muscular , la capacidad funcional , y por ende la calidad de vida de los sujetos de edad avanzada.

## VII. Bibliografía

- <sup>1</sup> Miró G., Carmen A. (2003), "Transición demográfica y envejecimiento demográfico", Papeles de Población, vol. 9, núm. 35, enero-marzo, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México
- <sup>2</sup> Lunenfeld, B., & Stratton, P. (2013). The clinical consequences of an ageing world and preventive strategies. Best practice & research. Clinical obstetrics & gynaecology, 27(5), 643–659. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2013.02.005>
- <sup>3</sup> Instituto Nacional de Estadística y Censos (Argentina). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. 2012; Disponible en: [https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010\\_tomo1.pdf](https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf)
- <sup>4</sup> Alvarado García, Alejandra María, & Salazar Maya, Ángela María. (2014). Análisis del concepto de envejecimiento. Gerokomos, 25(2), 57-62. <https://dx.doi.org/10.4321/S1134-928X2014000200002>
- <sup>5</sup> Rodríguez Mañas, L. (2001). Aproximación al desarrollo de un Programa Nacional de Investigación sobre Envejecimiento desde el concepto de fragilidad. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 36, 24-25.
- <sup>6</sup> Zetina Lozano, María Guadalupe (1999). Conceptualización del proceso de envejecimiento. *Papeles de Población*, 5(19) ISSN: 1405-7425.
- <sup>7</sup> Selva A, San José A, Solans A, Villardell M . Características diferenciales de la enfermedad en el anciano. Fragilidad. *Medicine (Madr)*. 1999;124:5789-96.
- <sup>8</sup> Calvo, O. L. de. (2007). Fisiología del Síndrome de Fragilidad en el Adulto Mayor. *Revista Médica Científica*, 20(1), 5-5.
- <sup>9</sup> Lluís Ramos, Guido Emilio, & Llibre Rodríguez, Juan de Jesús. (2004). Fragilidad en el adulto mayor: Un primer acercamiento. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 20(4)
- <sup>10</sup> Buchner, D. M., & Wagner, E. H. (1992). Preventing frail health. *Clinics in geriatric medicine*, 8(1), 1–17.B
- <sup>11</sup> Campbell, A. J., & Buchner, D. M. (1997). Unstable disability and the fluctuations of frailty. *Age and ageing*, 26(4), 315–318. <https://doi.org/10.1093/ageing/26.4.315>
- <sup>12</sup> Brown, I., Renwick, R., & Raphael, D. (1995). Frailty: constructing a common meaning, definition, and conceptual framework. *International journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung. Revue internationale de recherches de readaptation*, 18(2), 93–102.
- <sup>13</sup> Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., & Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2 (2019).

Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*, 48(1), 16–31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>

<sup>14</sup> Dunlop, D. D., Manheim, L. M., Sohn, M.-W., Liu, X., & Chang, R. W. (2002). Incidence of functional limitation in older adults: The impact of gender, race, and chronic conditions. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(7), 964-971.

<sup>15</sup> Timothy J, Doherty L. Aging and Sarcopenia. *J appl Physiol* 2003; 95: 1717- 1727.

<sup>16</sup> Morley J. E. (2008). Sarcopenia: diagnosis and treatment. *The journal of nutrition, health & aging*, 12(7), 452–456. <https://doi.org/10.1007/BF02982705>

<sup>17</sup> Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J. P., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinková, E., Vandewoude, M., Zamboni, M., & European Working Group on Sarcopenia in Older People (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and ageing*, 39(4), 412–423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>

<sup>18</sup> Giampaoli, S., Ferrucci, L., Cecchi, F., Lo Noce, C., Poce, A., Dima, F., Santaquilani, A., Vescio, M. F., & Menotti, A. (1999). Hand-grip strength predicts incident disability in non-disabled older men. *Age and ageing*, 28(3), 283–288. <https://doi.org/10.1093/ageing/28.3.283>.

