

TRABAJO DE FIN DE GRADO.

INTERVENCIONES NUTRICIONALES Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA COMO PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA SARCOPENIA EN PERSONAS MAYORES DE 40 AÑOS.



AUTORA: SARA MATÉ ITURRIAGA

TUTORA: RAQUEL BLASCO REDONDO

GRADO EN NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA

(2019-2023)

FACULTAD DE MEDICINA

ÍNDICE

INTRORUCCIÓN	5
Definición sarcopenia	5
Actualidad y relevancia.....	5
Fragilidad	6
Diferencia entre sarcopenia senil y sarcopenia a temprana edad.....	6
Resistencia anabólica y alteración hormonal.	7
Declive muscular: masa y función	8
Intervenciones o prevención primaria y secundaria	9
Intervenciones en prevención primaria.	10
Intervenciones en prevención secundaria.....	10
Justificación y objetivo.	12
MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
DISCUSIÓN	14
CONCLUSIONES:.....	24
BIBLIOGRAFÍA	27

RESUMEN

Introducción: Se conoce como sarcopenia el desorden del músculo esquelético caracterizado por pérdida de masa, fuerza y función muscular. Esta patología es un problema importante a nivel de salud pública y por ello se trabaja en conocer estrategias de prevención primarias y secundarias con el fin de hacer frente a esta enfermedad.

Objetivos: El objetivo principal de esta revisión es evidenciar la efectividad de la combinación de entrenamiento de fuerza e intervención nutricional como abordaje para la sarcopenia. A su vez, como objetivos particulares presentamos poner en relevancia la relación entre sarcopenia y las comorbilidades asociadas a ella, poner en evidencia al entrenamiento de fuerza como principal herramienta en el tratamiento de la sarcopenia, así como la existencia de ayudas ergogénicas nutricionales eficaces para este mismo propósito, pero que requieren al entrenamiento de fuerza para poner de manifiesto su eficacia máxima. Por último, hay que destacar la necesidad de nuevas investigaciones para evidenciar la utilidad de diferentes estrategias con el fin de tratar la sarcopenia.

Material y métodos: La búsqueda se realizó a través de la base de datos PubMed y se obtuvo un total de 36 artículos de los que se excluyen 8 por no cumplir los criterios de inclusión. De los 28 restantes, 3 no presentan resultados y el restante no permite encontrar el texto completo por error de la página.

Discusión: Se ha observado que la combinación de entrenamiento de fuerza y diversas intervenciones nutricionales han mostrado un efecto beneficioso sobre la masa, fuerza y función muscular de la población mayor de 45 años, mejorando de forma secundaria la calidad de vida de las personas con sarcopenia y reduciendo el gasto asociado a sus cuidados. No obstante, se ha verificado que para que las ayudas ergogénicas induzcan mejoras sobre estos parámetros es indispensable que esté presente el entrenamiento de fuerza ya que como se ha visto sin él no se producen la gran mayoría de los cambios, por lo que es la herramienta más eficaz en el tratamiento de la sarcopenia.

Conclusión: Se debe esclarecer cuáles son las mejores estrategias a nivel de entrenamiento y nutrición para el tratamiento de la sarcopenia. La sarcopenia tiene una fuerte relación con otras comorbilidades asociadas a un estilo de vida sedentario. Respecto al tratamiento de esta patología el entrenamiento de fuerza ha demostrado ser la herramienta principal y de forma adicional encontramos que las ayudas ergogénicas pueden potenciar los beneficios del entrenamiento de fuerza obteniendo así un enfoque más completo. Por otra parte, es necesario continuar investigando en esta línea y fomentar la presencia de un profesional capacitado en materia de nutrición y prescripción de ejercicio en la Sanidad Pública.

PALABRAS CLAVE: sarcopenia, fragilidad, entrenamiento de fuerza, intervención nutricional, masa muscular, fuerza.

ABSTRACT

Introduction: Sarcopenia is a disorder of skeletal muscle characterised by loss of muscle mass, strength and function. This pathology is a major public health problem and therefore work is being done to understand primary and secondary prevention strategies in order to tackle this disease.

Objectives: The main objective of this review is to demonstrate the effectiveness of the combination of strength training and nutritional intervention as an approach to sarcopenia. At the same time, as particular objectives we present the relationship between sarcopenia and the comorbidities associated with it, to highlight strength training as the main tool in the treatment of sarcopenia, as well as the existence of effective nutritional ergogenic aids for the same purpose, but which require strength training to demonstrate their maximum effectiveness. Finally, further research is needed to demonstrate the usefulness of different strategies for treating sarcopenia.

Material and methods: The search was carried out using the PubMed database and a total of 36 articles were obtained, of which 8 were excluded as they did not meet the inclusion criteria. Of the remaining 28, 3 did not present results and the remaining one did not allow the full text to be found due to a page error.

Discussion: It has been observed that the combination of strength training and various nutritional interventions have shown a beneficial effect on muscle mass, strength and function in the population over 45 years of age, secondarily improving the quality of life of people with sarcopenia and reducing the costs associated with their care. However, it has been verified that for ergogenic aids to induce improvements in these parameters it is essential that strength training is present since, as we have seen, without it most of the changes do not occur, making it the most effective tool in the treatment of sarcopenia.

Conclusion: The best training and nutritional strategies for the treatment of sarcopenia need to be clarified. Sarcopenia has a strong relationship with other comorbidities associated with a sedentary lifestyle. Regarding the treatment of this pathology, strength training has been shown to be the main tool and additionally we found that ergogenic aids can enhance the benefits of strength training thus obtaining a more comprehensive approach. On the other hand, it is necessary to continue research in this line and to promote the presence of a professional trained in nutrition and exercise prescription in the public health system.

KEY WORDS: sarcopenia, frailty, strength training, nutritional intervention, muscle mass, strength.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Definición sarcopenia

Sarcopenia: Se conoce como sarcopenia al desorden producido en el músculo esquelético en el que se produce pérdida de masa, fuerza y función muscular de forma generalizada y progresiva. Tiene como origen los cambios en la estructura del músculo que se producen a lo largo de los años y se acumulan dando lugar a esta patología. Esto se traduce en un aumento de caídas, declive general a nivel funcional, fragilidad y mortalidad en los casos más graves (1,2)

Este proceso está muy ligado al envejecimiento de las personas y está influenciado por factores genéticos y por la clase de estilo de vida que haya llevado el individuo, sin embargo, se ha comprobado que también puede aparecer en etapas más tempranas de la vida (3).

La definición del término sarcopenia no siempre ha sido la misma, sino que ha ido evolucionando con el paso de los años a medida que ha ido creciendo el conocimiento científico sobre este tema.

La definición más ampliamente reconocida por las asociaciones científicas de todo el mundo es la ofrecida por el Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en la Tercera Edad (siglas en inglés EWGSOP)(1). Existen dos definiciones ofrecidas por el EWGSOP, la primera publicada en 2010 y la segunda en 2018 tras una segunda reunión de este grupo de científicos en la que se ofreció una actualización de la primera definición en base a los últimos descubrimientos científicos sobre la fisiopatología y el tratamiento de esta enfermedad, actualizando a su vez los criterios de diagnóstico. En este último (EWGSOP2), se presta especial atención a la existencia de múltiples posibilidades de prevenir, tratar e incluso revertir la sarcopenia mediante la implementación de intervenciones multidisciplinarias y tempranas.

1.2. Actualidad y relevancia

Actualmente este tema está tomando una gran relevancia como problema para la salud pública ya que la fragilidad y el empeoramiento de la calidad de vida derivadas de la presencia de sarcopenia están asociadas con un aumento del riesgo de caídas y un incremento en el gasto de recursos procedentes de la sanidad. Por ello, es de extrema importancia que aumente el conocimiento mediante el estudio de la sarcopenia ya que a través de una comprensión al detalle de los mecanismos implicados y el impacto que tienen las alteraciones producidas en el músculo, podremos desarrollar protocolos de diagnóstico temprano y eficaz, así como, intervenciones preventivas y tratamientos eficientes en el objetivo de revertir la condición o reducir al máximo el impacto en la calidad de vida y los riesgos asociados a la presencia de sarcopenia severa.

Los cuidados asociados a una persona que presenta sarcopenia son mayores comparación a una persona que no padece esta enfermedad. Esto se debe a que estas personas requieren intervenciones específicas como apoyo externo en la vivienda personal cuando el avance de la enfermedad afecta a la independencia del individuo. A su vez, estas personas tendrán un peor

pronóstico ante el desarrollo de otras enfermedades y el tiempo de hospitalización será más prolongado. Todos estos factores mencionados derivarán en un gasto de recursos socioeconómicos por encima de la media de gasto de un paciente que no padezca sarcopenia (4).

Desde el punto de vista del individuo, la presencia de esta patología dificulta la práctica de algunas actividades del día a día, el riesgo de caídas y fracturas es más elevado y además se asocia con enfermedad respiratoria, cardíaca y deterioro cognitivo. Todo esto provoca como consecuencia problemas de movilidad que empeoran la calidad de vida y terminan por comprometer la independencia de estas personas provocando la necesidad de recibir cuidados en el día a día (2).

Resumiendo todo esto, la presencia de sarcopenia provocará en las personas que la padecen la aparición de fragilidad y un aumento de la vulnerabilidad que comprometerá su calidad de vida e incluso en los casos más graves podrá causar la muerte.

1.3. Fragilidad

Es importante definir el término fragilidad ya que será recurrente a lo largo de este trabajo y se mencionará repetidamente.

Entendemos como fragilidad la condición médica causada por múltiples causas e influida por diversos factores, que se caracteriza por niveles disminuidos de resistencia, fuerza y función fisiológica que aumentan la vulnerabilidad y provocan que el individuo desarrolle dependencia y en el peor escenario puede desencadenar la muerte (5) La fragilidad está relacionada con la edad, las comorbilidades y con otros factores como el estilo de vida (tabaquismo, sedentarismo, etc), genéticos, socioeconómicos (nivel de educación, poder económico, etc) y sexo femenino

1.4. Diferencia entre sarcopenia senil y sarcopenia a temprana edad.

Recientemente se ha comprobado que la sarcopenia no es una enfermedad exclusiva de la tercera edad, sino que esta puede aparecer en personas de mediana edad que reúnan las características de diagnóstico de la sarcopenia. Ejemplos de esto son pacientes oncológicos que presenten desnutrición e ínfimos niveles de actividad física en los que se produce un deterioro progresivo dando lugar a sarcopenia.

Otro grupo son aquellas personas que presentan obesidad y que presentan pérdida de masa muscular, elevada adiposidad e inexistente o muy escasa actividad física.

A la mencionada en último término se la denomina hoy en día como sarcobesidad.

La sarcobesidad se diferencia de la sarcopenia senil porque no aparece como consecuencia del envejecimiento sino más bien por el desuso que experimenta el músculo esquelético acompañado de un cambio en su estructura y un

aumento de la presencia de grasa intramuscular debida a los elevados niveles de adiposidad (3)

La pérdida de masa y fuerza muscular en personas con obesidad tiene una patogénesis multifactorial en la que se podemos distinguir factores como el sedentarismo y los hábitos dietéticos poco saludables, la resistencia a la insulina, la inflamación sistémica de bajo grado y el elevado estrés oxidativo.

Sin embargo, la sarcopenia senil resulta como consecuencia de los cambios que se producen con el paso de los años. A medida que avanza la edad la composición corporal de las personas está sujeta a variaciones. Al aumentar la edad se ha observado un aumento en el componente graso al mismo tiempo que una disminución en la masa libre de grasa.

Estos cambios presentan una etiología multifactorial. Entre sus causas se hallan la disminución del recambio proteico a nivel muscular, por alteraciones neuromusculares, por el descenso de los niveles de hormonas anabólicas conjuntamente a la aparición de una menor respuesta a ellas y por la aparición de un estado inflamatorio de bajo grado.

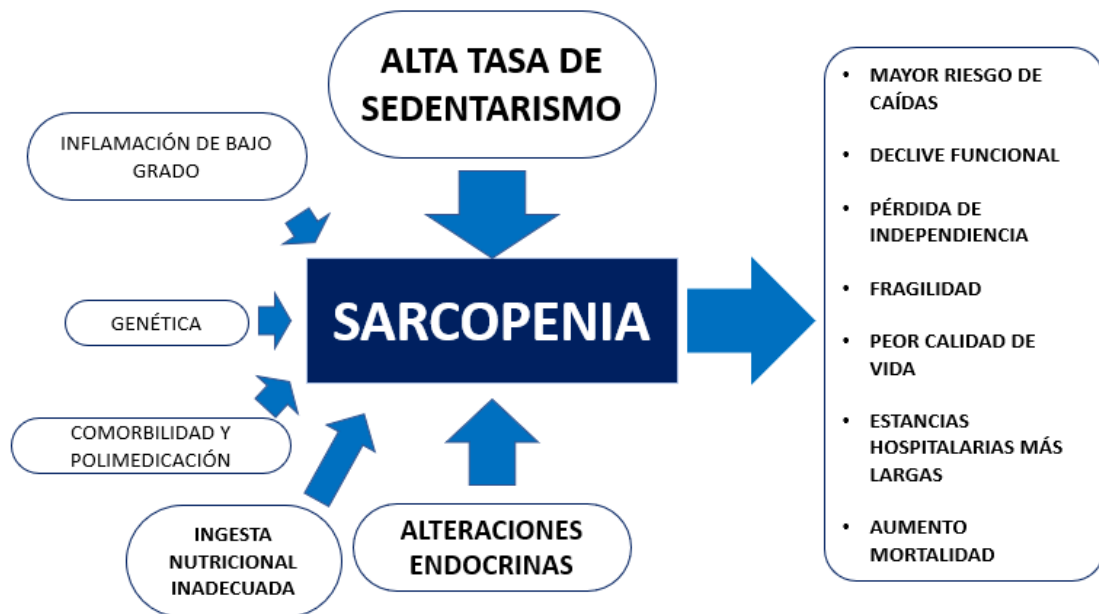


Ilustración 1. Etiología multifactorial de la sarcopenia y comorbilidades asociadas. Adaptado de la definición de la EWSGOP (1).

1.5. Resistencia anabólica y alteración hormonal.

Cuando hablamos de tejido muscular nos referimos a un tipo de tejido dinámico compuesto por distintos tipos de fibras musculares. Este tejido experimenta un reemplazo casi total cada 7-15 días. Por lo que respecta al mantenimiento de la masa muscular y con el aumento de esta con el fin de evitar la sarcopenia, prestaremos especial atención al mecanismo de la hipertrofia muscular. Cabe destacar que las fibras tipo II son las más sensibles a este mecanismo y en concreto el subtipo IIx (6).

Las condiciones óptimas para que se lleve a cabo dicho mecanismo son: la disminución de la degradación y el aumento de la síntesis proteica.

