



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD
LEÓN**

**TEMA: Intervención mediante ejercicio de fuerza para el
tratamiento de la sarcopenia en el paciente geriátrico.
Revisión sistemática.**

**FORMA DE TITULACIÓN: DIPLOMADO DE
ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN FISIOTERAPIA

P R E S E N T A:

José Armando Correa Villalpando

TUTOR: Mtra Adriana del Carmen Echevarría González

ASESOR: LFT. Diego Yépez Quiroz

León, Guanajuato

2022





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A mis padres, Víctor y Luz, quienes sin importar la circunstancia han sido mi mayor soporte e inspiración para la formación personal y académica, por todo el amor y comprensión brindados hacia mi persona.

A mi hermana Brenda, quien ha formado en mí, una inspiración y un ejemplo a seguir desde que llegue a este mundo.

A mi Tía María Guereca, quien ha fungido como una segunda madre, siempre comprensiva y motivadora, quien es uno de mis mayores ejemplos que nunca hay que rendirse.

A mis verdaderos amigos quienes se han convertido en hermanos no sanguíneos, al Ing Civil. Luis Daniel Arrona, Lic. Adonis Donis, Ing. Citlali Romero, Julio Jiménez, Ángel Rojas, LFT. Emmanuel Perales, LFT. Erick Galicia, FT. Felipe Manríquez, Ing. Química Agueda Villarreal, Ing. Biotecnológica Karina Romero. Dra. Vanesa Jauregui.

A LFT Michell Centeno, por su compañía, sus consejos y por todo lo que hemos vivido.

A mis maestros, quienes con toda su trayectoria formaron en mí, el juicio clínico y la ética que tanto expusieron durante años.

A mis pacientes, quienes confiaron en mí, lo más sangrado que existe en el mundo, su salud.

En memoria de Michelle Díaz de León (1997-2021)

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por brindarme una formación académica de excelencia, por proyectarme en el ámbito laboral y por ser una casa para mí.

A la Escuela de nivel medio superior centro histórico León de la universidad de Guanajuato (UG) quien desde edad temprana formo en mi un sentimiento de responsabilidad social y académica.

A la Dra. Laura Susana Acosta, quien como directora de la E.N.E.S León, velo por el bienestar universitario durante mi formación.

A el Dr. Enrique Graue Wiecher, quien como rector general de la U.N.A.M, propicio las condiciones adecuadas para el desarrollo personal y académico.

A mis maestros, quienes brindaron su conocimiento, su formación y su ética profesional para formar en mí, el profesional que soy actualmente.

A la Mtra. Adriana Echevarría Gonzales, por su paciencia, por todo el conocimiento brindado, y por la gran motivación que me ha brindado.

A el FT. Diego Yépez Quiroz, por su enorme paciencia, por confiar en mí y por todo el apoyo brindado durante la elaboración del presente trabajo.

A el Dr. Jesús Barrera Reséndiz, por su gran aporte académico, por formar en mí el hábito de ver más allá de lo superficial.

A la Dra. Aline Viveiro, por su apoyo en decisiones profesionales y académicas, por brindarme los conocimientos que hoy son la base de mi atención clínica.

A el FT. Israel Vidaurri, por siempre considerarme un buen aprendiz y brindarme todos los consejos basados en su vasta experiencia.

A la FT Ileana Aguilar, por brindarme su gran apoyo tanto personal, académico, y por la confianza en brindarme mi primera experiencia laboral.

A la Psic. Silvina López y al Lic. José Antonio Zermeño García que, desde las etapas tempranas de mi formación, confiaron en mi como futuro profesional.

A mi familia, por nunca dudar de mí, y siempre apoyarme en todas las decisiones académicas y profesionales que he tomado.

INDICE

I) INTRODUCCIÓN	3
II) MARCO TEORICO	5
1.- Generalidades del musculo esquelético	5
1.2 Histología del tejido muscular esquelético.....	6
1.2.1 Organelos de la fibra muscular	6
1.2.3 Proteínas musculares.....	8
1.2.4 Tipos de fibras musculares	9
1.3 La contracción muscular.....	11
1.4 Tejido muscular y envejecimiento	12
2.0 Sarcopenia.....	13
2.1 Marco histórico y definición	13
2.2 Fisiopatología de la sarcopenia.....	16
2.3.1 Mecanismos fisiopatológicos	17
2.3.2 Rol de la apoptosis muscular en el desarrollo de la sarcopenia.....	17
2.3.3. Pérdida de las motoneuronas alfa y disminución de la contractibilidad del tejido muscular.	18
2.3.3.2 Cambios hormonales.....	19
2.3.3. Inflamación, aumento de la síntesis y liberación de citocinas catabólicas.....	21
2.4 Métodos diagnósticos.....	23
2.4.1 Herramientas diagnósticas para la disminución de la masa muscular	24
2.4.2 Herramientas diagnosticas para la disminución de la fuerza muscular	30
2.4.3 Herramientas diagnosticas para la disminución del desempeño físico	31
2.5 Tratamiento.....	33
2.5.1 Nutrición.....	34
2.5.1.1 El control neuroendocrino de la saciedad y su relación con la anorexia relacionada al envejecimiento.	34
2.5.1.3.2 Suplementación de antioxidantes.	36
2.5.1.3 Suplementación de nutrientes anti inflamatorios.	37
2.5.1.4 Suplementación de vitamina D	37
2.5.2 Abordaje farmacológico	37
3.0 Ejercicio físico.....	39
3.1 Mecanismo de adaptación del tejido muscular al ejercicio físico.....	40
3.1.1 Adaptaciones de tejido muscular al ejercicio físico aeróbico.	40