<sup>19</sup> Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., Corsi, A. M., Rantanen, T., Guralnik, J. M., & Ferrucci, L. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 95(5), 1851–1860. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00246.2003>

<sup>20</sup> Al Snih, S., Markides, K. S., Ottenbacher, K. J., & Raji, M. A. (2004). Hand grip strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Aging clinical and experimental research*, 16(6), 481–486. <https://doi.org/10.1007/BF03327406>

<sup>21</sup> Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., Abellan van Kan, G., Andrieu, S., Bauer, J., Breuille, D., Cederholm, T., Chandler, J., De Meynard, C., Donini, L., Harris, T., Kannt, A., Keime Guibert, F., Onder, G., Papanicolaou, D., Rolland, Y., ... Zamboni, M. (2011). Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(4), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003>

<sup>22</sup> Morley, J. E., Abbatecola, A. M., Argiles, J. M., Baracos, V., Bauer, J., Bhasin, S., Cederholm, T., Coats, A. J., Cummings, S. R., Evans, W. J., Fearon, K., Ferrucci, L., Fielding, R. A., Guralnik, J. M., Harris, T. B., Inui, A., Kalantar-Zadeh, K., Kirwan, B. A., Mantovani, G., Muscaritoli, M., ... Society on Sarcopenia, Cachexia and Wasting Disorders Trialist Workshop (2011). Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(6), 403–409. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2011.04.014>

- <sup>23</sup> Jones T, Stephenson K, King J, Knight K, Marshall T, Scott W. Sarcopenia: mecanismos y tratamientos. *Rev Metab Óseo y Min.* 2011;9(5):171-80.
- <sup>24</sup> Becerra R, Galvis JC. Perfil hormonal del envejecimiento muscular. *Repert med cir.* 2011;20(4):217-24.
- <sup>25</sup> Santilli, V., Bernetti, A., Mangone, M., & Paoloni, M. (2014). Clinical definition of sarcopenia. *Clinical Cases in Mineral & Bone Metabolism*, 11(3).
- <sup>26</sup> Ali, S., & Garcia, J. M. (2014). Sarcopenia, cachexia and aging: diagnosis, mechanisms and therapeutic options-a mini-review. *Gerontology*, 60(4), 294-305.
- <sup>27</sup> Confortin, Susana Cararo, Ono, Lariane Morteau, Barbosa, Aline Rodrigues, & d'Orsi, Eleonora. (2018). Sarcopenia e sua associação com mudanças nos fatores socioeconômicos, comportamentais e de saúde: Estudo EpiFloripa Idoso. *Cadernos de Saúde Pública*, 34(12), e00164917. Epub November 29, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00164917>
- <sup>28</sup> Serra Rexah, J. A. (2006). Consecuencias clínicas de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 46-50.
- <sup>29</sup> D.D. Thompson. Aging and sarcopenia. 2007;7(4):344-5. 14. 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*. marzo de 2014;5(1):79-81.
- <sup>30</sup> Dam, T. T., Peters, K. W., Fragala, M., Cawthon, P. M., Harris, T. B., McLean, R., Shardell, M., Alley, D. E., Kenny, A., Ferrucci, L., Guralnik, J., Kiel, D. P., Kritchevsky, S., Vassileva, M. T., & Studenski, S. (2014). An evidence-based comparison of operational criteria for the presence of sarcopenia. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 69(5), 584–590. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu013>.
- <sup>31</sup> Muscaritoli, M., Anker, S. D., Argilés, J., Aversa, Z., Bauer, J. M., Biolo, G., Boirie, Y., Bosaeus, I., Cederholm, T., Costelli, P., Fearon, K. C., Laviano, A., Maggio, M., Rossi Fanelli, F., Schneider, S. M., Schols, A., & Sieber, C. C. (2010). Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) "cachexia-anorexia in chronic wasting diseases" and "nutrition in geriatrics". *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 29(2), 154–159. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.12.004>
- <sup>32</sup> Malmstrom, T. K., & Morley, J. E. (2013). SARC-F: a simple questionnaire to rapidly diagnose sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(8), 531–532. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.05.018>
- <sup>33</sup> Dhillon, R. J., & Hasni, S. (2017). Pathogenesis and Management of Sarcopenia. *Clinics in geriatric medicine*, 33(1), 17–26.
- <sup>34</sup> Cooper, C., Fielding, R., Visser, M., van Loon, L. J., Rolland, Y., Orwoll, E., Reid, K., Boonen, S., Dere, W., Epstein, S., Mitlak, B., Tsouderos, Y., Sayer, A. A., Rizzoli, R., Reginster, J. Y., & Kanis, J. A. (2013). Tools in the assessment of sarcopenia. *Calcified tissue international*, 93(3), 201–210. <https://doi.org/10.1007/s00223-013-9757-z>