El entrenamiento de fuerza enfocado a la ganancia de masa magra está asociado a una serie de cambios a nivel muscular como aquellos que se producen en la concentración de calcio sarcoplasmático, demanda de energía, concentración de oxígeno intramuscular, tensión pasiva muscular, tensión inducida por contracción, citocinas, factores de crecimiento, temperatura y daño celular y presencia hormonal.

Respecto a la presencia hormonal las principales determinantes en el mecanismo de la hipertrofia muscular son la Grow Hormon (GH) y la testosterona. El papel de la GH es estimular la producción del factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF1), este estimula la vía de la mTOR que desencadena la síntesis proteica. A su vez, la testosterona tiene un papel mucho más directo, estimulando de forma directa la síntesis de proteínas a nivel nuclear (7). Sin embargo, no podemos olvidar mencionar que para que el mecanismo hipertrófico sea efectivo debe existir un entorno anticatabólico donde juega un papel importante otra hormona, el cortisol, esta debe encontrarse en unos niveles adecuados o por el contrario declinará la balanza hacia una elevada degradación de proteínas y por ende unas tasas de hipertrofia que se verán afectadas.

Se ha observado que los niveles séricos de testosterona libres disminuyen con el envejecimiento esto se debe a las alteraciones producidas en el eje hipotalámico-pituitario-gonadal, como consecuencia los testículos disminuyen su respuesta a las gonadotropinas y la producción de testosterona se ve afectada de forma negativa. Además, la secreción de GH disminuye tanto en hombres como en mujeres con el paso de los años esto se debe a que los niveles de IGF-1 circulantes son menores en personas mayores que en personas jóvenes (7,8).. Tanto la reducción en la producción de estas hormonas como la mayor dificultad de estas y otras para ejercer su acción sobre los tejidos diana conllevan a la disminución de masa libre de grasa y al aumento del componente graso en el organismo.

Respecto a la mencionada resistencia anabólica se hace necesario profundizar más en este concepto ya que en el radican muchos de los cambios producidos a nivel muscular y que participan en la pérdida de masa y función muscular y como consecuencia la sarcopenia.

Así pues, la resistencia anabólica se define como la respuesta reducida de la síntesis de proteínas musculares a partir de la proteína dietética (9) Esta resistencia anabólica está relacionada con las alteraciones en la digestión de las proteínas y absorción de los aminoácidos, en la captación de los aminoácidos en el músculo y en las limitaciones en la perfusión postprandial del tejido muscular. El resultado de todo esto supone una menor disponibilidad de aminoácidos de la dieta y por tanto una mayor dificultad en la síntesis de proteínas musculares.

1.6. Declive muscular: masa y función

La masa y fuerza muscular tienen sus valores máximos en la edad joven adulta, posteriormente existe un periodo meseta y después de este se comienza a producir un descenso gradual que va aumentando con los años.

La disminución de masa muscular relacionada con la edad depende principalmente de las fibras de contracción rápida de tipo II ST IIX (10). La pérdida media anual de la masa muscular a lo largo de la vida es del 0,37% en las mujeres y del 0,45% en los hombres. No hay un consenso sobre la edad a la que comienza el declive. Sin embargo, sabemos que la disminución anual media aumenta a medida que aumentan las décadas y después de los 70 años, la disminución anual media es del 0,70% en las mujeres y del 0,90% en los hombres.

La pérdida de masa muscular relacionada con la edad se debe a una disminución gradual de la síntesis de proteínas musculares que combinada con un deterioro del control de la proteólisis llevan a un balance nitrogenado negativo. A su vez, la pérdida de fuerza (dinapenia) se produce a un ritmo entre 2 y 5 veces más rápido que la pérdida de masa muscular.

Cabe destacar que a pesar de que la disminución muscular media es menor en mujeres que en hombres, la sarcopenia afecta en mayor grado a mujeres, aunque la resistencia anabólica sea superior en varones. Esto se debe a que por lo general las mujeres presentan una tasa de sedentarismo superior debido a que pasan mayor número de horas sin movimiento y, además, realizan menor actividad física basal. Como consecuencia preservan menor cantidad de masa muscular y función en esta, lo que deriva en una mayor prevalencia de la sarcopenia en mujeres.

La prevalencia de la sarcopenia oscila entre el 10% y el 27% según los criterios diagnósticos utilizados y los puntos de corte empleados y además aumenta con la edad, este rango es muy amplio debido a la falta de consenso en los criterios diagnósticos y a la falta de detección que tiene lugar muchas veces en pacientes que poseen síntomas de sarcopenia, pero que son poco específicos y da lugar a infradiagnóstico de esta enfermedad (11).

Utilizando los criterios y puntos de corte definidos por el Grupo de trabajo europeo sobre sarcopenia en personas mayores (EWGSOP), la prevalencia es del 7,1 % cuando se tiene en cuenta tanto la pérdida de masa muscular como de la función muscular y del 11 % cuando solo se toma en cuenta la pérdida de masa muscular.

1.7. Intervenciones o prevención primaria y secundaria

Dentro de las intervenciones que se pueden llevar a cabo, nos centramos en dos grandes grupos y las clasificamos en: intervenciones primarias e intervenciones secundarias.

Las primeras poseen objetivos preventivos, es decir, en ellas buscamos actuar antes de que se produzca la aparición, implementando diferentes estrategias tanto a nivel de estilo de vida (actividad física) como a nivel dietético y nutricional. Sin embargo, las secundarias tienen diferentes objetivos, ya que se implementan cuando ya se ha producido la aparición de la sarcopenia. En estas la intervención pasa a ser abordada desde diferentes perspectivas que incluyen el abordaje farmacológico (especialmente administración de testosterona y GH (12)) respecto al cual no ahondaremos en sus mecanismos de acción pero que tendremos en cuenta a la hora de planificar las intervenciones sanitarias correspondientes; el dietético y nutricional con enfoque terapéutico, siendo el

principal de todos la prescripción de actividad física de fuerza como tratamiento más efectivo en la recuperación de una adecuada cantidad de masa y fuerza muscular que nos permita revertir el estado de fragilidad y vulnerabilidad asociado a la sarcopenia.

1.7.1. Intervenciones en prevención primaria.

A continuación, se describen las características de las intervenciones primarias:

- Desde el plano nutricional y dietético: se debe llevar a cabo una educación nutricional en buenos hábitos alimenticios y se promoverá la práctica de una dieta sana, variada y equilibrada, que incluya todos los grupos de alimentos y en la que prime el consumo de alimentos poco procesados y materias primas sobre aquellos muy procesados (>5 ingredientes) y aquellos de ínfima calidad nutricional de los ingredientes. Ha de hacerse un gran énfasis en la importancia del consumo de cantidades mínimas de proteínas por su importancia a nivel estructural y regulador.
- Estilo de vida: es un plano de gran importancia que complementa el abordaje dietético. En este se debe promover la instauración de un estilo de vida activo, en el que se evite el sedentarismo y donde se realice la práctica de actividad física varias veces a la semana.

Dentro de la actividad física diferenciaremos dos clases: aquella ocupacional o basal, es decir, la derivada de las actividades cotidianas del individuo (trabajo, formativa, etc) y aquella que se realiza en el tiempo libre del individuo como parte de sus actividades de ocio (gimnasio, salir a correr, jugar un partido de fútbol con amigos, etc)(13). Dentro de esta última, señalamos la importancia del entrenamiento de fuerza (todo aquel que suponga vencer una resistencia) como método primario de prevención de la aparición de patologías como sarcopenia y otras como ECV, así como concienciar de la gran relevancia que tiene la masa muscular y en especial la calidad de esta en la calidad de vida y en el riesgo de padecer ciertas enfermedades. Dentro del entrenamiento de fuerza se ha visto que el trabajo excéntrico es muy eficiente para proporcionar un estímulo adecuado a la masa muscular y preservarla evitando así el declive de esta a pesar de ser mucho más lesivo que el trabajo concéntrico.

1.7.2. Intervenciones en prevención secundaria.

Nos referimos a aquellas puestas en práctica en el momento en el que la patología ya ha sido diagnosticada, es decir, su objetivo radica en prevenir el avance de la patología impidiendo que se agrave y se trata de revertir la pérdida de masa y fuerza muscular.

- Desde el punto de vista nutricional la actuación consiste en la prescripción de dietas hiperproteicas que nos sirven para asegurarnos que se proporciona la cantidad adecuada de

proteínas en estos pacientes cuyos requerimientos se han visto aumentados (son aquellas en las que la cantidad de proteína supera las cantidades diarias recomendadas $>0,8-1\text{g/kg día}$), estas solo se pautan si no existe ningún tipo de daño renal.

Actuando en sinergia con la dieta se utilizarán también suplementos nutricionales en caso de ser necesario, los más utilizados serán: el Beta- Hidroxy Beta-Metilbutirato (HMB), un metabolito procedente de la leucina, este tiene como función aumentar el tamaño y la función muscular. El HMB es muy usado en pacientes con estados hipercatabólicos y grandes sedentarios con el objetivo de preservar al máximo la masa magra de estos (14).; la proteína de suero de leche (Whey Protein), empleada con el fin de cubrir los altos requerimientos proteicos de estas personas cuando alcanzarlos sea complicado a través de la dieta y con el fin de inducir un aumento en la síntesis de proteínas musculares de novo (15); creatina monohidrato, efectiva y con un alto nivel de evidencia que respalda su uso, permite aumentar los niveles de fuerza durante el ejercicio y por tanto mejorar el estímulo que recibe el músculo; por último vitamina D, necesaria en unos niveles suficientes para asegurar la salud ósea y muscular y en casos de suplementación con HMB para asegurar que este sea efectivo, ya que en personas con niveles insuficientes de vitamina D3 se ha comprobado que no aparecen los efectos positivos del HMB (14).

Es importante que la dieta prescrita tenga capacidad antiinflamatoria y antioxidante con el fin de conseguir un entorno óptimo para la preservación de la masa muscular y evitar que se activen los mecanismos catabólicos relacionados con la inflamación y el estrés oxidativo. Para conseguirlo la dieta debe incluir gran cantidad de frutas, verduras y hortalizas de distintos tipos que nos aseguren un aporte adecuado y equilibrado de todas las vitaminas y minerales. A su vez es importante el aporte de alimentos ricos en omega 3, como los pescados grasos y las nueces, en cantidades suficientes para asegurar que los niveles de omega 3 sean suficientes y pueda ejercer su acción antiinflamatoria (16). Por último, no podemos olvidar suministrar otros ácidos grasos esenciales en adecuadas proporciones a través de fuentes grasas como el aceite de oliva virgen extra (AOVE) y el aguacate.

Sin embargo, todo esto no será suficiente sin el empleo conjunto de un plan de actividad física supervisado en el que prime el ejercicio de fuerza frente al cardiovascular. Se ha estudiado el efecto del ejercicio de fuerza y se ha visto que afecta de forma positiva a la masa, fuerza y función muscular, tanto empleado de forma aislada como combinado con ejercicio aeróbico. Este ejercicio de fuerza debe ser siempre adaptado a las características de cada individuo y a su nivel de actividad, por lo que debe ser supervisado por un profesional de la actividad física. Por tanto, consistirá en un abordaje conjunto en el que colaboren el dietista-nutricionista y el entrenador para asegurar el mayor porcentaje de éxito de la intervención.

1.8. Justificación y objetivo.

Debido a la creciente relevancia de este tema por su gran impacto tanto a nivel humano en la calidad de vida como a nivel económico por su elevado coste para el sistema sanitario y por la tendencia al aumento de personas que padecen esta patología o que la padecerán en un futuro es necesario diseñar estrategias preventivas primarias y secundarias como las que se van a exponer en este trabajo.

El objetivo principal de esta revisión es evidenciar el efecto positivo de las estrategias preventivas basadas en el entrenamiento de fuerza y en las pautas nutricionales específicas para el abordaje de la sarcopenia.

A su vez los objetivos particulares de este trabajo son:

1. Poner en relevancia la relación que existe entre sarcopenia como enfermedad y las comorbilidades asociadas a ella.
2. Poner de manifiesto a través de los estudios publicados que el entrenamiento de fuerza es la principal y más eficaz herramienta para implementar en las estrategias de prevención de la sarcopenia tanto primarias como secundarias.
3. Hacer constar la existencia de ayudas ergogénicas nutricionales eficaces en la prevención y el tratamiento de la sarcopenia.
4. Poner en valor la existencia de otras estrategias para la prevención primaria y secundaria de la sarcopenia, pero indefectiblemente requieren el entrenamiento de fuerza para ser eficaces.
5. Llamar la atención sobre la escasa, pero, sin embargo, creciente bibliografía a propósito del tema y la necesidad de nuevos estudios científicos sobre las intervenciones para tratar la sarcopenia.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Con el fin de elaborar este trabajo se ha desarrollado una estrategia de búsqueda estructurada a través de diversas bases de datos. Aquellas bases consultadas para obtener la información empleada en la elaboración de este trabajo han sido: Google Academic y PubMed.

Respectivamente las palabras empleadas como búsqueda han sido “sarcopenia”, “anabolic resistance”, “EWGSOP”, “resistance training”, “nutritional intervention”, “HMB”, “hipertrophy” e “inflammation”.

Como descriptores booleanos se han empleado “AND” en la búsqueda de información en PubMed con “resistance training AND nutritional intervention AND sarcopenia”.

Respecto a los criterios de búsqueda han sido definidos los siguientes puntos.

- Artículos publicados en los últimos cinco años
- Ensayos clínicos aleatorizados
- Edad de la población de estudio superior de 45 años

Con estas búsquedas se obtuvieron un total de 36 artículos de los cuales se excluyeron un total de 8 artículos. Algunos de los cuales fueron excluidos porque los participantes padecían otras enfermedades que podían interferir con el estudio de la relación entre entrenamiento de fuerza y sarcopenia, como por ejemplo las enfermedades inflamatorias crónicas y estar en tratamiento con medicamentos que afectan el metabolismo de las proteínas (por ejemplo, corticosteroides) y otros porque eran sólo el protocolo para la puesta en marcha de un futuro estudio o porque el estudio aún seguía en curso y no se disponía de los resultados.