3.1.2 Adaptaciones de tejido muscular al ejercicio físico anaeróbico.....	41
3.1.2 Vías metabólicas de miogenesis.....	42
3.3 Ejercicio de fuerza.	44
3.3.1 Variables modificables.....	46
3.3.2 Clasificación de la fuerza muscular.	46
3.4 Recomendaciones de ejercicio físico en la población geriátrica.....	47
III) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	49
IV) PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	51
V) JUSTIFICACIÓN	52
VI) OBJETIVOS	54
OBJETIVO GENERAL:.....	54
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	54
VII) MATERIAL Y MÉTODOS	55
1.1 Protocolo:	55
1.2 Criterios de elegibilidad.....	55
1.3 Fuentes de datos:	56
1.4 Búsqueda	56
1.4.1 Pubmed central.....	56
1.4.2 Biomed central	56
1.4.3 Sciendirect.....	57
1.4.4 Google scholar	57
1.5 Selección de estudios:	57
1.6 Proceso de extracción de datos.	58
1.7 Lista de datos	58
1.9 Medidas de resumen.....	59
2.0 Síntesis de resultados.....	60
VIII) RESULTADOS	61
1.1 Selección de estudios:	61
1.2 Características de los estudios.....	62
1.3 Riesgo de sesgo en la publicación.	68
1.3 Síntesis de resultados.....	69
IX) DISCUSIÓN.....	72
X) CONCLUSIONES.....	76

XI) ANEXOS.....	77
Anexo 1. CHECK LIST Declaration PRISMA.....	77
Anexo 2: Escala PEDro	78
XII) REFERENCIAS	79

RESUMEN

Introducción: La sarcopenia es definida como “síndrome caracterizado por la pérdida progresiva de la masa y fuerza muscular esquelética” se estima que entre el 3 al 24 % de la población mayor a 65 años padecerá sarcopenia. La principal medida terapéutica es el abordaje basado en ejercicio, sin embargo, no cuenta con parámetros de dosificación recomendados para la ejecución de programas basados en ejercicio de fuerza.

Objetivo: Identificar las prescripciones de dosificación de ejercicio de fuerza/resistencia actuales para el abordaje de la sarcopenia del adulto mayor.

Metodología: Se ejecuto una búsqueda electrónica en la base de datos: Pubmed central, Google Scholar, Sciendirect, Biomed central; utilizando las palabras claves: sarcopenia, fisioterapia, ejercicio, entrenamiento, fuerza. Se incluyeron aquellos artículos que mencionaron el tratamiento basado en ejercicio de fuerza y su dosificación, que estuviesen escrito en idioma español y/o ingles con un rango de fecha de publicación entre el año 2010 hasta el 2021. Se excluyeron todos los artículos cuya intervención fuera basada en abordajes farmacológicos, que combinaran modalidades de ejercicio físico.

Resultados: Se obtuvieron un total de 1936 artículos, tras los procesos de selección y exclusión se incluyeron un total de 11 artículos, de los cuales arrojaron que la prescripción debe contemplar intensidad moderada-alta, volumen de 3 series a 10-15 repeticiones, 3 sesiones por semana, con tiempos de descanso de 60 a 180 segundos.

Conclusión: El ejercicio de fuerza para tratamiento de la sarcopenia debe ser prescripto con base a los parámetros propuestos por el ACMS para población adulta sana.

Palabras clave: Sarcopenia, Ejercicio, Fuerza, Resistencia, Dosificación, Prescripción.

ABSTRACT

Introduction: Sarcopenia is defined as "a syndrome characterized by the progressive loss of skeletal muscle mass and strength" it is estimated that between 3 to 24% of the population over 65 years of age will suffer from sarcopenia. The main therapeutic measure is the strength exercise; however, it does not have recommended dosage parameters for the execution of programs based on strength exercise.

Objective: To identify current strength/resistance exercise dosage prescriptions for sarcopenia in the elderly.

Methodology: An electronic search is carried out in the database: Pubmed central, Google Scholar, Sciendirect, Biomed central; using the keywords: sarcopenia, physiotherapy, exercise, training, strength. Those articles that mention the treatment based on strength exercise and its dosage, which were written in Spanish and/or English with a publication date range between 2010 and 2021, are included. All articles whose intervention was based on pharmacological approaches, which combined modalities of physical exercise.

Results: A total of 1936 articles were incorporated, after the selection and exclusion processes a total of 11 articles were included, of which they showed that the prescription should contemplate moderate-high intensity, volume of 3 series at 10-15 repetitions, 3 sessions per week, with rest times of 60 to 120 seconds.