- <sup>35</sup> Lee, S. Y., & Gallagher, D. (2008). Assessment methods in human body composition. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 11(5), 566–572. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32830b5f23>
- <sup>36</sup> Witriw, A. M. (2018, 9 mayo). Evaluación Nutricional por Fraccionamiento Antropométrico (ENFA). ENFA. <http://www.enfa.com.ar/index.html>
- <sup>37</sup> Drinkwater DT, Martin AD, Ross WD, Clarys JP. Validation by cadaver dissection of Mantiegka's equations for the anthropometric estimation of anatomical body composition in adult humans. In: *Perspectives in Kinanthropometry*. Day JP(ed.), Humans Kinetics Publishers, Inc. Illinois USA, 1986, pp.221-227.
- <sup>38</sup> Drinkwater DT, Ross WD. Anthropometric fractionation of body mass. *Kinanthropometry II*. Ostry, M., Beunen, G. and Simons, J. (eds.), University Park Press; Baltimore, 1980, pp.178-189.
- <sup>39</sup> Ross WD, Wilson NC. A stratagem for proportional growth assessment. *Acta paediatr. Belg., Suppl.* 28:169-182, 1974.
- <sup>40</sup> Ross WD, Ward R. Humans proportionality and sexual dimorphism. In *Sexual Dimorphism in Homo Sapiens*. Hall RL (ed.), Praeger Scientific, 1982, pp.317-361.
- <sup>41</sup> Basaluzzo JM, López Gastón O, Giniger R, Narvaez PG, Gilbert BH, Cuneo JL. Método de Fraccionamiento Antropométrico vs. Isotópico en la valoración del estado nutricional durante el perioperatorio. *Prensa Med. Argent.* 1988; 75:274-278.
- <sup>42</sup> Alvero-Cruz, J.R., & Correas Gómez, L., & Ronconi, M., & Fernández Vázquez, R., & Porta i Manzañido, J. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 167-174
- <sup>43</sup> Pietrobelli, A., Morini, P., Battistini, N., Chiumello, G., Nuñez, C., & Heymsfield, S. B. (1998). Appendicular skeletal muscle mass: prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis. *European journal of clinical nutrition*, 52(7), 507–511. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600592>
- <sup>44</sup> Instituto Nacional del Cáncer, N. I. H. (2000). Tomografía Computarizada. MedlinePlus.
- <sup>45</sup> J. García Díaz, Francisco Huesa Jiménez, J. Vargas Montes. (2005). Dinamometría isocinética. *Rehabilitación: Revista de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física*, 39(6), 288-296
- <sup>46</sup> Sgaravatti, Aldo, Santos, Dario, Bermúdez, Gustavo, & Barboza, Ana. (2018). Velocidad de marcha del adulto mayor funcionalmente saludable. *Anales de la Facultad de Medicina*, 5(2), 93-101. <https://dx.doi.org/10.25184/anfamed2018v5n2a8>
- <sup>47</sup> Gutierrez-Clavería, Monica, Beroiza W, Teresa, Cartagena S, Claudia, Caviedes S, Iván, Céspedes G, Juan, Gutiérrez-Navas, Mónica, Oyarzún G, Manuel, Palacios M, Sylvia, & Schonfeldt G, Patricia. (2009). Prueba de caminata de seis minutos. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 25(1), 15-24. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482009000100003>