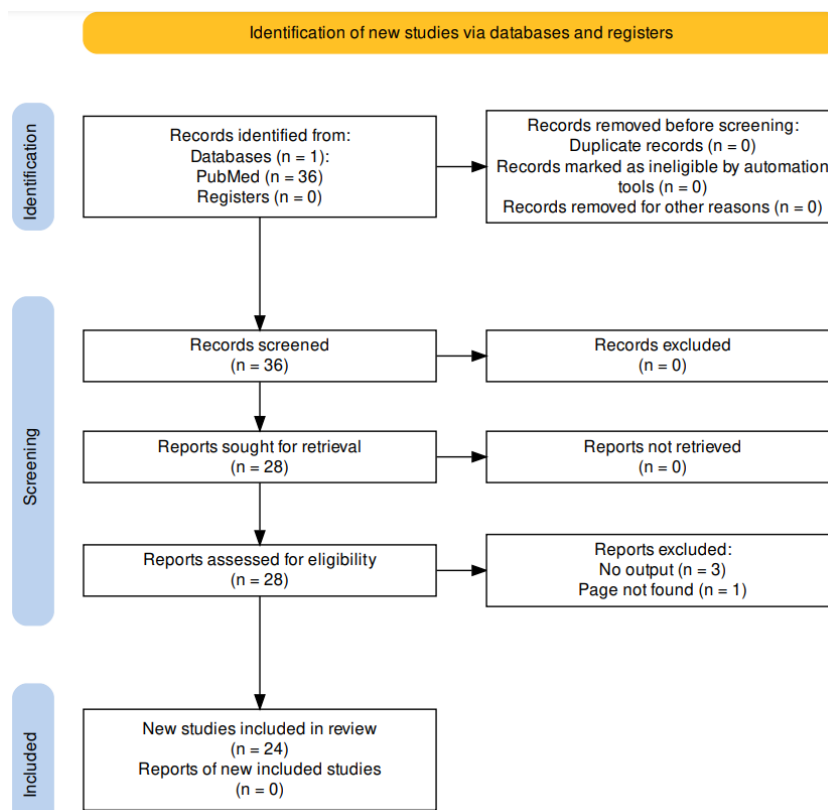


Ilustración 2. Diagrama de flujo PRISMA

3. DISCUSIÓN

Tabla de contenidos (Anexo I): recopilación de todos los estudios revisados y elegibles para el desarrollo de este trabajo.

De conformidad con las premisas de las que partimos encontramos que como parte de las intervenciones primarias y secundarias es indispensable prestar atención al estilo de vida del sujeto que se encuentra en riesgo de padecer o que padece sarcopenia. En especial a la práctica de entrenamiento de fuerza y al correcto enfoque de la nutrición, teniendo como objetivo aportar la cantidad adecuada de proteínas en la dieta y optimizar las mejoras que nos ofrecen los suplementos nutricionales.

Como consecuencia de la conocida resistencia anabólica las personas mayores requieren una cantidad de proteínas más elevada en comparación al resto de la población. Por ello, a nivel de composición corporal es preferible una dieta con cantidades por encima de las recomendaciones de proteínas, debido a que la proteína dietética participa en la síntesis proteica de novo. Tras la aplicación de una dieta hipocalórica rica en proteínas combinada con un programa de entrenamiento de fuerza en mujeres mayores obesas o con sobrepeso se demostró que se produjeron mayores mejoras en la composición corporal con reducciones mayores en el porcentaje de masa grasa, el peso y la masa grasa total, sin verse afectada la masa libre de grasa o el gasto energético en reposo en comparación con aquellos que solo entrenaron o que tuvieron una dieta hipocalórica rica en hidratos de carbono (17).

Los suplementos de proteínas en forma de proteína de suero de leche mejoran los efectos conseguidos a través del entrenamiento. Esto lo ponen de manifiesto un conjunto de artículos que evaluó los efectos de la suplementación de proteína de suero después de un programa de RET de diversa duración sobre los efectos del propio entrenamiento de fuerza por sí solo.

En (18) exhibieron mayores ganancias de masa magra, fuerza máxima y función muscular aquellos que tomaron el suplemento y entrenaron fuerza en comparación a aquellos que recibieron placebo y entrenaron fuerza. No podemos aislar que estas mejoras hayan sido producidas por la suplementación con proteína de suero de leche ya que el suplemento poseía otros 4 ingredientes (creatina, vitamina D, omega 3 y caseína micelar), sería conveniente haber realizado un estudio más grande en el que cada suplemento se comparase de forma individual a las mejoras obtenidas solo por el entrenamiento de fuerza y la ingesta del placebo.

Sin embargo, en (19) se encontró que el momento de ingestión de la suplementación con proteínas de suero de leche no era relevante a la hora de potenciar los efectos del entrenamiento por sí solo en lo que respecta composición corporal y la funcionalidad muscular. Por ello, podemos atribuir a una dieta más alta en proteínas la mayor tasa de mejora en los grupos suplementados con proteína de suero de leche en comparación con aquellos que tomaron placebo y que tomaron una dieta más rica en carbohidratos debido a que la composición del placebo.

La dosis de proteína dietética necesaria para estimular la síntesis proteica miofibrilar es un tema controvertido y que ha sido objeto de estudio en múltiples investigaciones. Por ello en (20) estudiaron, a través de la ingestión de diferentes dosis de proteína de suero (0g, 15g, 30, 45g), cuáles eran las cantidades que más estimulaban la síntesis proteica miofibrilar en el periodo de recuperación después de un entrenamiento de fuerza. Vieron que las tasas de síntesis de proteína miofibrilar después del ejercicio no se vieron

aumentadas con la ingestión de 15g, sin embargo, tanto 30g como 45g fueron suficientes para aumentar dichas tasas. A su vez, los 45g disminuyeron las tasas de degradación de proteínas de todo el cuerpo y que resultó en una concentración mayor de leucina en plasma en comparación con el resto de los grupos. Esto sugiere que dosis elevadas (45g) de proteína de suero son mejores que dosis bajas, principalmente teniendo en cuenta el contexto de resistencia anabólica que encontramos en estos sujetos mayores y quizá el motivo por el que no responden a dosis bajas como la de 15g o simplemente puede que fuesen insuficientes para sobrepasar el umbral que es capaz de estimular la síntesis proteica miofibrilar, se deben llevar a cabo más estudios para teniendo en cuenta dicha situación y dilucidar cuanto sea posible la dosis mínima capaz de estimular la tasa de síntesis de proteínas miofibrilares.

Las personas con osteoartritis de rodilla se encuentran en grave riesgo de padecer sarcopenia y resultar frágiles ya que su condición les limita en el desarrollo de una vida normal y les impide llevar a cabo algunas actividades cotidianas, por lo que en (21) quisieron estudiar los efectos de combinar una suplementación con proteína con RET. Se evidenciaron mayores mejoras en la masa muscular en el grupo suplementado con respecto al que solo entrenó. Además, los suplementados mejoraron en mayor medida la velocidad de la marcha y tuvieron una mayor cantidad de actividad física después de la intervención. Por otro lado, se detectó que los participantes del grupo suplementado experimentaron una mayor mitigación del dolor que los del grupo control. En adición, después de la intervención el número de personas que sin sarcopenia fue mayor en el grupo suplementado que en el grupo control. Todo esto sugiere que para estos pacientes esta combinación de RET y suplementación de WP es efectiva para mejorar su calidad de vida y prevenir la aparición de sarcopenia a través de las mejoras en la capacidad funcional, la disminución de la percepción de dolor y una mejora en la masa muscular.

Al igual que todos estos estudios en (22) trataron de dilucidar si el RET en combinación con un suplemento rico en proteínas o sin suplemento influiría en el grosor muscular de adultos ancianos institucionalizados. Al finalizar este tiempo ninguno de los grupos experimentó mejoras en el grosor muscular, a excepción de las personas con un grosor muscular basal más bajo, en terapia con un mayor número de medicamentos o con un número más elevado de enfermedades, que sí que experimentaron aumentos significativos. Es difícil estudiar efectos de esta índole en ancianos institucionalizados que por lo general tienen tasas de actividad física muy baja y se encuentran en un entorno poco proclive para estimular el anabolismo y activar los mecanismos hipertróficos. Además, los resultados de este estudio pueden haber diferido de lo esperado ya que la tasa de abandono fue elevada y la muestra de estudio fue pequeña.

La inflamación de bajo grado que se presenta en condiciones como la obesidad o que aumenta a medida que avanza el paso de los años y se instaura con el envejecimiento crean un entorno favorable para que se inhiba o reduzca la síntesis proteica y aumente la degradación, creando así un riesgo para el desarrollo de sarcopenia.

Por ello en (23) se examinó cómo RET en combinación con suplementos de WP influían en los niveles de proteínas proinflamatorias y hormonas metabólicas en personas mayores con y sin sarcopenia. Se observó que disminuyeron los niveles de citocinas proinflamatorias (TWEAK, TNF-alfa e IL-18) en ambos grupos y casi se restauraron los niveles normales en el grupo de sujetos sarcopénicos, aumentando, además, los niveles de las hormonas adiponectina e insulina. Aumentó además ligeramente la IGF1. No

obstante, no sabemos si estos efectos son debidos al programa de entrenamiento de fuerza o a la suplementación con proteína de suero. A pesar de ello, podemos observar que esta combinación ayuda a reducir los niveles de factores circulantes relacionados con la inflamación y por ende a mejorar el estado inflamatorio previniendo el avance o aparición de la sarcopenia.

La leucina es un aminoácido esencial que tiene capacidad para estimular la síntesis proteica miofibrilar de forma directa, a través de la activación de la vía de detección de aminoácidos objetivo de mamíferos del complejo rapamicina 1 (mTOR). Por ello la suplementación con leucina es una intervención que podría mejorar simultáneamente la fragilidad, la sarcopenia y la resistencia a la insulina.

En un conjunto de estudios en los que se ha combinado la suplementación con proteína enriquecida en leucina junto con un programa de entrenamiento de fuerza en personas mayores se han encontrado resultados contrapuestos de los cuales podemos sacar la conclusión de que la leucina produce pequeñas mejoras en comparación al entrenamiento de fuerza por sí solo, pero como la mayoría de mejoras corresponden entrenamiento de fuerza se eclipsan las ligeras mejoras que sí que serían atribuibles a la leucina.

Así, en (24) observaron que la funcionalidad muscular aumentó tanto en aquellos que tomaron leucina como en los que no, pero que esta mejora fue mayor en el grupo que tomó leucina. De igual forma sucedió con la fuerza y la masa musculares fue superior en el grupo suplementado con leucina que en el grupo que ingirió placebo. Ambos grupos aumentaron su ingesta de proteínas y energía por lo que las mejoras con respecto al grupo que solo hizo entrenamiento de fuerza y no tomó el suplemento pueden ser atribuidas a la leucina.

Sin embargo, (25) observó mejoras en casi todas las pruebas de función física y en los marcadores de composición corporal, así como en el estado nutricional, pero sin diferencias entre el grupo que tomó leucina y el grupo que tomó placebo. Esto puede deberse a que los participantes de este estudio eran ancianos poshospitalizados. Estos pacientes se encuentran en estados hipercatabólicos y de reposo absoluto, además, del estrés al que ha sido sometido el organismo elevando los niveles de cortisol e inhibiendo la síntesis de proteínas afectando así a los posibles efectos que pudiera tener sobre estos la leucina y aumentando la degradación, construyendo así un entorno nada favorable para el desarrollo de mejoras musculares.

En conformidad con el anterior estudio fue en (26) donde encontraron mejoras en la fuerza, la función física, la masa muscular y la función cognitiva, pero sin diferencias con entre grupos. Solo en el análisis post hoc se verificó una mejora tanto en la fuerza como en el deterioro cognitivo en favor del grupo que se suplementó con leucina. Sin embargo, estos resultados poco favorables pudieron verse influidos por la presencia de diabetes mellitus tipo 2 en los participantes del ensayo. Principalmente, la diabetes viene acompañada de una mayor tendencia al estrés oxidativo que a su vez aumenta el estado inflamatorio y provoca un entorno desfavorable para el aumento de la masa muscular. Otra opción por la que estos estudios no tuvieron los resultados esperados puede ser que la dosis de leucina estuviese por debajo del umbral necesario para provocar efectos adicionales.

Otra de las propiedades atribuidas a la leucina es la de mejorar la resistencia a la insulina y así lo han examinado (27). Observaron que el RET combinado con un suplemento de

leucina no fue capaz de mejorar la resistencia a la insulina ni la composición corporal. Los resultados pudieron verse afectados por la cantidad de leucina que se consumió, que quizá podría ser insuficiente para que se puedan verificar mejoras.

Los efectos del HMB sobre la masa muscular han sido objeto de estudio en múltiples ocasiones y en distintas poblaciones. Respecto a lo que este trabajo concierne prestamos atención a sus efectos sobre la preservación de la masa muscular en adultos mayores en estados hipercatabólicos y a su poder para mejorar los efectos del entrenamiento de fuerza en estas personas. Conforme a esto han sido revisados un conjunto de artículos en los que los participantes se sometían a una intervención de varias semanas de duración en las que seguían un programa de entrenamiento de fuerza y tomaban un suplemento de HMB para estudiar los efectos de este sobre los beneficios del entrenamiento de fuerza.

En (28) se observó como un suplemento que combinaba HMB y vitamina D3 mejoró el tejido adiposo intramuscular (IMAT) y el volumen del muslo tanto en personas sedentarias como en personas que realizaban entrenamiento de fuerza. Sin embargo, en aquellos que realizaban entrenamiento de fuerza hubo mejoras en la fuerza, pero sin diferencia entre aquellos que tomaron HMB+D3 o placebo. También se observó un aumento de la masa magra total pero no hubo diferencias entre HMB+D frente a placebo y además, hubo un aumento en el índice sarcopénico de nuevo sin diferencias entre grupos. Estas mejoras sin diferencias entre grupos podemos atribuir las a los efectos positivos producidos puramente gracias al entrenamiento de fuerza. Los resultados pudieron verse influidos por el hecho de que gran parte de los participantes comenzaron el estudio con niveles inferiores a los adecuados de vitamina D3 y no todos alcanzaron los niveles suficientes de vitamina D3 al terminar el estudio por lo que los posibles efectos beneficiosos del HMB pudieron verse afectados.

Otro estudio que examinó estos posibles beneficios del HMB (29), en el que no se observaron interacciones del HMB y el ejercicio en ningún parámetro de masa, función y fuerza muscular, así como en los parámetros de composición corporal, capacidad funcional y rendimiento físico. Por el contrario, sí que se observó una ligera mejora atribuida a la suplementación con HMB para la velocidad de la marcha, pero esta fue clínicamente insignificante, por lo que no se puede considerar una mejora relevante a la hora de calificar la suplementación con HMB como interesante para mejorar la sarcopenia. Posiblemente si la intervención se hubiese llevado a cabo durante un periodo más largo podrían haberse evidenciado más cambios ya que se empleó un periodo relativamente corto en lo que a nutrición y entrenamiento respecta, donde los cambios que se producen tardan mucho tiempo en aparecer y en periodos de tiempo corto estos cambios pueden comenzar a aparecer, pero ser poco relevantes.