Conclusion: Strength exercise for the treatment of sarcopenia should be prescribed based on the parameters proposed by the ACMS for the healthy adult population.

Keywords: Sarcopenia, Exercise, Strength, Endurance, Dosage, Prescription.

I) INTRODUCCIÓN

El tejido muscular esquelético humano está en constantes cambios a lo largo de la vida de la persona, esto a su vez le ha propiciado una elevada capacidad de adaptación al entorno, sin embargo, esto no lo hace exento a diversas patologías entre las más destacadas encontramos a la sarcopenia en los adultos mayores, la cual se define como “perdida de la masa muscular, fuerza, y capacidad funcional asociado a la edad”(John E. Morley et al., 2001). Dicha condición representa una problemática tanto en el ámbito individual como en la salud pública, propiciando estados de fragilidad al adulto mayor y por consiguiente a la probabilidad de requerir la institucionalización y/o ingreso a estancias hospitalarias.(Inouye et al., 2007)

La población geriátrica ha tomado una importancia en el desarrollo de estrategias clínicas que lleven a una atención individualizada y enfocada en el paciente geriátrico considerando la amplia gama de variables que repercuten directa e indirectamente en el éxito terapéutico de todas las intervenciones que se lleguen a efectuar.(Shannon S. Wu et al., 2020)

Los síndromes geriátricos son toda entidad clínica originada por la conjunción de una serie de enfermedades que tienen como principal característica una enorme prevalencia en aquellas personas que son mayores de 60 años y que son frecuentemente el origen de alguna incapacidad funcional o social(Inouye et al., 2007)

Esto último ha llevado a los países en vías de envejecimiento a enfocarse en el tratamiento preventivo de diferentes síndromes geriátricos. El caso de México las instituciones de atención pública como lo son el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) cuenta con guías de práctica clínica que abordan el tratamiento de dichos síndromes, como lo es la sarcopenia, sin embargo, estas guías se han caracterizado por tener indicaciones generales que aportan poco a la práctica clínica. (IMSS, 2011)

Puesto que no existe una guía clínica individualizada únicamente para la sarcopenia, esto se aborda en conjunto con el síndrome de fragilidad, que, si bien existe una relación estrecha entre ambos, la sarcopenia existe como ente patológico

independiente. La recomendación en cuanto a ejercicio de fuerza/resistencia se limita a una recomendación general de una duración de 24 semanas de intervención, 2 a 7 veces por semana ignorando las demás variables modificables en el ejercicio de fuerza.(IMSS, 2011)

La presente revisión bibliográfica tiene como principal objetivo el identificar las variantes que se pueden utilizar en el desarrollo de un programa basado en ejercicio que pueda ser aplicado por profesionales sanitarios, en especial el fisioterapeuta, para el tratamiento de la sarcopenia del paciente geriátrico.

II)MARCO TEORICO

1.- Generalidades del musculo esquelético

Típicamente llamado como tejido muscular esquelético, se conjuga a todos los músculos que generan el movimiento, fijándose a diferentes segmentos óseos, piel u otros grupos musculares. Tiene como una de sus principales características ser estriados, formadas por bandas oscuras y claras que son a su vez formadas por las unidades funcionales del musculo, la sarcomera, que será abordada de manera más detallada a continuación; a su vez, el musculo esquelético tiene un control voluntario.(Gerard J. Tortora, 2011)

En la literatura se han identificado de manera general 4 características que cumplen los diferentes tipos de tejido muscular que existen en el cuerpo humano teniendo como la primera:

- a) Excitabilidad, que se define como la capacidad que tiene el tejido a responder a la excitación por parte del sistema nervioso central y periférico.
- b) Contractibilidad que toma como definición la siguiente: capacidad del tejido de acortarse activamente y ejercer una fuerza o una tensión que junto con los tejidos conectivos logran canalizar.
- c) Extensibilidad, dicha característica se refiere a la capacidad del tejido a seguir produciendo una contracción dentro de sus límites de longitud en reposo
- d) Elasticidad, esta característica alude a la capacidad del tejido de recuperar sus dimensiones originales tras un ciclo de contracción. (Martini et al., 2009)

Mediante los diferentes ciclos contráctiles que pudieran generar los músculos esqueléticos se han detectado 4 principales funciones atribuibles a el tejido muscular esquelético (Gerard J. Tortora, 2011)

- a) La generación de movimientos corporales
- b) Estabilizar las posiciones corporales
- c) Almacenar y movilizar sustancias en el organismo

d) Termogénesis

El tejido muscular no es el único elemento descrito en el sistema locomotor, se han descrito componentes de tejido conectivo que en conjunto proporcionan un soporte hacia los diferentes grupos musculares existentes en el cuerpo humano, dichos componentes se han nombrado en base a el número de fibras musculares que encapsulan, en primera instancia tenemos al epimisio, que es una capa de tejido conectivo que engloba a un musculo individual. En siguiente instancia tenemos a él perimisio, que se describe al igual que el anterior como una capa de tejido conectivo que engloba a un conjunto de fibras musculares que formarán a su vez los fascículos que darán forma a un musculo individual. Finalmente tenemos a la capa que engloba a una fibra muscular individual, denominada endomisio. (Frontera & Ochala, 2015)

1.2 Histología del tejido muscular esquelético.

Dentro del nivel de organización de los seres vivos, encontramos que la célula es la unidad anatómica fundamental, en el caso del tejido muscular esquelético, esta unidad anatómica es la fibra muscular. La fibra muscular como unidad anatómica del musculo esta a su vez compuesta por diferentes organelos con diferentes funciones que en conjunto darán lugar al funcionamiento normal de la fibra muscular.