- <sup>48</sup> Studenski, S. A., Peters, K. W., Alley, D. E., Cawthon, P. M., McLean, R. R., Harris, T. B., Ferrucci, L., Guralnik, J. M., Fragala, M. S., Kenny, A. M., Kiel, D. P., Kritchevsky, S. B., Shardell, M. D., Dam, T. T., & Vassileva, M. T. (2014). The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 69(5), 547–558. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu010>
- <sup>49</sup> Electron J, Nemerovsky. Diagnóstico y prevalencia de Sarcopenia. *Biomed*. 2015;2:29-41.
- <sup>50</sup> Panel on Prevention of Falls in Older Persons, American Geriatrics Society and British Geriatrics Society (2011). Summary of the Updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(1), 148–157. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2010.03234.x>
- <sup>51</sup> Hasten, D. L., Pak-Loduca, J., Obert, K. A., & Yarasheski, K. E. (2000). Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78-84 and 23-32 yr olds. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 278(4), E620–E626. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2000.278.4.E620>
- <sup>52</sup> Yarasheski, K. E., Zachwieja, J. J., & Bier, D. M. (1993). Acute effects of resistance exercise on muscle protein synthesis rate in young and elderly men and women. *The American journal of physiology*, 265(2 Pt 1), E210–E214. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1993.265.2.E21>
- <sup>53</sup> Hagerman, F. C., Walsh, S. J., Staron, R. S., Hikida, R. S., Gilders, R. M., Murray, T. F., Toma, K., & Ragg, K. E. (2000). Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55(7), B336–B346. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.7.b336>
- <sup>54</sup> Vikberg, S., Sörlén, N., Brandén, L., Johansson, J., Nordström, A., Hult, A., & Nordström, P. (2019). Effects of Resistance Training on Functional Strength and Muscle Mass in 70-Year-Old Individuals With Pre-sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2018.09.011>
- <sup>55</sup> Cadore, E. L., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferraresi, F., Idoate, F., Millor, N., Gómez, M., Rodriguez-Mañas, L., & Izquierdo, M. (2014). Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, 36(2), 773–785. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9586-z>
- <sup>56</sup> Piastra, G., Perasso, L., Lucarini, S., Monacelli, F., Bisio, A., Ferrando, V., Gallamini, M., Faelli, E., & Ruggeri, P. (2018). Effects of Two Types of 9-Month Adapted Physical Activity Program on Muscle Mass, Muscle Strength, and Balance in Moderate Sarcopenic Older Women. *BioMed Research International*, 2018

- <sup>57</sup> Vandewoude, M. F., Alish, C. J., Sauer, A. C., & Hegazi, R. A. (2012). Malnutrition-sarcopenia syndrome: is this the future of nutrition screening and assessment for older adults?. *Journal of aging research*, 2012, 651570. <https://doi.org/10.1155/2012/651570>
- <sup>58</sup> O'Connell ML, Coppinger T, McCarthy AL. The role of nutrition and physical activity in frailty: A review. *Clin Nutr ESPEN*. 1 de febrero de 2020;35:1-11. 105.
- <sup>59</sup> World Health Organization; Nutrition for Older People. [Internet] Available online: <http://www.who.int/nutrition/topics/ageing/en/>
- <sup>60</sup> Visvanathan, R., Newbury, J. W., & Chapman, I. (2004). Malnutrition in older people--screening and management strategies. *Australian family physician*, 33(10), 799–805.
- <sup>61</sup> Lord, C., Chaput, J. P., Aubertin-Leheudre, M., Labonté, M., & Dionne, I. J. (2007). Dietary animal protein intake: association with muscle mass index in older women. *The journal of nutrition, health & aging*, 11(5), 383–387.
- <sup>62</sup> Volpi, E., Campbell, W. W., Dwyer, J. T., Johnson, M. A., Jensen, G. L., Morley, J. E., & Wolfe, R. R. (2013). Is the optimal level of protein intake for older adults greater than the recommended dietary allowance?. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 68(6), 677–681. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls229>
- <sup>63</sup> Valenzuela, R. E., Ponce, J. A., Morales-Figueroa, G. G., Muro, K. A., Carreón, V. R., & Alemán-Mateo, H. (2013). Insufficient amounts and inadequate distribution of dietary protein intake in apparently healthy older adults in a developing country: implications for dietary strategies to prevent sarcopenia. *Clinical interventions in aging*, 8, 1143–1148. <https://doi.org/10.2147/CIA.S49810>
- <sup>64</sup> Calvani, R., Miccheli, A., Landi, F., Bossola, M., Cesari, M., Leeuwenburgh, C., Sieber, C. C., Bernabei, R., & Marzetti, E. (2013). Current nutritional recommendations and novel dietary strategies to manage sarcopenia. *The Journal of frailty & aging*, 2(1), 38–53.
- <sup>65</sup> Morley J. E. (2012). Undernutrition in older adults. *Family practice*, 29 Suppl 1, i89–i93. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmr054>
- <sup>66</sup> Roberts, S. B., Fuss, P., Heyman, M. B., Dallal, G. E., & Young, V. R. (1996). Effects of age on energy expenditure and substrate oxidation during experimental underfeeding in healthy men. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 51(2), B158–B166. <https://doi.org/10.1093/gerona/51a.2.b15>
- <sup>67</sup> Wilson, M. M., & Morley, J. E. (2003). Invited review: Aging and energy balance. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 95(4), 1728–1736. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00313.2003>
- <sup>68</sup> Centner, C., Zdzieblik, D., Roberts, L., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training with Protein Supplementation on Muscle Mass And Strength in Older Men. *Journal of sports science & medicine*, 18(3), 471–478.
- <sup>69</sup> Cramer, J. T., Cruz-Jentoft, A. J., Landi, F., Hickson, M., Zamboni, M., Pereira, S. L., Husted, D. S., & Mustad, V. A. (2016). Impacts of High-Protein Oral Nutritional Supplements Among Malnourished Men and Women with Sarcopenia: A Multicenter, Randomized,