En (30) se examinaron los efectos en la expresión de diversos genes de las células T, relacionados con la inflamación y se encontraron mejoras en varios genes relacionado con la inflamación que se expresan en las células T asociadas al entrenamiento de fuerza combinado con la suplementación nutricional compuesta de vitamina D, Omega 3 y HMB y además mejoraron el rendimiento muscular. Esto nos muestra que combinar estos suplementos con el entrenamiento de fuerza tiene efectos beneficiosos para la condición de sarcopenia.

Sin embargo, (31), solo se encontraron mejoras producidas por el HMB en la masa magra de la pierna entrenada en comparación con aquellos que entrenaron y no tomaron HMB. En el resto de los parámetros medidos, que incluyen fuerza muscular, medidas de contracción máxima, medidas de arquitectura muscular y expresión de

ARNm de cMyc, hubo mejoras, pero sin diferencias entre los que realizaron RET y no tomaron HMB. Esto quiere decir que el HMB no produjo mejoras adicionales al RET. Quizá puede deberse a un periodo de intervención muy corto, ya que los cambios producidos por un cambio a nivel nutricional tardan en hacerse visibles y con seis semanas es difícil encontrar cambios tanto a nivel de estructura muscular y de fuerza como de expresión de genes.

Otra intervención a nivel nutricional que se ha propuesto emplear para luchar contra la sarcopenia es usar suplementos de aceite de pescado que contengan Omega 3, precursor de los ácidos poliinsaturados EPA y DHA que poseen una potente acción antiinflamatoria. Estas intervenciones se plantean con la intención de reducir el estado inflamatorio que caracteriza la patogénesis de la sarcopenia y que se hace cada vez mayor con el envejecimiento. En aquellas cuyo objetivo es examinar los efectos de estos suplementos sobre los parámetros de fuerza, masa y funcionalidad muscular se llevan a cabo intervenciones conjuntas de programas de entrenamiento de fuerza progresivo con suplementos de Omega 3.

Así, (32) observaron que en mujeres mayores sarcopénicas los suplementos de aceite de pescado mejoraron el área de sección transversal tanto de los miembros superiores como de los miembros inferiores y estas mejoras fueron mayores que el grupo que realizó RET y no ingirió el suplemento. También se verificaron mejoras en la capacidad funcional y la calidad muscular solo del grupo suplementado. Sin embargo, a pesar de lo esperado, no se observaron diferencias en los niveles de citocinas en ninguno de los dos grupos ni dentro de ellos. Esto puede deberse a la duración relativamente corta de la intervención para detectar cambios debidos a la nutrición. Otro factor que pudo influir es que estas participantes poseen una gran carga de elementos proinflamatorios como el envejecimiento y la sarcopenia, por lo que producir cambios en las citocinas inflamatorias solo mediante el empleo de Omega 3 puede ser complicado e insuficiente. No obstante, debemos atender a que los suplementos de aceite de pescado fueron capaces de mejorar los efectos beneficiosos producidos por el entrenamiento de fuerza y por ello el empleo de estas intervenciones puede resultar de gran interés en la lucha contra la sarcopenia.

Conforme a lo mencionado anteriormente, la sarcopenia se encuentra relacionada con otras comorbilidades asociadas al sedentarismo y al desuso muscular que derivan en dificultades en la calidad de vida del paciente y en una pérdida de independencia de estos sujetos.

En los estudios (24,33,34) los participantes poseían otras comorbilidades que se encuentran relacionadas con la sarcopenia de diversas maneras. Los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 cuentan con resistencia a la insulina lo cual altera el metabolismo de los glúcidos y junto con el estado proinflamatorio en el que se encuentran son candidatos para desarrollar sarcopenia y a padecer sus efectos. A su vez, las personas con movilidad limitada, sea el motivo que sea, experimentan una limitación en la movilidad que desencadena en unas tasas de movimiento inferiores y un desuso muscular que tendrá como consecuencia la pérdida de masa, fuerza y función muscular, desembocando, si no se interviene adecuadamente en el desarrollo de sarcopenia.

Las estrategias nutricionales en materia de prevención primaria y secundaria han demostrado ser eficaces para frenar el avance o prevenir la aparición de sarcopenia, no

todas de la misma forma ni todas con la misma eficacia. Sin embargo, un elemento que sí ha demostrado ser eficaz y en gran medida ha sido el denominado entrenamiento de fuerza. Es en este dónde debería centrarse en el enfoque de cualquier intervención diseñada para tratar a personas sarcopénicas o presarcopénicas.

En un conjunto de estudios, elegidos y leídos para llevar a cabo esta revisión, en los que se asignaba a los participantes a formar parte de un grupo determinado en función de si recibían una intervención de entrenamiento de fuerza progresivo durante un periodo variable de semanas o en cambio si formaban parte del grupo control y no realizaban entrenamiento de fuerza se han obtenido mejoras en parámetros de interés para la sarcopenia. En ellos, el entrenamiento de fuerza era progresivo y la intensidad del programa era moderada oscilando entre el 40-80% 1RM, siendo reevaluado con el fin de garantizar una intensidad adecuada durante todo el programa. Además, en algunos, el objetivo era observar si tomar un suplemento nutricional era capaz de mejorar los beneficios obtenidos con el entrenamiento de fuerza por sí solo, por lo que en estos existía un grupo adicional en el que las personas que pertenecían a él, además del entrenamiento con cargas, ingerían un suplemento nutricional en una dosis concreta para la que se estudiaba su efectividad en materia de obtener mayores beneficios que con el entrenamiento de fuerza por sí solo.

En el estudio de (28) se observaron pocas mejoras producidas por el HMB en los sujetos que entrenaban con respecto a los que no tomaban HMB. Así, hubo aumentos en la masa magra de todo el cuerpo, en el índice sarcopénico y la fuerza muscular sin identificarse diferencias entre aquellos que tomaban HMB y los que no. Esto nos muestra que el factor al que se debe atribuir las mejoras en estos parámetros respecto al grupo que control, es al programa de entrenamiento de fuerza y que siempre que se desee emplear suplementos que tengan como fin hacer frente a los efectos de la sarcopenia, debemos primero asegurar una intervención de entrenamiento con cargas adecuadamente estructurada, que sea progresiva, que tenga una intensidad adecuada y que se adapte a la población con la que trabajamos elaborando programas que generen una elevada adherencia y sean fáciles para poder realizar tanto en sus hogares como en un lugar específico para la práctica de entrenamientos con cargas.

En otro estudio que empleó suplementación con HMB (29) fue el ejercicio el único capaz de producir mejoras a nivel de morfología, fuerza muscular, rendimiento físico y capacidad funcional, ya que no se evidenciaron diferencias en comparación con el grupo HMB a excepción de la prueba de la velocidad de la marcha en la que el grupo suplementado con HMB experimentó una mejora pero que, a pesar de ser significativa desde el punto de vista estadístico, no lo fue desde el punto de vista clínico.

El entrenamiento de fuerza demostró en (31), que no hubo mejoras producidas por el HMB en la fuerza ya que los dos grupos realizaron RET y no hubo diferencias entre aquellos que entrenaron y tomaron placebo y aquellos que entrenaron y tomaron HMB y si se produjeron mejoras en ambos grupos en comparación con la pierna control que no fue entrenada. En las medidas de arquitectura muscular también se verificaron mejoras con respecto a la pierna no entrenada, pero sin diferencias entre quienes tomaron HMB y los que no. Así pues, vemos que, aunque el HMB sí exhibió mejoras en la masa magra de la pierna entrenada, la mayoría de los cambios fueron iguales para aquellos que tomaron placebo. Esto sugiere que el entrenamiento es el elemento que produce principalmente los cambios.

Varios de los estudios revisados tenían como objetivo investigar los efectos de la suplementación con leucina en combinación con entrenamiento con cargas en adultos

mayores y conocer si la leucina era capaz de producir mejoras adicionales a los efectos del entrenamiento.

Así pues, en (25) se detectaron mejoras en las pruebas de función muscular, a excepción de la fuerza de prensión manual, pero sin diferencias entre aquellos que tomaron leucina y los que tomaron placebo. A excepción de la masa magra de los brazos que cuyas mejoras fueron mayores en el grupo suplementado con leucina, en el resto de las mediciones composición corporal no hubo diferencias entre grupos, a pesar de que estas sí que mejoraron en comparación a las mediciones al inicio del estudio. Esto apoya la idea de que el RET es mucho más efectivo per se que otras intervenciones. No obstante, como hemos mencionado previamente estos participantes eran sujetos poshospitalizados que no se encuentran en un entorno anabólico óptimo y sus condiciones físicas se habrán visto mermadas de cara a obtener todos los beneficios posibles de un programa de RET.

Otro estudio ((26) nos arrojó que al final de la intervención no hubo diferencias entre ninguno de los tres grupos en lo que a fuerza muscular se refiere, tampoco encontró diferencias en la función física, la masa muscular y la función cognitiva entre los tres grupos. Esto nos muestra que a pesar de haber seguido un programa de RET, ni este ni el suplemento de leucina produjeron mejoras con respecto al grupo control que no hizo ninguna de las dos cosas. Esto pudo verse influenciado porque el diseño del entrenamiento de fuerza no era supervisado y los participantes lo realizaban con bandas elásticas en su hogar, lo que hace posible que no llegaran a la intensidad mínima necesaria para producir un estímulo suficiente que provoque una respuesta hipertrófica en el músculo.

(27) obtuvieron uno resultados que no arrojaron ninguna mejora en lo que a sensibilidad a la insulina se refiere. Se estudiaron también parámetros de la composición corporal pero no hubo diferencias en ninguno de ellos entre grupos ni antes y después de la intervención, a excepción de la 1RM que aumento en todos los ejercicios, pero aumento de igual forma en los que tomaron leucina y los que no. Esto sugiere que esta mejora se debe al RET, aunque quizá el uso del esfuerzo percibido por unos participantes no entrenados y sin estar habituados influyó e igual no se alcanzaron intensidades suficientes.

Sin embargo, tras una intervención similar se produjo un aumento en la puntuación de Medida de Independencia Funcional en ambos grupos, aunque en el grupo suplementado fue mayor aún, esto nos sugiere que el entrenamiento también reportó mejoras a pesar de ser menores. A su vez, sucedió esto mismo con la fuerza muscular (24)

En el ensayo (17) se observó que todos los grupos experimentaron mejoras en la fuerza y la capacidad funcional, pero esto fue independiente del tipo de dieta que llevasen ya que no hubo diferencias entre grupos. Esto nos indica que estos efectos fueron producidos por el RET independientemente de la composición de la dieta. Esto mismo sucedió con la masa libre de grasa, ya que aumentó con el tiempo de la misma forma en todos los grupos y sin diferencia entre ellos, de nuevo esto debe atribuirse al efecto del entrenamiento de fuerza que en este caso sería una intervención bien diseñada y con una intensidad mínima que capacitó a los participantes para producir mejoras.

En el conjunto de estudios que estudiaron si la suplementación nutricional con diversos compuestos mejoraba los efectos del entrenamiento de fuerza y se compararon con grupos de participantes que solo se habían sometido al programa de entrenamiento de

fuerza y no a la intervención nutricional, se verificaron mejoras también en los participantes que solo realizaron el programa de entrenamiento de fuerza, aunque estas mejoras eran menores que las obtenidas en los grupos que recibían una suplementación concreta.

Como es el caso de (30), donde tanto en el grupo suplementado con HMB como en el grupo ejercicio solo se observaron mejoras en la fuerza muscular medida mediante la mejora en extensión de piernas.

Otro ejemplo de esto es el estudio en el que se midió la capacidad de respuesta al entrenamiento de fuerza en mujeres sarcopénicas de los suplementos de pescado (32), en el que ambos grupos, tanto el grupo suplementado como el que solo recibió la intervención de RET, mejoraron el área de sección transversal de músculo cuádriceps, la fuerza y la calidad muscular tras la intervención, siendo las mejoras mayores para el grupo suplementado.

En un estudio donde se midió la efectividad de un suplemento de cinco ingredientes en combinación con un programa de ejercicio de fuerza con bandas elásticas y se comparó con un grupo que realizó el mismo entrenamiento pero que tomó placebo (18) se evidenciaron mayores mejoras en la masa magra y fuerza muscular en el grupo suplementado, pero los sujetos pertenecientes al subgrupo sarcopénicos que solo realizaron entrenamiento de fuerza y recibieron placebo también experimentaron mejoras en la masa magra y fueron estos mismos sujetos los que mayores mejoras en la fuerza máxima experimentaron. En el entrenamiento de fuerza combinado con placebo también fue efectivo para mejorar la prueba de rendimiento de sentarse y pararse 5 veces. Así, vemos como el entrenamiento de fuerza ofreció mejoras por sí solo con respecto al inicio de la intervención, a pesar de ser estas menores que en el grupo suplementado.

Tras una intervención que combinaba entrenamiento de resistencia y un suplemento de leucina o entrenamiento y placebo (24), se produjo un aumento en la puntuación de Medida de Independencia Funcional en ambos grupos, aunque en el grupo suplementado fue mayor aún, esto nos sugiere que el entrenamiento también reportó mejoras a pesar de ser menores. A su vez, sucedió esto mismo con la fuerza muscular donde sí hubo mejoras para los dos grupos, aunque fueron menores en el grupo placebo que solo realizó el entrenamiento de fuerza y recibió placebo. Esta misma dinámica se produjo

La regulación de la masa muscular esquelética y la estimulación anabólica va mucho más allá de la síntesis proteica miofibrilar y conlleva procesos que aún no se conoce con certeza cómo ocurren. En (35) tras analizar los resultados observaron que en el grupo de ganadores de masa magra 5 miARN eran más elevados y uno era menor en el grupo de ganadores. Observaron que el denominado miR-19b-3p estaba asociado con los cambios en la masa libre de grasa y que la sobreexpresión de este miARN regulaba a la baja el homólogo de la fosfatasa y tensina (PTEN) facilitando un aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares. Estos hallazgos podrán explicar por qué habiéndose sometido al mismo programa de entrenamiento de fuerza progresivo algunos de los participantes ganaron masa magra y mejoraron su capacidad funcional y su fuerza y por el contrario otros perdieron masa magra. Sin embargo, en mi opinión el uso de un concentrado de proteína de suero o el uso de un control isocalórico no tienen una explicación ya que no se agrupa a los participantes en función de ello y no

se pueden sacar conclusiones de si emplear un suplemento de concentrado de proteína de suero en combinación con el programa de entrenamiento de fuerza progresivo es más efectivo que aplicar el PRET solo sin suplementos adicionales para lograr ganancias de masa magra y en función de las ganancias estudiar la expresión de los distintos tipos de miARN.

Por otro lado, abordaremos un conjunto de artículos revisados a la hora de hacer este trabajo y agrupados por sus características que estudian los efectos de intervenciones de entrenamiento de fuerza progresivo sobre diversos parámetros como la fuerza muscular, la capacidad funcional, el estado inflamatorio, la calidad muscular y la composición corporal, que influyen el desarrollo o avance de la sarcopenia en pacientes mayores tanto institucionalizados como independientes en su hogar.