1.2.1 Organelos de la fibra muscular

Como lo marca el modelo estándar de una célula, las fibras musculares cuentan con una barrera externa, llamada *sarcolema*, con una composición bilipídica que funge como una estructura de oposición hacia el libre tránsito de diferentes sustancias del entorno intra y extra celular, es la responsable del filtro necesario para la entrada de los iones o sustancias necesarias para el metabolismo muscular, esto se consigue mediante diferentes estructuras como lo son ellos *túbulos transversos*, encargados de que el potencial de acción generado excite a las diferentes porciones de la fibra muscular de manera simultánea.(Martini et al., 2009)

El medio intra celular está comprendido por el *sarcoplasma*, una suspensión que contiene una gran cantidad de glucógeno, como potencial fuente de energía en los

ciclos contráctiles, a su vez que contiene una proteína denominada mioglobina, la función de la misma se enfoca en la captación de oxígeno por parte del riego sanguíneo, para la posterior liberación del mismo con el objetivo de la producción de ATP durante la contracción muscular.

A lo largo del sarcoplasma nos encontramos de organelos contráctiles, llamados *miofibrillas*, de aspecto estriado, se extienden a lo largo de toda la fibra muscular, y a su vez son acompañados de un sistema de sacos membranosos llamados retículos sarcoplasmáticos, encargado del almacenamiento de iones de calcio (Ca^{2+}) para su posterior liberación en el ciclo contráctil.(Frontera & Ochala, 2015)

Finalmente, cada miofibrilla está conformada por dos tipos de filamentos, el primero de ellos llamados *filamentos finos* de aproximadamente 8 nm de diámetro y 1-2 μm de longitud; y tenemos a su vez, a los *filamentos gruesos* de 16 nm de grosos y 1-2 μm de longitud, ambos implicados estrechamente en el proceso de contracción muscular.

Un conjunto de filamentos gruesos y finos, dan lugar a una sarcomera, la unidad funcional básica de la miofibrilla, que a su vez subdividiremos por regiones:

- a) Banda A: toda región de la sarcomera donde se recorre toda la longitud de los filamentos gruesos y sus extremos contiene una porción de superposición con filamentos finos, ocupa la porción central de la misma.
- b) Banda I: Porción de la sarcomera clara y menos densa que contiene filamentos finos, sin embargo, no contiene ningún filamento grueso.
- c) Banda H: dentro de la banda A, contiene puramente filamentos gruesos.
- d) Líneas Z: placas densas que tienen como función la separación de una sarcomera de la siguiente
- e) Línea M: Formada por proteínas de sostén, denominada así por ubicarse en la zona medial de la sarcomera.(Gerard J. Tortora, 2011)

1.2.3 Proteínas musculares.

Para el abordaje de las proteínas musculares las clasificaremos con base a su función dentro del tejido muscular. Teniendo en primer lugar las proteínas encargadas de la generación de la fuerza, llamadas proteínas contráctiles:

- Miosina: Proteína de gran tamaño, se describe con “forma de dos palos de golf” siendo el primer segmento, la cola de la miosina, una proyección cilíndrica que se ancla hacia la línea M, siendo los vértices las cabezas de miosina, con una orientación hacia el exterior, se extienden hacia alguno de los filamentos finos que rodean al filamento grueso para formar el complejo actina-miosina encargado de formación de fuerza contráctil.
- Actina: principal componente de los filamentos finos, varias moléculas de actina se aglomeran en forma de doble hélice, cada una de ellas, cuenta con un sitio de unión hacia la miosina, ancladas hacia el disco Z de la sarcomera, forma parte del complejo actina-miosina. (Small et al., 1993)

En segunda instancia tenemos a aquellas proteínas encargadas de la regulación del ciclo contráctil:

- Troponina: Principal encargada de la liberación del sitio de unión del complejo activa-miosina es una proteína que se conforma de tres subunidades, denominadas TnC la cual es el sitio de unión a Ca^{2+} , la TnI encargada de inhibir la actividad de acto miosina ATPasa, y la tercera unidad denominada TnT sitio de unión con la tropomiosina,
- Tropomiosina: es una molécula helicoidal en espiral, tiene una longitud de 40 nm de largo, que abarcan siete monómeros de activa, encargada del bloqueo dependiente del voltaje de sitio de unión de la miosina en la actina. (Spudich et al., 1972)

En tercera instancia consideramos a aquellas proteínas encargadas de funciones estructurales:

- Distrofina: Se ha descrito como una proteína que tiene como principal función el anclaje del complejo multiproteico DGC (complejo distrofiglicoproteico) a

la membrana celular, en el contexto del tejido muscular, tiene como función la unión del citoesqueleto a la matriz extracelular para conseguir una integridad en la membrana muscular, dando soporte y protección a la fibra muscular durante la contracción, lo que se conoce como sistema de fijación entre miofibrillas y sarcolema.(Chaustre R. & Chona S., 2011)

- Nebulina: Con forma de filamentos, está estrechamente relacionada con los filamentos finos, anclándolos hacia la línea Z, su papel como proteína estructural no se limita al sostén de los filamentos finos, a su vez, funciona como una proteína reguladora de la longitud del propio filamento de actina contra los efectos físicos del proceso contráctil.(Murphy et al., 2019)
- Miomesina: Una de los principales componentes de la línea M de la sarcomera, junto con la titina, anclan los filamentos gruesos adyacentes hacia la región central de la sarcomera (Banda A) a su vez que la miomesina se encarga del soporte de los filamentos gruesos hacia la línea M.(Prill et al., 2019)
- Titina: proteína de gran tamaño molecular de aproximadamente 3000 KDa, extendiéndose desde el disco Z hasta la línea M, clásicamente se le han atribuido dos funciones principales; la primera de esta relacionado con el correcto desarrollo de la sarcomera, en conjunto con la miomesina y obscurina, anclando los filamentos gruesos a la línea M. En segundo lugar, proporciona elasticidad y soporte, esto se logra manteniendo un sistema de comunicación axial entre los dos sistemas de filamentos con el fin de proporcionar tensión en reposo, por otra parte, mantiene a los filamentos gruesos al centro de la sarcomera, lo que permite el deslizamiento de los sistemas de filamentos durante el proceso de contracción, esto a su vez, tiene como consecuencia final que actúe como resorte regresando a su longitud inicial, manteniendo una resistencia al estiramiento.(Skeie, 2000)

1.2.4 Tipos de fibras musculares

Dentro de la heterogenia del tejido muscular esquelético, encontramos una clasificación hacia las fibras que componen un musculo individual, clásicamente se

han descrito dos grandes grupos de fibras musculares: Fibra tipo I y la fibra tipo II, esta última sub dividiéndose en tipo IIa y IIB cada una con características específicas (Ver tabla 1).

Llamadas de manera generalizada fibras de contracción lenta, tienen como principal característica funcional una alta resistencia a la fatiga, esta resistencia es proporcionada por sus características metabólicas, un alto aporte sanguíneo, el cual a su vez le da una tonalidad roja oscura; la principal fuente de energía el proceso de fosforilación oxidativa.

Dentro de sus características físicas, tenemos a su vez, que es de un diámetro pequeño, la velocidad con la cual obtienen una contracción es aproximadamente de 100 a 200 mseg, por lo cual estas al tener una actividad lenta y prolongada, tienen un predominio en aquellos músculos que se encargan de la postura o de la realización de actividades aeróbicas de larga duración (Westerblad et al., 2010)

A su vez denominadas fibras de contracción rápida resistentes a la fatiga o rápidas oxidativas, de mayor tamaño que las fibras tipo I, tienen como principal característica funcional la capacidad de producir una contracción rápida (menos de 100 Mseg) sin embargo, esta velocidad de contracción no compromete su capacidad hacia la fatiga, esto debido a él gran aporte sanguíneo y la cantidad de mitocondrias existentes; por lo cual, este tipo de fibras musculares tienen como principal fuente de energía el sistema de fosforilación oxidativa, sin embargo, también son capaces de generar ATP, mediante la glucolisis anaeróbica. (Exeter & Connell, 2010)

Siendo denominadas como fibras de contracción rápida fatigables o rápida glucolítica. De mayor tamaño de los 3 tipos de fibras, a su vez que, con un menor aporte sanguíneo con una coloración más blanca, a consecuencia de esto, tenemos que su principal aporte metabólico es la glucolisis anaeróbica y la fosfocreatina. Dichas características metabólicas, le proveen de una capacidad grande para generar contracciones rápidas y potentes, predominantes en actividades intensas de corta duración.(Westerblad et al., 2010)

Tabla 1. Principales características de los diferentes tipos de fibras musculares.

Característica	Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
Denominación	Lenta oxidativa	Rápida oxidativa	Rápida glucolítica
Actividad miosina ATPasa	Reducida	Intermedia	Muy elevada
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Fatigabilidad	Resistente (tardía a la sensación de fatiga)	Resistente	Baja (La sensación de fatiga es rápida)
Número de mitocondrias	Numerosas, elevada	Moderadas	Pocas
Actividad oxidativa	Elevada	Elevada, siendo menor a la Tipo I	Escasa
Red capilar	Muy abundante	Abundante	Escasa
Fuentes de ATP	Fosforilación oxidativa	Predomino de fosforilación oxidativa	Glucolisis anaeróbica y fosfocreatina
Tamaño de fibra muscular	Pequeña	Grande	Grande
Cantidad de miofibrillas por fibra	Moderada	Elevada	Muy elevada

Tomado de: (Martini et al., 2009)

1.3 La contracción muscular

La contracción muscular se puede definir como la secuencia repetida de fenómenos que tienen como principal acontecimiento el deslizamiento de los sistemas de filamentos, en dicho proceso, se han registrado 4 pasos o procesos principales los cuales serán enumerados y desarrollados a continuación:

1. *Hidrolisis de las moléculas de ATP:* En primera instancia, en el filamento grueso de miosina, en su porción terminal (cabeza de miosina) se encuentra un sitio de unión con ATP junto con una ATPasa, esta última es una enzima que se encargara de la romper un puente de fosfato, hidrolizando la molécula de ATP, teniendo como resultado una molécula de ADP y un grupo fosfato, dicho proceso genera energía con la cual la cabeza de miosina se reorienta.
2. *Acoplamiento de la miosina a la actina para formar puentes cruzados:* Con la energía generado por la ruptura del puente de fosfato del ATP, se carga de energía la cabeza de miosina, la cual tendrá que adherirse al sitio de unión

de miosina de la actina, durante dicha unión el grupo fosfato generado con anterioridad se liberará del sitio de unión de ATP de la miosina. La estructura resultante de la unión actina-miosina se le conocerá como puentes cruzados o complejo actina-miosina.

3. *Fase de deslizamiento*: Una vez formados los puentes cruzados, el sitio de unión de ATP, donde aún se encuentra unido el ADP restante del proceso de hidrolisis del ATP, se abre, siendo el ADP liberado, esto mismo ocasiona que el puente cruzado rote, la fuerza generada por este gesto desliza los filamentos finos hacia el centro de la sarcomera.
4. *Desacoplamiento de la miosina de la actina*: Los sitios de unión entre la actina y la miosina permanecerán juntos hasta que entre otra molécula de ATP, el cual ocupara el sitio de unión de ATP de la cabeza de la miosina, desacoplando a la miosina de la actina.(Goody & Holmes, 1983) (Skubiszak, 1993)

1.4 Tejido muscular y envejecimiento

El envejecimiento se define como “aquel proceso inevitable de deterioro celular, estructural y de la función biológica independiente de la enfermedad, estilo de vida o factores ambientales” dicho proceso se ve sub dividido en dos, el envejecimiento primario, que consta de todo aquel proceso de envejecimiento fisiológico, y en contra parte tenemos al envejecimiento secundario que tiene como característica ser este deterioro condicionado por fenómenos aleatorios como lo son las enfermedades, el estilo de vida y los factores ambientales(Holloszy, 2000)

El tejido muscular no está exento a estos cambios propios del envejecimiento, teniendo como principales cambios macroscópicos la disminución de la masa muscular, este proceso de disminución de la masa muscular se ve compensado con una reconfiguración donde el tejido fibroso se desarrollará entre las fibras musculares. A su vez de que se genera una infiltración de tejido adiposo entre las fibras musculares. Asociado a la disminución de la masa muscular tenemos la disminución conjunta de las fibras musculares tipo IIa y IIb. Teniendo coadyuvado a

esto la disminución del aporte sanguíneo hacia los vientres musculares. (Lauretani et al., 2003)

Los cambios a nivel microscópicos son asociados en primera instancia hacia el estrés oxidativo recibido a lo largo de toda la vida, este estrés oxidativo tendrá como principales consecuencias la disfunción mitocondrial promoviendo a su vez una disminución del aporte energético, la acumulación de lipofuccina y la falla en la síntesis proteica necesaria para la formación de proteínas musculares.(Kamel, 2003)

2.0 Sarcopenia

2.1 Marco histórico y definición

La sarcopenia se define como “pérdida de la masa muscular, fuerza, y capacidad funcional asociada a la edad” (Tournadre et al., 2019) la pérdida de la masa muscular está particularmente asociada a una gran variedad de situaciones que pueden repercutir en la calidad de vida del adulto mayor, entre las cuales destacan: caídas, fracturas, pérdida de la autonomía y aumento de mortalidad. (Cho & An, 2014)

La sarcopenia como entidad patológica identificada tiene como su primer antecedente en la literatura el estudio realizado por Critchley (M., 1931) donde describe la pérdida de cierto tipo de fibras musculares asociadas al envejecimiento mediante biopsias musculares, realizadas en la quinta década de la vida. Sin embargo, es Rosenberg (1989) en la reunión de Albuquerque Nuevo México, E.U.A, donde se menciona por primera vez el término “sarcopenia” (Cox, 2010)

El siguiente antecedente es después de un año de la reunión de Albuquerque, cuando el instituto nacional de salud (NIH) de E.U.A junto con el instituto nacional del envejecimiento levanto una propuesta para la investigación de la sarcopenia, a lo cual, el primer programa de investigación fue llevado por el centro de nutrición humana sobre el envejecimiento, creando a su vez el laboratorio de Nutrición, Ejercicio, Actividad Física y Sarcopenia. A pesar de estos esfuerzos, el impacto de dichos hitos no repercutió de manera importante en la medicina en Estados Unidos

de América, si no que cobra más relevancia en los círculos sanitarios europeos de la época. (Rosenberg, 2011)