Double-Blinded, Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(11), 1044–1055. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.08.009>

<sup>70</sup> Nabuco, H., Tomeleri, C. M., Sugihara Junior, P., Fernandes, R. R., Cavalcante, E. F., Antunes, M., Ribeiro, A. S., Teixeira, D. C., Silva, A. M., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2018). Effects of Whey Protein Supplementation Pre- or Post-Resistance Training on Muscle Mass, Muscular Strength, and Functional Capacity in Pre-Conditioned Older Women: A Randomized Clinical Trial. *Nutrients*, 10, 563. <https://doi.org/10.3390/nu10050563>

<sup>71</sup> Rolland YM, Perry HM, Patrick P, Banks WA, Morley JE. Loss of Appendicular Muscle Mass and Loss of Muscle Strength in Young Postmenopausal Women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1 de marzo de 2007;62(3):330-5.

<sup>72</sup> Cesari, M., Incalzi, R. A., Zamboni, V., & Pahor, M. (2011). Vitamin D hormone: a multitude of actions potentially influencing the physical function decline in older persons. *Geriatrics & gerontology international*, 11(2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2010.00668.x>

<sup>73</sup> Meehan, M., & Penckofer, S. (2014). The Role of Vitamin D in the Aging Adult. *Journal of aging and gerontology*, 2(2), 60–71. <https://doi.org/10.12974/2309-6128.2014.02.02.1>

<sup>74</sup> Marjolein Visser, Dorly J. H. Deeg, Paul Lips, Low Vitamin D and High Parathyroid Hormone Levels as Determinants of Loss of Muscle Strength and Muscle Mass (Sarcopenia): The Longitudinal Aging Study Amsterdam, *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Volume 88, Issue 12, 1 December 2003, Pages 5766–5772,

<sup>75</sup> Visser, M., Deeg, D. J., Puts, M. T., Seidell, J. C., & Lips, P. (2006). Low serum concentrations of 25-hydroxyvitamin D in older persons and the risk of nursing home admission. *The American journal of clinical nutrition*, 84(3), 616–672. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.3.616>

<sup>76</sup> Verlaan, S., Maier, A. B., Bauer, J. M., Bautmans, I., Brandt, K., Donini, L. M., Maggio, M., McMurdo, M., Mets, T., Seal, C., Wijers, S., Sieber, C., Boirie, Y., & Cederholm, T. (2018). Sufficient levels of 25-hydroxyvitamin D and protein intake required to increase muscle mass in sarcopenic older adults - The PROVIDE study. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 37(2), 551–557. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.01.005>