La calidad del sueño es importante en lo que respecta a la preservación de la masa muscular y a la recuperación de los tejidos, en especial del músculo tras el ejercicio, además una mala calidad del sueño y un insuficiente descanso produce un aumento del estrés en el organismo y por ende un aumento del estado inflamatorio y cuando hablamos de personas sarcopénicas o en alto riesgo de serlo tenemos que prestar aún más atención al descanso ya que son personas por lo general adultos mayores con un entorno proinflamatorio y un elevado estado catabólico.

Por ello (36) encontraron mejoras en el tiempo de latencia del sueño, en el porcentaje de sueños de ondas lentas y en la relación apnea/hora en el grupo que entrenó con respecto al grupo control que no realizó en programa de ejercicio. También se detectaron reducciones en la citocina proinflamatoria TNF-alfa y aumentos en las citocinas antiinflamatorias IL-10 e IL-1ra, estos cambios solo se produjeron en el grupo que entrenó. Por último, hubo aumentos en la fuerza muscular medido a través de los test 1RM y con la fuerza prensil.

Hemos revisado otros ensayos en los que se vieron mejoras después de una intervención de entrenamiento de fuerza progresivo en adultos mayores y en los que estos participantes experimentaron mejorías en su calidad de vida e independencia funcional.

Un gran ejemplo de esto, donde se observaron cambios a mejor en todas las pruebas de medición de la capacidad funcional en los individuos que habían llevado a cabo el programa de entrenamiento (37). Este grupo, mejoró de igual forma la composición corporal a través de diversas medidas de masa magra y masa grasa corporal en comparación con el grupo control que no experimentó ninguna mejora en este aspecto. Estos investigadores observaron que existió una interacción entre el sexo y los efectos del entrenamiento, ya que los varones pertenecientes al grupo intervención mostraron aumentos en varias pruebas funcionales en comparación con los controles masculinos. Esto nos sugiere que los hombres son más susceptibles a las mejoras producidas por el entrenamiento y puede deberse a los mayores niveles basales de testosterona en comparación con las mujeres y sumado a que los hombres tienen mayores niveles de actividad física que las mujeres, lo cual les posiciona con una mejor predisposición para beneficiarse de los efectos del entrenamiento de fuerza.

En la misma línea, (33) encontraron mejoras en las capacidades funcionales y estimaron un ahorro elevado de coste por hospitalización por paciente al año en aquellos que participaron en el entrenamiento de fuerza en comparación con los que no lo hicieron. Este hallazgo es algo sumamente importante ya que como hemos mencionado durante este trabajo, el coste para el Sistema Nacional de Salud de los cuidados para personas

con sarcopenia es más elevados que los de una persona sin esta condición y este es uno de los factores a tener en cuenta a la hora de enfocar recursos para desarrollo de estrategias de prevención de esta enfermedad.

Apoyando los resultados de los estudios previos tenemos a (34) en el que los participantes entrenados exhibieron ganancias en la fuerza muscular y en la capacidad de aplicar fuerza.

La perfusión muscular es uno de los factores más importantes a la hora de producir mejoras en la masa muscular y poner en marcha el mecanismo de la hipertrofia muscular. Esto se debe a que a través de la sangre se distribuyen los nutrientes, las hormonas y el oxígeno a los tejidos. Por ello, es necesario que exista una correcta capilarización en el músculo que asegure una perfusión adecuada que permita llevar una cantidad suficiente de oxígeno y nutrientes que permitan mantener la masa existente o estimular su crecimiento en caso de recibir el estímulo necesario a través del entrenamiento.

Por ello en otro ensayo estudiaron cómo afectaba el entrenamiento de fuerza progresivo sobre dicha capilarización e índices de hipertrofia en personas mayores sedentarias (38). Observaron que aquellos que tenían una capilarización menor al comienzo se beneficiaron más de los efectos del entrenamiento con cargas en lo que respecta a densidad capilar muscular y en el intercambio capilar a fibra. Sin embargo, el RET no produjo hipertrofia en el grupo de baja capilarización muscular y sí en el grupo que tenía un índice de intercambio de perímetro de capilar a fibra alto, además, este grupo aumentó sus tasas de síntesis muscular. Estos hallazgos nos muestran uno de los posibles factores por los que a pesar de recibir todos los participantes la misma intervención, no todos obtienen los beneficios esperados de estas estrategias.

Por último, hemos mencionado que para estimular el mecanismo de la hipertrofia hace falta proporcionar un estímulo adecuado al músculo y que en muchas ocasiones dada la edad de estos pacientes el riesgo de lesión existente es elevado si se trata de aplicar una intensidad elevada y que como consecuencia no se realice de forma correcta la técnica de los ejercicios.

Para estudiar esto se puso en marcha un estudio en el que se comparaban los efectos sobre la masa muscular y la calidad de esta comparando grupos en función de la intensidad del entrenamiento (39). Observaron que el ejercicio de intensidad moderada solo produjo aumentos en el área de sección transversal del cuádriceps y en la fuerza. En comparación, el entrenamiento de fuerza de intensidad moderada mejoró tanto la cantidad como la fuerza y la calidad del músculo. Por ello, el entrenamiento de fuerza de intensidad moderada puede resultar interesante para este tipo de pacientes ya que permite adoptar una técnica adecuada en todos los ejercicios y repeticiones y aporta mayores beneficios que el de baja intensidad.

En general, después de revisar todos estos artículos científicos en los que no siempre se obtienen los resultados esperados. Esto puede deberse a una variedad amplia de factores entre los que considero que debemos destacar que la población en la que estamos estudiando suelen ser personas con tasas de sedentarismo elevadas, pluripatológica, en tratamiento con varios medicamentos que pueden interferir en el metabolismo como los corticoesteroides, se encuentran en un estado proinflamatorio asociado con el envejecimiento y relacionado con diversas patologías comunes en estas edades. Respecto a la ingesta dietética, tienden a consumir cantidades insuficientes de proteínas.

En lo que atañe al diseño de los diversos estudios, estudiar el estilo de vida es algo complicado ya que intervienen muchos factores intraindividuales y exteriores al individuo. Los tamaños de la muestra suelen ser reducidos lo que nos dificulta sacar conclusiones a nivel poblacional y los periodos de intervención suelen ser demasiado cortos para observar cambios a nivel de fuerza y masa muscular que se producen en un periodo de medio a largo plazo.

La falta de unificación en los criterios a la hora de establecer el programa entrenamiento de fuerza hace que sea difícil sacar conclusiones sobre cuáles son los mejores diseños de estas estrategias para combatir los efectos y el avance de la sarcopenia. En adición, a la hora de estudiar la efectividad de las diferentes ayudas ergogénicas nutricionales difieren las dosis empleadas y la composición de los suplementos, teniendo como consecuencia que no podamos establecer rangos efectivos de distintos compuestos o a cuál de todos los que componen el suplemento debemos atribuir los efectos beneficiosos que se hayan observado.

Además, al tratar de una población envejecida y con diversos problemas no podemos emplear un entrenamiento de alta intensidad que proporcione un estímulo más adecuado a la hora de promover la hipertrofia muscular, el desarrollo de la fuerza y las mejoras en la capacidad funcional. Esto en muchos casos conlleva a unas tasas de abandono elevadas que dificultan extraer conclusiones fiables de ciertos estudios.

4. CONCLUSIONES:

Después de haber revisado la bibliografía seleccionada obtenemos las siguientes conclusiones:

1. Existe mucha controversia sobre cuáles son las mejores intervenciones tanto de entrenamiento como de abordaje nutricional para afrontar y frenar este grave problema de salud que es la sarcopenia.
2. Hay una importante relación entre la sarcopenia y las comorbilidades asociadas a ella presentando todos como origen diferentes grados de sedentarismo y por lo tanto de desuso muscular.
3. El entrenamiento de fuerza ha demostrado ser el elemento principal y único tanto en prevención primaria o secundaria para el tratamiento de la sarcopenia. Sin él, se han observado pocas mejoras y las que se han verificado han sido poco relevantes desde el punto de vista clínico.
4. Existen ayudas ergogénicas nutricionales que potenciando los efectos del entrenamiento de fuerza pueden ser consideradas una estrategia efectiva para frenar y combatir el avance de la sarcopenia. No son todas igual de efectivas para el propósito buscado y existe escasa uniformidad sobre los efectos encontrados de su eficacia.
5. Es necesario mantener e incentivar la investigación clínica sobre las mejores estrategias de prevención primarias y secundarias que implementar en la sarcopenia.
6. Con el propósito de frenar el avance de la sarcopenia es imprescindible que en el Sistema Nacional de Salud exista la figura de especialistas, que aunando conocimientos en materia de nutrición y prescripción de ejercicio físico desarrollen las estrategias de prevención desde un enfoque multidisciplinar.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):16–31.
2. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *The Lancet*. 2019 Jun;393(10191):2636–46.
3. Polyzos SA, Margioris AN. Sarcopenic obesity. *Hormones*. 2018 Sep 16;17(3):321–31.
4. Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, Roubenoff R. The Healthcare Costs of Sarcopenia in the United States. *J Am Geriatr Soc*. 2004 Jan;52(1):80–5.
5. Taylor JA, Greenhaff PL, Bartlett DB, Jackson TA, Duggal NA, Lord JM. Multisystem physiological perspective of human frailty and its modulation by physical activity. *Physiol Rev*. 2023 Apr 1;103(2):1137–91.
6. Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BBL, van Kranenburg J, Verdijk LB, et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp Gerontol*. 2013 May;48(5):492–8.
7. Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. Testosterone Physiology in Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*. 2010 Dec;40(12):1037–53.
8. Bross R, Storer T, Bhasin S. Aging and Muscle Loss. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 1999 Jul;10(5):194–8.
9. Burd NA, Gorissen SH, van Loon LJC. Anabolic Resistance of Muscle Protein Synthesis with Aging. *Exerc Sport Sci Rev*. 2013 Jul;41(3):169–73.
10. Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BBL, van Kranenburg J, Verdijk LB, et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp Gerontol*. 2013 May;48(5):492–8.
11. Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, Lara J, Ho FK, Pell JP, et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022 Feb 23;13(1):86–99.
12. Fink J, Schoenfeld BJ, Nakazato K. The role of hormones in muscle hypertrophy. *Phys Sportsmed*. 2018 Jan 2;46(1):129–34.
13. Shala R. ‘I’m active enough in my job.’ Why is occupational physical activity not enough? *Br J Sports Med*. 2022 Aug;56(16):897–8.
14. Oktaviana J, Zanker J, Vogrin S, Duque G. The Effect of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) on Sarcopenia and Functional Frailty in Older Persons: A Systematic Review. *J Nutr Health Aging*. 2019 Feb 27;23(2):145–50.
15. Cereda E, Pisati R, Rondanelli M, Caccialanza R. Whey Protein, Leucine- and Vitamin-D-Enriched Oral Nutritional Supplementation for the Treatment of Sarcopenia. *Nutrients*. 2022 Apr 6;14(7):1524.
16. Dupont J, Dedeyne L, Dalle S, Koppo K, Gielen E. The role of omega-3 in the prevention and treatment of sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*. 2019 Jun 19;31(6):825–36.
17. Galbreath M, Campbell B, La Bounty P, Bunn J, Dove J, Harvey T, et al. Effects of Adherence to a Higher Protein Diet on Weight Loss, Markers of Health, and Functional Capacity in Older Women Participating in a Resistance-Based Exercise Program. *Nutrients*. 2018 Aug 11;10(8):1070.
18. Nilsson MI, Mikhail A, Lan L, Di Carlo A, Hamilton B, Barnard K, et al. A Five-Ingredient Nutritional Supplement and Home-Based Resistance Exercise Improve Lean Mass and Strength in Free-Living Elderly. *Nutrients*. 2020 Aug 10;12(8):2391.

1. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019 Jan 1;48(1):16–31.
2. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *The Lancet*. 2019 Jun;393(10191):2636–46.
3. Polyzos SA, Margioris AN. Sarcopenic obesity. *Hormones*. 2018 Sep 16;17(3):321–31.
4. Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, Roubenoff R. The Healthcare Costs of Sarcopenia in the United States. *J Am Geriatr Soc*. 2004 Jan;52(1):80–5.
5. Taylor JA, Greenhaff PL, Bartlett DB, Jackson TA, Duggal NA, Lord JM. Multisystem physiological perspective of human frailty and its modulation by physical activity. *Physiol Rev*. 2023 Apr 1;103(2):1137–91.
6. Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BBL, van Kranenburg J, Verdijk LB, et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp Gerontol*. 2013 May;48(5):492–8.
7. Vingren JL, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson JM, Volek JS, Maresh CM. Testosterone Physiology in Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*. 2010 Dec;40(12):1037–53.
8. Bross R, Storer T, Bhasin S. Aging and Muscle Loss. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 1999 Jul;10(5):194–8.
9. Burd NA, Gorissen SH, van Loon LJC. Anabolic Resistance of Muscle Protein Synthesis with Aging. *Exerc Sport Sci Rev*. 2013 Jul;41(3):169–73.
10. Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BBL, van Kranenburg J, Verdijk LB, et al. The decline in skeletal muscle mass with aging is mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp Gerontol*. 2013 May;48(5):492–8.
11. Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, Lara J, Ho FK, Pell JP, et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022 Feb 23;13(1):86–99.
12. Fink J, Schoenfeld BJ, Nakazato K. The role of hormones in muscle hypertrophy. *Phys Sportsmed*. 2018 Jan 2;46(1):129–34.
13. Shala R. 'I'm active enough in my job.' Why is occupational physical activity not enough? *Br J Sports Med*. 2022 Aug;56(16):897–8.
14. Oktaviana J, Zanker J, Vogrin S, Duque G. The Effect of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) on Sarcopenia and Functional Frailty in Older Persons: A Systematic Review. *J Nutr Health Aging*. 2019 Feb 27;23(2):145–50.
15. Cereda E, Pisati R, Rondanelli M, Caccialanza R. Whey Protein, Leucine- and Vitamin-D-Enriched Oral Nutritional Supplementation for the Treatment of Sarcopenia. *Nutrients*. 2022 Apr 6;14(7):1524.
16. Dupont J, Dedeyne L, Dalle S, Koppo K, Gielen E. The role of omega-3 in the prevention and treatment of sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*. 2019 Jun 19;31(6):825–36.