La sarcopenia carecía de una definición estandarizada hasta que el Grupo de trabajo internacional sobre la sarcopenia (2009) nos provee de la definición establecida para la sarcopenia, anteriormente mencionada, a su vez que el Grupo de trabajo europeo para la sarcopenia en el adulto mayor (2010) complementa la definición anterior, citando a la misma como “síndrome caracterizado por la pérdida progresiva y generalizada de la masa y fuerza muscular esquelética, con un riesgo de resultados adversos como la discapacidad física, la mala calidad de vida y muerte” (Fielding et al., 2011)

A su vez, el Grupo de trabajo europeo para la sarcopenia en el adulto mayor nos provee de los primeros criterios clínicos para la sarcopenia, mencionando 3 características únicamente, la pérdida de la masa muscular, la pérdida de la fuerza muscular y la baja de la actividad física, la razón de diferencias en los criterios la fuerza y la masa muscular es que son dos entidades diferentes que no se relacionan linealmente, (Fielding et al., 2011) como lo demostró Goodpaster y colaboradores (2006) donde a lo largo de 3 años y en una población de 1880 adultos mayores se registra su fuerza en extensores de rodillas mediante dinamometría isométrica y la masa muscular apendicular mediante estudios de imagen (rayos x y tomografía axial computarizada), los resultados expuestos muestran que la pérdida de la fuerza isométrica es más rápida que la manifestación de pérdida de la masa magra. (Goodpaster et al., 2008)

Actualmente se ha adoptado como definición de sarcopenia la propuesta por el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia en el adulto mayor que dicta “Síndrome que se caracteriza por la pérdida progresiva y generalizada de la masa muscular y fuerza, con un aumento de riesgo de resultados adversos como discapacidad física, mala calidad de vida y muerte.”(Keller, 2019)

Dicha definición deja en claro cuál es la principal diferencia entre la pérdida de masa muscular esperada como cambio característico de la edad, y la pérdida patológica ocasionada por la sarcopenia, el aumento del riesgo a el padecimiento de diferentes

enfermedades que comprometa la calidad de vida, independencia y funcionalidad de la persona mayor será característica de la sarcopenia.

Basándose en los criterios emitidos por el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia en el adulto mayor se enumeran 3 criterios clínicos para el diagnóstico, siendo la pérdida de masa muscular, la pérdida de la fuerza muscular y la baja en el desempeño físico de la persona mayor, la razón de la separación entre fuerza y masa muscular es el comportamiento no lineal entre ambas variables, puede existir una disminución en la masa muscular y no repercutir directamente en la fuerza muscular ni en el desempeño físico de la persona.

A su vez, se mencionan 3 estadios o grados de severidad para la sarcopenia (Ver tabla 2) siendo el primero la pre sarcopenia, que se caracteriza por una pérdida de la masa muscular no relacionada con la pérdida de la fuerza ni del desempeño físico. Contrastando con esto, la sarcopenia se caracteriza por la pérdida de la masa muscular acompañado con la pérdida de la fuerza muscular o el desempeño físicos. Por último tenemos la sarcopenia severa que se categoriza solo si existen los 3 criterios clínicos para el diagnóstico, que son la pérdida conjunta de fuerza y masa muscular, junto con el desempeño físico de la persona mayor. (Cruz-Jentoft et al., 2010)

Tabla 2 Estadios de la sarcopenia según el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia del adulto mayor.

Categoría/estado de sarcopenia	Masa muscular	Fuerza muscular	Desempeño físico
Presarcopenia	Reducido	No reducido	No reducido
Sarcopenia	Reducido	Una o ambas reducidas	
Sarcopenia severa	Reducido	Ambas reducidas	

Tomado de: (Keller, 2019)

En el contexto de envejecimiento poblacional de las naciones, existen ciertas estimaciones que declaran existir un número aproximado de 50 millones de personas padeciendo sarcopenia en el mundo, siendo incrementado hasta los 200 millones de personas en un lapso de 40 años (Keller, 2019).

Trazar una tasa de prevalencia es complicado puesto que existen diferentes criterios clínicos para el diagnóstico de la sarcopenia, basándose en la definición adoptada por el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia en el adulto mayor se han estimado una prevalencia de 10 % en individuos con más de 65 años de edad, aumentando este número hasta el 30 % de los individuos mayores de 80 años de edad.(Dennison et al., 2017)

Separando la prevalencia por sexo, se ha encontrado según un estudio realizado en Hertfordshire, Reino Unido, donde se analiza a una población compuesta por 765 hombres y 1022 mujeres con corte de edad mayor a 67 años de edad, valorándolos mediante el índice de masa libre de grasa por pliegues cutáneos, utilizando el tercio distal de miembros inferiores, se encontró una tasa de prevalencia de 4.6 % en la población masculina, y del 7.9 % de la población femenina(H. P. Patel et al., 2013)

El caso de la población mexicana existe un estudio realizado en la ciudad de México donde se valora a una población de 1177 individuos, de los cuales 708 (60.2 %) son mujeres, y 469 (39.8 %) son hombres, la media de edad se ubica en 68.4 años; se realizaron valoraciones con base a los criterios diagnósticos del grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia en el adulto mayor (índice de masa muscular menor a 6.1 kg/m² en mujeres, y de 8.5 kg/m² en caso de hombres) la composición corporal fue valorada por análisis de impedancia bioeléctrica. Teniendo como resultados una prevalencia general de 9.9 %, en el caso del sexo femenino se obtuvo una prevalencia del 9.0 % y del 11 % en el caso del sexo masculino(Espinel-Bermúdez et al., 2017)