<sup>77</sup> Bauer, J. M., Verlaan, S., Bautmans, I., Brandt, K., Donini, L. M., Maggio, M., McMurdo, M. E., Mets, T., Seal, C., Wijers, S. L., Ceda, G. P., De Vito, G., Donders, G., Drey, M., Greig, C., Holmbäck, U., Narici, M., McPhee, J., Poggiogalle, E., Power, D., ... Cederholm, T. (2015). Effects of a vitamin D and leucine-enriched whey protein nutritional supplement on measures of sarcopenia in older adults, the PROVIDE study: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 16(9), 740–747. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.05.021>

<sup>78</sup> Stockton, K. A., Mengersen, K., Paratz, J. D., Kandiah, D., & Bennell, K. L. (2011). Effect of vitamin D supplementation on muscle strength: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 22(3), 859–871. <https://doi.org/10.1007/s00198-010-1407-y>

- <sup>79</sup> Holeček M. (2017). Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation and skeletal muscle in healthy and muscle-wasting conditions. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 8(4), 529–541. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12208>
- <sup>80</sup> Stout, J. R., Smith-Ryan, A. E., Fukuda, D. H., Kendall, K. L., Moon, J. R., Hoffman, J. R., Wilson, J. M., Oliver, J. S., & Mustad, V. A. (2013). Effect of calcium  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate (CaHMB) with and without resistance training in men and women 65+yrs: a randomized, double-blind pilot trial. *Experimental gerontology*, 48(11), 1303–1310. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2013.08.007>
- <sup>81</sup> Berton, L., Bano, G., Carraro, S., Veronese, N., Pizzato, S., Bolzetta, F., De Rui, M., Valmorbida, E., De Ronch, I., Perissinotto, E., Coin, A., Manzato, E., & Sergi, G. (2015). Effect of Oral Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate (HMB) Supplementation on Physical Performance in Healthy Old Women Over 65 Years: An Open Label Randomized Controlled Trial. *PLoS one*, 10(11), e0141757. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141757>
- <sup>82</sup> Hsieh, L. C., Chow, C. J., Chang, W. C., Liu, T. H., & Chang, C. K. (2010). Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on protein metabolism in bed-ridden elderly receiving tube feeding. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 19(2), 200–208.
- <sup>83</sup> Penninx, B. W., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Nicklas, B. J., Simonsick, E. M., Rubin, S., Nevitt, M., Visser, M., Harris, T., & Pahor, M. (2004). Inflammatory markers and incident mobility limitation in the elderly. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(7), 1105–1113. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52308.x>
- <sup>84</sup> Baylis, D., Ntani, G., Edwards, M.H. et al. Inflammation, Telomere Length, and Grip Strength: A 10-year Longitudinal Study. *Calcif Tissue Int* 95, 54–63 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9862-7>
- <sup>85</sup> Raphael, W., & Sordillo, L. (2013). Dietary Polyunsaturated Fatty Acids and Inflammation: The Role of Phospholipid Biosynthesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(10), 21167–21188. doi:10.3390/ijms141021167
- <sup>86</sup> Smith, G. I., Atherton, P., Reeds, D. N., Mohammed, B. S., Rankin, D., Rennie, M. J., & Mittendorfer, B. (2011). Dietary omega-3 fatty acid supplementation increases the rate of muscle protein synthesis in older adults: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 93(2), 402–412. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.005611>
- <sup>87</sup> Krzywińska-Siemaszko, R., Czepulis, N., Lewandowicz, M., Zasadzka, E., Suwalska, A., Witowski, J., & Wieczorowska-Tobis, K. (2015). The Effect of a 12-Week Omega-3 Supplementation on Body Composition, Muscle Strength and Physical Performance in Elderly Individuals with Decreased Muscle Mass. *International journal of environmental research and public health*, 12(9), 10558–10574. <https://doi.org/10.3390/ijerph120910558>