17. Galbreath M, Campbell B, La Bounty P, Bunn J, Dove J, Harvey T, et al. Effects of Adherence to a Higher Protein Diet on Weight Loss, Markers of Health, and Functional Capacity in Older Women Participating in a Resistance-Based Exercise Program. *Nutrients*. 2018 Aug 11;10(8):1070.
18. Nilsson MI, Mikhail A, Lan L, Di Carlo A, Hamilton B, Barnard K, et al. A Five-Ingredient Nutritional Supplement and Home-Based Resistance Exercise Improve Lean Mass and Strength in Free-Living Elderly. *Nutrients*. 2020 Aug 10;12(8):2391.
19. Nabuco H, Tomeleri C, Sugihara Junior P, Fernandes R, Cavalcante E, Antunes M, et al. 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*. 2018 May 3;10(5):563.
20. Holwerda AM, Paulussen KJM, Overkamp M, Goessens JPB, Kramer IF, Wodzig WKWH, et al. Dose-Dependent Increases in Whole-Body Net Protein Balance and Dietary Protein-Derived Amino Acid Incorporation into Myofibrillar Protein During Recovery from Resistance Exercise in Older Men. *J Nutr*. 2019 Feb;149(2):221–30.
21. Liao CD, Liao YH, Liou TH, Hsieh CY, Kuo YC, Chen HC. Effects of Protein-Rich Nutritional Composition Supplementation on Sarcopenia Indices and Physical Activity during Resistance Exercise Training in Older Women with Knee Osteoarthritis. *Nutrients*. 2021 Jul 21;13(8):2487.
22. STRASSER EM, FRANZKE B, HOFMANN M, SCHOBER-HALPER B, OESEN S, JANDRASITS W, et al. Resistance training with or without nutritional supplementation showed no influence on muscle thickness in old-institutionalized adults: a secondary analysis of the Vienna Active Ageing Study. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2022 Jul;58(4).
23. Li C, Yu K, Shyh-Chang N, Li G, Jiang L, Yu S, et al. Circulating factors associated with sarcopenia during ageing and after intensive lifestyle intervention. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019 Jun 10;10(3):586–600.
24. Yoshimura Y, Bise T, Shimazu S, Tanoue M, Tomioka Y, Araki M, et al. Effects of a leucine-enriched amino acid supplement on muscle mass, muscle strength, and physical function in post-stroke patients with sarcopenia: A randomized controlled trial. *Nutrition*. 2019 Feb;58:1–6.
25. Amasene M, Besga A, Echeverria I, Urquiza M, Ruiz JR, Rodriguez-Larrad A, et al. Effects of Leucine-Enriched Whey Protein Supplementation on Physical Function in Post-Hospitalized Older Adults Participating in 12-Weeks of Resistance Training Program: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*. 2019 Oct 1;11(10):2337.
26. Yamamoto Y, Nagai Y, Kawanabe S, Hishida Y, Hiraki K, Sone M, et al. Effects of resistance training using elastic bands on muscle strength with or without a leucine supplement for 48 weeks in elderly patients with type 2 diabetes. *Endocr J*. 2021;68(3):291–8.
27. Jacob KJ, Chevalier S, Lamarche M, Morais JA. Leucine Supplementation Does Not Alter Insulin Sensitivity in Prefrail and Frail Older Women following a Resistance Training Protocol. *J Nutr*. 2019 Jun;149(6):959–67.

28. Fairfield WD, Minton DM, Elliehausen CJ, Nichol AD, Cook TL, Rathmacher JA, et al. Small-Scale Randomized Controlled Trial to Explore the Impact of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate Plus Vitamin D3 on Skeletal Muscle Health in Middle Aged Women. *Nutrients*. 2022 Nov 4;14(21):4674.
29. Osuka Y, Kojima N, Sasai H, Wakaba K, Miyauchi D, Tanaka K, et al. Effects of exercise and/or β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation on muscle mass, muscle strength, and physical performance in older women with low muscle mass: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2021 Oct;114(4):1371–85.
30. Ma SL, Wu J, Zhu L, Chan RSM, Wang X, Huang D, et al. Peripheral Blood T Cell Gene Expression Responses to Exercise and HMB in Sarcopenia. *Nutrients*. 2021 Jul 5;13(7):2313.
31. Din USU, Brook MS, Selby A, Quinlan J, Boereboom C, Abdulla H, et al. A double-blind placebo controlled trial into the impacts of HMB supplementation and exercise on free-living muscle protein synthesis, muscle mass and function, in older adults. *Clinical Nutrition*. 2019 Oct;38(5):2071–8.
32. da Cruz Alves NM, Pfrimer K, Santos PC, de Freitas EC, Neves T, Pessini RA, et al. Randomised Controlled Trial of Fish Oil Supplementation on Responsiveness to Resistance Exercise Training in Sarcopenic Older Women. *Nutrients*. 2022 Jul 11;14(14):2844.
33. Rodriguez-Mañas L, Laosa O, Vellas B, Paolisso G, Topinkova E, Oliva-Moreno J, et al. Effectiveness of a multimodal intervention in functionally impaired older people with type 2 diabetes mellitus. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2019 Aug 23;10(4):721–33.
34. Englund DA, Price LL, Grosicki GJ, Iwai M, Kashiwa M, Liu C, et al. Progressive Resistance Training Improves Torque Capacity and Strength in Mobility-Limited Older Adults. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2019 Jul 12;74(8):1316–21.
35. Rivas DA, Peng F, Benard T, Ramos da Silva AS, Fielding RA, Margolis LM. miR-19b-3p is associated with a diametric response to resistance exercise in older adults and regulates skeletal muscle anabolism via PTEN inhibition. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*. 2021 Dec 1;321(6):C977–91.
36. de Sá Souza H, de Melo CM, Piovezan RD, Miranda REEP, Carneiro-Junior MA, Silva BM, et al. Resistance Training Improves Sleep and Anti-Inflammatory Parameters in Sarcopenic Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Dec 6;19(23):16322.
37. Vikberg S, Sörlén N, Brandén L, Johansson J, Nordström A, Hult A, et al. Effects of Resistance Training on Functional Strength and Muscle Mass in 70-Year-Old Individuals With Pre-sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *J Am Med Dir Assoc*. 2019 Jan;20(1):28–34.
38. Moro T, Brightwell CR, Phalen DE, McKenna CF, Lane SJ, Porter C, et al. Low skeletal muscle capillarization limits muscle adaptation to resistance exercise training in older adults. *Exp Gerontol*. 2019 Nov;127:110723.

39. Otsuka Y, Yamada Y, Maeda A, Izumo T, Rogi T, Shibata H, et al. Effects of resistance training intensity on muscle quantity/quality in middle-aged and older people: a randomized controlled trial. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022 Apr 20;13(2):894–908.
40. Lu Y, Niti M, Yap KB, Tan CTY, Zin Nyunt MS, Feng L, et al. Assessment of Sarcopenia Among Community-Dwelling At-Risk Frail Adults Aged 65 Years and Older Who Received Multidomain Lifestyle Interventions: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open*. 2019 Oct 2;2(10):e1913346.

ANEXO I

TABLA DE CONTENIDOS

A continuación, se recogen los resultados y los métodos de todos los estudios revisados y discutidos en este trabajo.

AUTORES	TÍTULO	RESUMEN	RESULTADOS
(36)	1. El entrenamiento de resistencia mejora el sueño y los parámetros antiinflamatorios en adultos mayores sarcopénicos: un ensayo controlado aleatorio	<p>Se observó si un protocolo de entrenamiento de fuerza de 12 semanas mejoraba simultáneamente la fuerza muscular, algunos parámetros antiinflamatorios y diversos parámetros de calidad del sueño en adultos mayores sarcopénicos.</p> <p>Grupo entrenamiento de fuerza (RET) y grupo control (CTL)</p>	<ul style="list-style-type: none">- El tiempo de latencia del sueño se redujo en el grupo RET frente al grupo CTL después de las 12 semanas.- El porcentaje de sueño de ondas lentas (sueño N3) fue mayor en el grupo RET.- La relación apnea/hora disminuyó en el grupo RET y la calidad subjetiva del sueño mejoró en comparación con el CTL.-Aumentó la fuerza muscular en el grupo sometido al entrenamiento de fuerza. Tanto en los test 1RM como en la fuerza prensil.- Se observó una reducción de TNF-alfa en grupo RET y aumentó de IL-10 y IL-1ra en grupo RET.- No hubo diferencias en tiempo total de sueño, latencia REM y vigilia tras inicio del sueño.

(28)	<p>2. Ensayo controlado aleatorio a pequeña escala para explorar el impacto de β-hidroxi-β-metilbutirato más vitamina D 3 en la salud del músculo esquelético en mujeres de mediana edad</p>	<p>Se llevó a cabo un estudio que quería comprobar si el uso combinado de HMB y vitamina D3 podría mejorar la composición, el tamaño y la función del músculo esquelético en mujeres de mediana edad tras someter a los participantes a un protocolo de 12 semanas de intervención en función de la asignación a cuatro grupos diferentes: SED+PLA, SED+HMB&D, RET+PLA, RET+HMB&D</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los que tomaron HMB&D acabaron la intervención con niveles suficientes de vit.D en ambos grupos HMB&D - El entrenamiento de fuerza (RET) aumentó la masa magra de todo el cuerpo, pero no hubo diferencias entre HMB&D frente al PLACEBO. - RET aumentó el índice sarcopénico sin diferencias entre HMB+D frente a placebo. - Ni HMB+D ni RET influyeron significativamente en la masa grasa corporal. - En SED se produjo un aumento de volumen del muslo y disminución de tejido adiposo intramuscular (IMAT) mayor en el grupo HMB&D frente a placebo - En RET disminuyó la IMAT en HMB+D frente al placebo - En RET el aumento en extensión de pierna. Pero flexión y prensa no fue diferente entre HMB+D frente a placebo. - En SED no hubo diferencias en extensión o flexión de la pierna 1RM.
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			- La reducción del IMAT fue solo para aquellas que finalizaron el estudio con niveles suficientes de vitamina D3.
(32)	3. Ensayo controlado aleatorizado de suplementos de aceite de pescado sobre la capacidad de respuesta al entrenamiento con	Se estudiaron los efectos de la suplementación con aceite de pescado en la respuesta adaptativa del músculo al ejercicio de fuerza, el rendimiento físico y	- Ambos grupos mostraron mejoras en el área de sección transversal del cuádriceps (CSA) y fuerza de los miembros superiores después de

	ejercicios de resistencia en mujeres mayores sarcopénicas	<p>los niveles séricos de citocinas proinflamatorias en mujeres mayores sedentarias con sarcopenia, mediante la asignación de los participantes a dos grupos de intervención durante 14 semanas. Ejercicio + aceite pescado (EFO) y ejercicio + placebo (EP)</p>	<p>la intervención, pero las mejoras fueron superiores en el grupo EFO.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No hay diferencias de citocinas entre ambos grupos ni intragrupo. - Aumentó la distancia recorrida en el test 6mWT en el grupo EFO - Hubo mayor aumento de la calidad muscular en el grupo EFO frente al grupo EP - Respecto al perfil de ácidos grasos, hubo un aumento significativo en las concentraciones, en el período posterior a la intervención, de EPA y DHA en el grupo EFO
(39)	4. Efectos de la intensidad del entrenamiento de fuerza sobre la cantidad/calidad muscular en personas de mediana edad y mayores: un ensayo controlado aleatorio	<p>Se llevó a cabo una intervención de 24 semanas y se asignó a los participantes, hombres mayores y de mediana edad a tres grupos: sin ejercicio (NoEx), ejercicio intensidad baja (low-Ex) y ejercicio intensidad moderada (mod-Ex). Se pretendía investigar cómo el entrenamiento de fuerza de intensidad baja y moderada mejoró tanto la cantidad como la calidad muscular medida por MRI, DXA y espectroscopia de impedancia bioeléctrica segmentaria (S-BIS) en personas de mediana edad y mayores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Se observaron diferencias significativas en la CSA del músculo del muslo entre los grupos moderate-Ex y no-Ex. - Low-Ex durante 24 semanas sólo aumentó el CSA del cuádriceps - Moderate-Ex durante 24 semanas también mejoró las propiedades eléctricas del S-BIS relacionadas con la cantidad y calidad del músculo, incluido el índice de resistencia intracelular, la capacitancia de la membrana, y ángulo de fase; sus cambios se correlacionaron

			<p>positivamente con los de la CSA del músculo del muslo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tanto en Mod-Ex como en Low-Ex tras el periodo de 24 semanas aumentaron la 1RM. Aunque la mayoría de los 1RM fueron superiores en el grupo Mod-Ex - El ejercicio de fuerza de intensidad moderada mejoró la cantidad y calidad muscular mientras que el entrenamiento de fuerza de baja intensidad sólo mejoró la cantidad muscular.
(29)	<p>5. Efectos del ejercicio y/o la suplementación con β-hidroxi-β-metilbutirato sobre la masa muscular, la fuerza muscular y el rendimiento físico en mujeres mayores con baja masa muscular: un ensayo aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.</p>	<p>Se asignó a los participantes en 4 grupos: solo ejercicio (Ex), solo HMB (HMB), ejercicio y HMB (Ex+HMB) y ninguno (NoEx-NoHMB) con el objetivo de examinar si la suplementación con HMB mejora los efectos del ejercicio sobre la masa muscular, la fuerza y el rendimiento físico en mujeres mayores con poca masa muscular después de una intervención de 12 semanas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No se observaron interacciones significativas de ejercicio \times HMB o efectos principales del ejercicio y la suplementación con HMB para ninguno de los parámetros de masa muscular (resultados primarios) en los análisis ITT. -No mostraron interacciones significativas entre el ejercicio y el HMB en los análisis ITT en los resultados secundarios (cambios morfología y otros marcadores de composición corporal, fuerza muscular, rendimiento físico y capacidad funcional) desde el inicio hasta el final de la intervención. - La suplementación con HMB mejoró la velocidad de la marcha habitual en comparación con el grupo suplementado con placebo.

			- La mayoría de las mejoras desaparecieron en las 12 semanas posteriores.
(30)	6. Respuestas de expresión génica de células T de sangre periférica al ejercicio y HMB en sarcopenia	<p>Se realizó un análisis de correlación para relacionar los resultados del análisis de expresión génica con el rendimiento de la fuerza muscular de las extremidades inferiores, medido mediante pruebas de extensión de piernas después de una intervención de 12 semanas en la que los participantes fueron asignados a tres grupos distintos: ejercicio solo (Ex), ejercicio + suplemento (Ex+suple.) y grupo control (CTL)</p> <p>Se eligieron una serie de genes relacionados con la inflamación que se expresan en las células T y se compararon antes y después de la intervención.</p> <p>El suplemento estaba compuesto de: Vit.D, Omega 3 y HMB</p>	<p>-Hubo mejora significativa en la extensión de piernas tanto en el grupo Ex como en Ex+suple.</p> <p>- Hubo diferencias significativas en 9 genes de los 38 que se seleccionaron para el estudio.</p> <p>- El nivel de expresión de 7 genes se asoció con mejora en las extensiones de piernas en el grupo de ejercicio Ex+suple. Lo que podría mejorar la regulación de la inflamación.</p> <p>- Los hallazgos mostraron que la expresión del gen inflamatorio específico de las células T cambió significativamente después de 12 semanas de intervención con ejercicio combinado y suplementos de HMB en la sarcopenia, y que esto se asoció con el rendimiento de la fuerza muscular de las extremidades inferiores.</p>
(26)	7. Efectos del entrenamiento de resistencia con bandas elásticas sobre la fuerza muscular con o sin suplemento de leucina	<p>Se realizó un estudio con el objetivo evaluar el efecto del entrenamiento de resistencia con bandas elásticas en el hogar combinado con un suplemento de</p>	<p>- Aunque el cambio en la fuerza de extensión de la rodilla desde el inicio aumentó significativamente en el grupo (Ex+suple.), no se</p>

	<p>durante 48 semanas en pacientes ancianos con diabetes tipo 2</p>	<p>aminoácidos ricos en leucina sobre la fuerza muscular, la función física y la masa muscular en ancianos con diabetes tipo 2.</p> <p>Se llevó a cabo una intervención de 48 semanas en las que se dividió a los participantes en 3 grupos: ejercicio solo (Ex), ejercicio+suple. (Ex+suple.) y control (CTL)</p>	<p>observó diferencia significativa entre los tres grupos</p> <ul style="list-style-type: none"> - La función física, la masa muscular y la función cognitiva tampoco experimentaron cambios durante el periodo de estudio entre los tres grupos. - No se observó ningún efecto aditivo del suplemento de aminoácidos ricos en leucina sobre la fuerza o la masa muscular. Aunque un análisis post hoc comparando con o sin entrenamiento de resistencia (grupo CTL vs. grupo Ex y Ex+suple.) encontró que la fuerza de extensión de rodilla se incrementó significativamente, y el deterioro cognitivo fue menor que en el grupo CTL
(18)	<p>8. Un suplemento nutricional de cinco ingredientes y ejercicios de resistencia en el hogar mejoran la masa magra y la fuerza en ancianos que viven en libertad</p>	<p>Se examinó los efectos de la combinación de entrenamiento de fuerza con bandas elásticas en el hogar y el uso de un suplemento de 5 ingredientes sobre la masa muscular, la fuerza y la función en hombres mayores que viven libremente tras una intervención de 12 semanas con asignación de ellos participantes en 2 grupos: ejercicio + suple. (M5) o ejercicio + placebo (PLA)</p> <p>El suplemento estaba compuesto de 5 ingredientes: creatina, vitamina D, omega</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El consumo total de proteínas, ajustado por la suplementación y el cumplimiento, fue significativamente mayor en los grupos PLA y M5 después de la intervención y superó la RDA actual - Las ingestas diarias de vitamina D3, calcio y PUFA n-3 fueron significativamente más altas en el grupo M5 posterior al estudio. - Masa magra apendicular y total, relación masa magra/grasa, fuerza máxima y la función

		<p>3, proteína de suero de leche y caseína micelar.</p>	<p>mejoraron significativamente en el grupo M5 después de la terapia HBRE/MIS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los individuos sarcopénicos en los grupos M5 y PLA exhibieron ganancias significativas en la masa magra apendicular después de la intervención, con ganancia promedio de 0,9kg. - La masa magra total y la grasa corporal solo mejoraron en el grupo M5 <p>Ganaron masa magra y perdieron grasa corporal.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuatro de siete individuos sarcopénicos fueron reclasificados en estadios de sarcopenia menos graves, o incluso "normales", después de la intervención. - Observamos una hipertrofia general de las fibras musculares tipo II, y en menor medida de las fibras musculares tipo I, tras el estudio. - Mejoraron en todas las pruebas de rendimientos, aunque las mejoras solo fueron significativas en la prueba de sentarse y pararse 5 veces. Estas mejoras fueron significativas tanto en el grupo PLA como en el grupo M5.
--	--	---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(40)	<p>9. Evaluación de la sarcopenia entre adultos frágiles de 65 años de edad y mayores que viven en la comunidad y que recibieron intervenciones multidominio en el estilo de vida</p>	<p>Se estudiaron los efectos tras una intervención multidominio del estilo de vida de 24 semanas de duración sobre el estado de sarcopenia, la fuerza muscular, la capacidad funcional y la composición corporal en adultos frágiles. Se les asignó a cinco grupos: entrenamiento de resistencia (RT), mejora nutricional con una fórmula de suplemento de nutrición comercial (NUT), entrenamiento cognitivo (EC), combinación de las 3 cosas (COMB.) y atención estándar (CTL).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hubo una reducción del número de participantes con sarcopenia del 27,2% a los 3 meses y del 26,1% a los 6 meses. - La velocidad de la marcha experimentó cambios significativos asociado con las intervenciones activas y fue el componente de sarcopenia con mayor cambio. - La puntuación media de sarcopenia disminuyó en el grupo de intervenciones activas. Fueron cambios estadísticamente significativos. - Hubo mejoras significativas en la prueba de velocidad de la marcha de 6m. - Las disminuciones en la puntuación de sarcopenia y los aumentos en ASMI, KES y GS desde el inicio hasta los 3 y 6 meses fueron estadísticamente significativos en el grupo de intervención activa. Sin embargo, las diferencias entre el grupo de intervención activa y el grupo de atención estándar (control) no fueron estadísticamente significativas. - Dentro de los participantes que experimentaron reducción de la sarcopenia hubo mayor número de sujetos masculino, presentaban niveles basales de ASMI significativamente más altos que aquellos que permanecieron sarcopénicos y eran significativamente más jóvenes.
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(25)	<p>10. Efectos de la suplementación con proteína de suero de leche enriquecida con leucina sobre la función física en adultos mayores poshospitalizados que participan en un programa de entrenamiento de resistencia de 12 semanas: un ensayo controlado aleatorio</p>	<p>Se estudió el efecto que un suplemento de suero de leche enriquecido en leucina, tomado posterior a un entrenamiento de resistencia, tenía sobre la masa muscular y las mejoras de fuerza en ancianos poshospitalizados. Se les sometió a un protocolo de 12 semanas en el que los participantes fueron divididos en dos grupos: - entrenamiento de resistencia + placebo (RET+PLA) o entrenamiento de resistencia + suplemento de proteína enriquecido en leucina (RET+LEU)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se observaron mejoras significativas en todas las pruebas de función física, excepto en la prueba de fuerza de prensión manual. Sin diferencias significativas entre los dos grupos. - No se observaron diferencias significativas en las mediciones de composición corporal dentro de los grupos al final de la intervención, exceptuando la masa magra de los brazos en el grupo RT+LEU. - La puntuación de la mini evaluación nutricional (MNA) mejoró significativamente en ambos grupos al final del periodo de intervención. Sin diferencias significativas entre grupos. - Respecto a los marcadores séricos de desnutrición proteica, no hubo diferencias significativas en los niveles de creatinina y albúmina con el tiempo en ninguno de los dos grupos. - Las concentraciones de prealbúmina disminuyeron significativamente en el grupo RET+LEU.
(31)	<p>11. Un ensayo doble ciego controlado con placebo sobre los impactos de la suplementación con HMB y el ejercicio en la</p>	<p>Se quiso examinar el efecto de la suplementación con HMB en hombres mayores y se buscaba definir los mecanismos subyacentes de cualquier</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Al final de la intervención aumentó el 1RM linealmente en la pierna entrenada en ambos grupos, significativamente estadísticos

	<p>síntesis de proteínas musculares de vida libre, la masa muscular y la función, en adultos mayores</p>	<p>efecto del HMB a través de un protocolo de 6 semanas en el que todos los participantes se sometieron a RET unilateral y se dividieron en dos grupos en función de si recibían HMB o placebo (PLA).</p>	<p>comparados con el inicio. No hubo diferencia entre los grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las medidas de contracción voluntaria máxima (MVC) aumentaron de manera progresiva en la pierna entrenada después de las 6 semanas, en ambos grupos significativamente. No hubo diferencia entre grupos. - Ni 1RM ni MVC sufrieron modificaciones en las piernas control de ninguno de los grupos. - La masa magra de la pierna entrenada sólo aumentó significativamente en el grupo HMB. - Hubo mejoras en medidas de arquitectura muscular en la pierna entrenada, el grosor muscular (MT) y la longitud de la fibra sufrieron un aumento significativo en la pierna entrenada. No hubo diferencias entre grupos. - El MT no varió tras el periodo de 6 semanas en la pierna control, tanto en el grupo PLA como en el grupo HMB. - No hubo diferencias significativas de niveles de síntesis proteica (MPS) al final de la intervención en ninguno de los dos grupos. - De todos los genes medidos, sólo la expresión del ARNm de cMyc cambió significativamente en respuesta a 6 semanas de RET. Tanto en el grupo PLA como en el de HMB, los niveles de
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			expresión de ARNm de cMyc se elevaron en la pierna entrenada en comparación con la pierna no entrenada.
(27)	12. La suplementación con leucina no altera la sensibilidad a la insulina en mujeres mayores prefrágiles y frágiles que siguen un protocolo de entrenamiento de resistencia	Se examinó si 12 semanas de RET complementadas con un suplemento de leucina mejorarían la sensibilidad a la insulina (IS) en mujeres mayores prefrágiles a través de un protocolo de RET y la aleatorización de los participantes a formar parte de dos grupos: suplemento leucina (Leu) y placebo (PLA).	<ul style="list-style-type: none"> - No se observaron efectos de interacción o de grupo significativos en los resultados primarios de las AUC de la insulina sérica y la glucosa plasmática en ayunas o valores pico. - No se observaron efectos significativos de grupo, tiempo o interacción en los resultados secundarios de HOMA-IR, IGF-1, balance de nitrógeno o gasto energético en reposo (REE). - El grupo Leu tuvo concentraciones de PCR más altas que el grupo Ala antes y después del estudio con concentraciones dentro del rango normal. - Como no hubo diferencias entre Leu y PLA en ninguno de los parámetros, se agruparon los resultados de composición corporal, ingesta de proteínas y fuerza muscular. No hubo diferencias significativas antes y después de la intervención en el peso, el IMC, la relación cintura-cadera, el índice de masa muscular apendicular y el %GC androide. Las 1RM aumentaron significativamente después de la intervención desde el inicio para todos los ejercicios

(23)	<p>13. Factores circulantes asociados con la sarcopenia durante el envejecimiento y después de una intervención intensiva en el estilo de vida</p>	<p>Se examinó cómo afectaba una intervención de estilo de vida de 12 semanas de duración compuesta por la combinación de suplementos de suero de leche y un programa de entrenamiento de resistencia en los niveles de citocinas proinflamatorias y hormonas metabólicas en ancianos con sarcopenia y sin sarcopenia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El grupo sarcopénico fue significativamente mayor más rico en sujetos inactivos, mujeres y diabéticos. Al comparar sus niveles de factores circulantes con sujetos no sarcopénicos, la IL-6, IL-18, TNF-α, TWEAK y leptina de los sujetos sarcopénicos fueron significativamente más altos y sus niveles de adiponectina, IGF1 fueron todos significativamente inferiores. - Los sujetos no sarcopénicos tendieron a manifestar niveles TWEAK más bajos, mientras que los presarcopénicos y sarcopénicos tendieron a manifestar niveles TWEAK altos. - Análisis de varias hormonas metabólicas mostraron que los sujetos sarcopénicos y presarcopénicos tendían a manifestar niveles significativamente más bajos de adiponectina y IGF1. - Los sujetos que completaron el programa intensivo de intervención de estilo de vida de 12 semanas mostraron mejoras pequeñas pero significativas en la masa muscular y también una tendencia hacia el aumento de la fuerza muscular sin llegar a ser significativa estadísticamente.
------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>- Al comparar antes y después de la intervención, hubo cambios significativos en TWEAK, TNF-α, IL-18, adiponectina e insulina.</p> <p>Los niveles de TWEAK, TNF-α e IL-18 de los sujetos sarcopénicos casi se restauraron a niveles normales después de la intervención.</p> <p>- La adiponectina y la insulina aumentaron dramáticamente después de la intervención, aumentando incluso más allá de los niveles en sujetos ancianos no sarcopénicos . Pero los índices HOMA-IR indicaron ausencia de resistencia a la insulina en todos los sujetos, a excepción de los sujetos no sarcopénicos que ya eran diabéticos.</p> <p>- No se observaron efectos significativos del tratamiento para los otros factores circulantes, aunque IGF1 tendió hacia un aumento, acercándose a los niveles saludables normales de IGF1 en sujetos ancianos no sarcopénicos.</p>
(20)	<p>14. Aumentos dependientes de la dosis en el equilibrio proteico neto de todo el cuerpo y la incorporación de aminoácidos derivados de proteínas dietéticas en la proteína miofibrilar durante</p>	<p>Se examinó la digestión de proteínas, la cinética de absorción de aminoácidos, el equilibrio de proteínas en todo el cuerpo y la resistencia sintética de proteínas miofibrilares a la ingesta de diferentes cantidades de proteínas durante la recuperación del ejercicio de resistencia en hombres mayores tras la asignación de</p>	<p>- El balance proteico neto de todo el cuerpo mostró un aumento dependiente de la dosis después de la ingestión de 0, 15, 30 o 45 g de proteína.</p>

	<p>la recuperación del ejercicio de fuerza en hombres mayores.</p>	<p>los participantes en cuatros grupos en función de la cantidad de suplemento de proteína de suero a ingerir después de una única sesión de ejercicio de resistencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares fueron más altas después de ingerir 30 o 45g de proteína en comparación con la ingestión de 0g. - Concentración de leucina en plasma aumentó rápidamente después de la ingestión de proteínas y fue mayor en el grupo de 45g en comparación con los grupos de 30g y 15g. - Incorporación de aminoácidos derivados de proteínas dietéticas (l-[1- ¹³C]-fenilalanina) en la proteína miofibrilar de novo mostró un aumento dependiente de la dosis después de la ingestión de 15, 30 o 45 g de proteína. - Análisis de AUC mostraron un aumento dependiente de la dosis en la disponibilidad de leucina en plasma durante el período posprandial de 6h en función de la cantidad de proteína ingerida. - Las tasas de degradación de proteínas de todo el cuerpo fueron más bajas en el grupo 45g en comparación con el grupo PLA. - La ingestión de mayores cantidades de proteína también resultó en una mayor concentración máxima de insulina en plasma. Tras la ingestión de 45 g de proteína se detectaron mayores concentraciones de insulina en comparación con el placebo.
--	---------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>- La ingestión de 15 g de proteína de leche no aumentó significativamente las tasas de síntesis de proteína miofibrilar después del ejercicio en comparación con la ingestión de un placebo sin proteínas.</p>
(24)	<p>15. Efectos de un suplemento de aminoácidos enriquecido con leucina sobre la masa muscular, la fuerza muscular y la función física en pacientes con sarcopenia después de un accidente cerebrovascular: un ensayo controlado aleatorio</p>	<p>Se examinaron los efectos de la administración de un suplemento de aminoácidos enriquecido en leucina sobre la masa muscular, la fuerza muscular y la función física en pacientes mayores con sarcopenia después de un accidente cerebrovascular tras una intervención de 8 semanas en las que ambos grupos realizaron un programa de entrenamiento de fuerza y en las que solo un grupo tomó el suplemento (LEU) y el otro recibió placebo (PLA).</p>	<p>- La puntuación de Medida de Independencia Funcional (FIM) aumentó significativamente en ambos grupos con el tiempo, pero se observó con una mejoría significativamente mayor en el grupo de intervención que en el grupo control.</p> <p>- La fuerza de prensión manual también aumentó significativamente con el tiempo en ambos grupos, con una mejoría significativamente mayor en el grupo LEU.</p> <p>- El índice de músculo esquelético (SMI) aumentó significativamente en el grupo de intervención pero no en el grupo de control con el tiempo.</p> <p>- No se observaron efectos de tratamiento x tiempo en los niveles cognitivos (puntajes FIM-C), el estado nutricional (puntajes MNA-SF) o los niveles de albúmina sérica.</p> <p>- La ingesta diaria de proteínas y energía aumentó significativamente en ambos grupos a lo largo del tiempo, aunque no se observaron</p>

			<p>efectos de tratamiento x tiempo para la ingesta diaria de proteínas (incluidos los suplementos).</p> <p>- La masa muscular y la fuerza fueron significativamente mayores en el grupo de intervención que en el grupo de control.</p>
(37)	<p>16. Efectos del entrenamiento de resistencia sobre la fuerza funcional y la masa muscular en personas de 70 años con presarcopenia: un ensayo controlado aleatorizado</p>	<p>Se observó si tras una intervención de 10 semanas de entrenamiento de fuerza hubo cambios en la fuerza funcional y en la composición corporal de hombres y mujeres mayores de 70 años con presarcopenia.</p>	<p>- Al comparar el grupo de intervención y el grupo de control, el cambio en la Batería Corta de Rendimiento Físico (SPPB) total durante el seguimiento no fue significativo. Aunque, la prueba de sentarse y levantarse mejoró significativamente en el grupo de intervención en comparación con el grupo de control.</p> <p>- Hubo una interacción significativa del sexo con respecto a los efectos de la intervención durante el seguimiento para varios resultados. En hombres, el grupo de intervención aumentó significativamente la puntuación total de SPPB durante el seguimiento y disminuyó significativamente los segundos en la prueba Timed Up and Go (TUG) en comparación con los controles masculinos.</p> <p>- Durante el seguimiento, el grupo de intervención mostró una mejora en todos los resultados funcionales, incluida la puntuación SPPB total, el tiempo TUG y la fuerza de prensión manual. Sin embargo, el grupo control</p>

			<p>no mostró mejoría en los resultados funcionales, excepto en el tiempo TUG.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El grupo de intervención mostró una mejora significativa en masa corporal magra (LBM) y masa grasa (FM) en comparación con el grupo control durante el seguimiento. - La masa magra del brazo, la masa magra de la pierna y el índice de masa magra apendicular mejoraron significativamente en el grupo de intervención en comparación con el grupo de control. - En el grupo de control, no se observaron cambios significativos en ningún parámetro de composición corporal durante el período de intervención.
(17)	<p>17. Efectos de la Adherencia a una Dieta Alta en Proteínas en la Pérdida de Peso, Marcadores de Salud y Capacidad Funcional en Mujeres Mayores que Participan en un Programa de Ejercicios de Resistencia</p>	<p>Se examinó si la adherencia a una dieta alta en proteínas durante la participación en un programa de 14 semanas de duración de ejercicios de resistencia producía cambios más favorables en la composición corporal, los marcadores de salud y/o la capacidad funcional en mujeres mayores obesas o con sobrepeso en comparación con seguir una dieta tradicional alta en carbohidratos o ejercicio entrenamiento solo sin intervención dietética. Se asignó a los</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se observó que el grupo HP experimentó reducciones significativamente mayores en comparación con los grupos HC y E en el peso, masa grasa (FM), y el porcentaje de masa grasa (%FM) sin presentar reducciones significativas en la masa libre de grasa o del gasto energético en reposo a lo largo del tiempo o entre los grupos.

		<p>participantes a tres grupos de forma aleatoria: solo entrenamiento (E), ejercicio + dieta hipoenergética alta en hidratos (HC) o ejercicio + dieta hipoenergética alta en proteínas (HP).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La masa libre de grasa aumentó con el tiempo en todos los grupos sin que se observaran diferencias significativas entre los grupos. - Todos los grupos experimentaron mejoras significativas en fuerza muscular, resistencia muscular, capacidad aeróbica, marcadores de equilibrio y capacidad funcional, y varios marcadores de salud. - Se observó una disminución significativa de las circunferencias de la cintura y la cadera desde el inicio. Sin embargo, hubo cambios significativamente mayores en el grupo HP en la circunferencia de la cintura. - Se observaron efectos de tiempo significativos entre las variables de homeostasis de la glucosa con insulina y sensibilidad a la insulina mejorando entre todos los grupos con el tiempo. Sin embargo, no se observaron interacciones significativas entre los grupos. La glucosa en ayunas disminuyó significativamente en mayor medida en el grupo HP en comparación con el grupo HC. - Los participantes del grupo HP experimentaron un aumento significativamente mayor de adiponectina que el grupo HC y el grupo HP observaron una mayor reducción de leptina que los grupos HC y E.
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(19)	<p>18. Efectos de la suplementación con proteína de suero antes o después del entrenamiento de resistencia sobre la masa muscular, la fuerza muscular y la capacidad funcional en mujeres mayores precondicionadas: un ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>Se examinaron los efectos de tomar suplementos con proteína de suero antes o después del entrenamiento sobre la masa muscular esquelética (SMM), la fuerza muscular y la capacidad funcional en mujeres mayores precondicionadas tras una intervención de 12 semanas en las que los participantes participaron en un programa de entrenamiento de fuerza y se asignaron de forma aleatoria a tres grupos: proteína de suero antes de la RT y placebo después de la RT (WP-PLA), placebo antes de la RT y proteína de suero después de la RT (PLA- WP) o placebo antes y después de la RT (PLA-PLA).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Una interacción tiempo vs. grupo con WP-PLA y PLA-WP presentando mayores incrementos en comparación con PLA-PLA para SMM, tejido blando magro de extremidades inferiores (ULLST), fuerza y la prueba de marcha de 10 m. No hubo diferencias significativas entre el momento de la ingesta de proteínas. - Se revelaron diferencias significativas entre los grupos tanto para la ingesta de carbohidratos como de proteínas en la condición posterior al entrenamiento, en la que los grupos WP ingirieron mayores cantidades de proteínas, mientras que PLA-PLA ingirió mayores cantidades de carbohidratos.
(21)	<p>19. Efectos de la suplementación con composición nutricional rica en proteínas sobre los índices de sarcopenia y la actividad física durante el entrenamiento con ejercicios de fuerza en mujeres mayores con osteoartritis de rodilla</p>	<p>Se observó si hubo mejoras en los índices sarcopénicos y en la actividad física después de 12 semanas de un programa de entrenamiento de fuerza combinado con una dieta rica en proteínas en mujeres mayores de entre 60 a 85 años con osteoartritis de rodilla.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hubo mayores aumentos en el índice de masa muscular esquelética del cuerpo entero (SMI) e índice de masa magra apendicular (AMI) en el grupo RET + PS (grupo experimental) con respecto al grupo que solo se sometió a RET (grupo control). - Los sujetos del grupo experimental obtuvieron una velocidad de la marcha más rápida en

			<p>comparación a la del grupo control después de la intervención.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No hubo cambios significativos en la calidad muscular (MQ) entre los grupos después de la intervención. - Después de la intervención se verificaron cambios significativamente mayores en la actividad física total en el grupo experimental. - El grupo experimental experimentó mayor mitigación del dolor y mejoras en la función global que el grupo control. - Se observó que el PS + RET tuvo efectos sobre la prevención de la sarcopenia en el grupo experimental ya que en este grupo hubo mayor número de personas sin sarcopenia y menor número de personas con sarcopenia grave que en el grupo control después de la intervención.
(33)	<p>20. Efectividad de una intervención multimodal en personas mayores funcionalmente deterioradas con diabetes mellitus tipo 2</p>	<p>Los participantes fueron asignados a recibir cuidados usuales o procedimientos de intervención multimodal compuesta por RET durante 16 semanas y educación nutricional sobre diabetes, con el fin de evaluar cambios en la capacidad funcional, el ratio coste-efectividad de la intervención y diversos parámetros sobre</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tras 12 meses, el grupo de intervención (IG) experimentó un aumento significativo en la Batería Corta de Rendimiento Físico (SPPB) con respecto al grupo de cuidados usuales (UCG). - Los abandonos fueron mayores en los participantes frágiles y en el grupo de intervención.

		<p>la calidad de vida en personas mayores con diabetes mellitus 2 (DM2)</p>	<p>- No hubo diferencias significativas en las actividades de la vida diaria (AVD) ni en la calidad de vida.</p> <p>- Se estimó que después de la intervención se ahorró 428 EUR por paciente por año en el grupo intervención en comparación con el grupo UCG</p>
(22)	<p>21. El entrenamiento de resistencia con o sin suplementos nutricionales no mostró influencia en el grosor muscular en adultos ancianos institucionalizados: un análisis secundario del Estudio de Envejecimiento Activo de Viena</p>	<p>Se examinó si tras seis meses de una intervención en la que se asignó a los participantes en tres grupos, uno que de entrenamiento de fuerza sin suplementación nutricional (RET), uno de entrenamiento de fuerza con suplementación nutricional adicional (RTS) y un grupo control (CTL), producía cambios en el grosor muscular (MT) medido en el músculo cuádriceps de mayores institucionalizados.</p> <p>El suplemento nutricional adicional consistió en una bebida con alta composición en proteínas y enriquecida con diversas vitaminas y minerales.</p>	<p>- Después de seis meses de entrenamiento de fuerza o suplementación nutricional no fueron capaces de producir cambios en el MT del músculo cuádriceps.</p> <p>- La MT de las distintas partes del músculo cuádriceps aumentaron significativamente en todos los grupos después de seis meses, pero sin diferencias entre los grupos</p> <p>- Los participantes con un MT más bajo o con un mayor número de enfermedades o medicaciones en el inicio, sí experimentaron aumentos significativos del MT después de la intervención.</p>

(34)	<p>22. El Entrenamiento de Resistencia Progresivo Mejora la Capacidad de Torque y la Fuerza en Adultos Mayores con Movilidad Limitada</p>	<p>Se examinó si 12 semanas de entrenamiento de resistencia progresiva (PRT) o flexibilidad en el hogar (FLEX) mejoraban la capacidad de torque en adultos mayores con movilidad limitada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El grupo PRT mejoró significativamente en la capacidad de torque en comparación con el grupo FLEX. - El grupo PRT experimentó mayores mejoras en la fuerza máxima, medida a través del 1 RM en la prensa de piernas, que los del grupo FLEX. - Ninguno de los grupos demostró cambios significativos en la fatiga muscular o la variabilidad del torque.
(38)	<p>23. La baja capilarización del músculo esquelético limita la adaptación muscular al entrenamiento de fuerza en adultos mayores</p>	<p>Se examinaron los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza progresiva de 12 semanas sobre la capilarización muscular y los índices de hipertrofia muscular en adultos mayores poco activos. Posteriormente los participantes fueron divididos en dos grupos, BAJO o ALTO en función de su índice de intercambio de perímetro capilar a fibra (CFPE) antes del RET.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La relación capilar-fibra basal (C:Fi), el índice de intercambio del perímetro (índice CFPE) y la capacidad de difusión (índice LC-PF) entre los capilares y las fibras musculares se correlacionaron positivamente con el número de pasos por día. - Solo el grupo BAJO mostró un aumento en C:Fi después de RET con C:Fi en el grupo ALTO que no mostró cambios después de RET, pero estos cambios no resultaron ser significativos. - Sin embargo, con el índice CFPE, que mostró una interacción significativa, y un efecto de aumento de la capacidad de intercambio de fibras capilares solo en el grupo BAJO.

			<ul style="list-style-type: none"> - Después de RET, los sujetos del grupo ALTO experimentaron hipertrofia con mejoras significativas en la síntesis de proteína muscular y CSA de fibra muscular. - RET no promovió la hipertrofia muscular en el grupo BAJO, pero RET aumentó significativamente la densidad capilar muscular.
(35)	24. miR-19b-3p está asociado con una respuesta diametral al ejercicio de fuerza en adultos mayores y regula el anabolismo del músculo esquelético a través de la inhibición de PTEN (homólogo de fosfatasa y tensina)	<p>Se examinaron los perfiles de expresión de miARN circulantes en la respuesta diametral de la masa magra de las piernas en personas mayores con movilidad limitada después de una intervención de entrenamiento de fuerza progresiva (PRET) de 6 meses combinada con la ingestión de un concentrado de proteína de suero o un control isocalórico y de qué forma influencia la expresión diferencial de miARN en la regulación de la masa muscular esquelética, para ello los participantes se dividieron en dos grupos en función de las ganancias o pérdidas de masa magra después del PRET</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No se detectaron diferencias en el número de participantes que consumieron el suplemento de proteína y placebo entre los grupos de ganadores o perdedores. - Los ganadores aumentaron significativamente la masa libre de grasa frente a los perdedores. - Los perdedores experimentaron una mayor disminución de la masa grasa después de la intervención que los ganadores. Sin embargo, la masa magra no cambió después de los 6 meses. - Ambos grupos aumentaron el área transversal de la pierna, sin diferencias significativas entre grupos. - En la evaluación de la función física, el grupo de ganadores mostró mejoras significativas en el tiempo de elevación de la silla y en la 1RM de

			<p>prensa de piernas con respecto al grupo de perdedores.</p> <ul style="list-style-type: none"> - De los 17 miARN evaluados en este análisis, 5 miARN fueron más altos y 1 miARN fue menor en Ganadores en comparación con Perdedores. Siendo miR-19b-3p el más asociado con el cambio en la masa libre de grasa corporal total. - La expresión de miR-19b-3p en el músculo esquelético y circulante fue mayor en los ratones jóvenes que en los viejos y se asoció positivamente con la masa muscular y la fuerza de agarre. - La sobreexpresión de miR-19b-3p apuntaba y regulaba a la baja PTEN para facilitar un aumento significativo en la tasa de síntesis de proteína muscular. - miR-19b-3p como un potente regulador del anabolismo muscular que puede contribuir a una respuesta interindividual a PRET en adultos mayores con movilidad limitada.
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------