2.2 Fisiopatología de la sarcopenia.

Como entidad patológica, la sarcopenia es un síndrome complejo el cual se le ha relacionado directamente con diferentes causas, si bien, en algunos individuos se pudiera identificar una única causa, en la gran mayoría de los casos se reconocerán un conjunto de entidades relacionadas para el desarrollo de la sarcopenia. Antes de pasar a los mecanismos pato fisiológicos cabe aclarar que para fines prácticos, se sub divide a la sarcopenia en primaria y secundaria; la primaria se desarrolla

únicamente como entidad patológica sin ninguna causa relacionada, y la secundaria se desarrolla en el entorno de otra entidad patológica.(Cruz-Jentoft et al., 2010)

2.3.1 Mecanismos fisiopatológicos

La pérdida de la masa muscular se ha asociado fuertemente a la disminución de las fibras musculares y de las unidades neuromusculares, sin embargo, este mecanismo no es el único existente, puesto que la disminución del tamaño de la fibra muscular por catabolismo muscular, al punto de que esta entre en un proceso apoptótico se ha descrito como un mecanismo abundante en el desarrollo de la sarcopenia(Cruz-Jentoft et al., 2010; Keller, 2019) como mecanismo compensatorio a este proceso apoptótico se genera un remplazo del tejido muscular por lípidos y tejido conectivo (Gallagher et al., 2000)

2.3.2 Rol de la apoptosis muscular en el desarrollo de la sarcopenia

La apoptosis es el proceso de muerte programada de la célula, este proceso se guía por señalamientos específicos, que eventualmente desataran diversos procesos, como lo son la fragmentación del DNA, la condensación nuclear, proteólisis, formación de ampollas en la membrana celular, para finalmente la formación de cuerpos apoptóticos que serán fagocitados por macrófagos circundantes. En las células musculares se describen dos mecanismos, el primero regulado por caspasas, y el segundo regulado por mediadores mitocondriales (Danial & Korsmeyer, 2004)

Las caspasas son proteínas encargadas en la transducción y ejecución del proceso apoptótico desencadenado por eventos externos. Las caspasas se encuentran de manera natural en el citosol, a manera de pre cursores (procaspasas) estos últimos pueden verse activados por dos procesos, la dimerización que consta del proceso en el cual dos monómeros se conjugan para la formación de un dímero, o escisión proteolítica, que consta de la ruptura de enlaces péptidos entre los aminoácidos que la componen. La activación de las caspasas 8,9,12 tienen como consecuencia la co activación de las caspasas 3,6,7 que son las encargadas del proceso proteolítico y una subsecuente fragmentación del DNA que tendrá como resultado final la muerte celular (Marzetti & Leeuwenburgh, 2006)

Por otro lado, tenemos la vía regulada por mediadores mitocondriales, actualmente la mitocondria es considerada la llave central en la inducción y regulación del proceso de apoptosis. Este proceso se inicia con la liberación por parte de la mitocondria de citocromo C, este último se unirá a un complejo multimérico compuesto principalmente por dATP y Apaf-1, este complejo se denominara apoptosoma que consecuentemente activara la casapasa 9 para finalmente activar la caspasa 3 que culminara el proceso apoptótico.(Marzetti & Leeuwenburgh, 2006)

En el contexto del envejecimiento en donde la persona es constantemente expuesta a estímulos estresantes, resultando en daño celular, cuando existe un daño celular se consideran 3 vías de salida, la reparación celular propiamente, la continuación de la sobrevivencia del tejido con componentes celulares dañados y la apoptosis.

La apoptosis como escenario de respuesta al daño celular tiene dos posibles resultantes, el primero en donde el proceso mitótico conduce a el remplazo de las células dañadas, y el segundo en donde el proceso mitótico no es el suficiente para el completo remplazo de las células dañadas, por lo que existe una pérdida de tejido; en el contexto de la sarcopenia, se traduce en una pérdida de fibras musculares y masa muscular que más adelante se manifestara en una pérdida de la fuerza y del desempeño físico.(Dupont-Versteegden, 2005)

2.3.3. Pérdida de las motoneuronas alfa y disminución de la contractibilidad del tejido muscular.

El fenómeno de la perdida de cuerpos neuronales y disminución de la capacidad contráctil del tejido muscular es paralelo con la perdida de fibras musculares del tipo Ila, está perdida de fibras musculares de contracción rápida se ve afectada por diversos factores, entre los cuales destacan la disminución de proteínas musculares, principalmente la tasa de síntesis de proteínas de cadena pesada relacionadas a la miosina, esta disminución no es propiamente una disminución en la tasa de síntesis proteica, si no, que el proceso de síntesis ya se ve superado por el proceso de eliminación de las mismas.(Proctor et al., 1998)(Thompson, 2009)

Desde el punto de vista metabólico, también se observa una disminución en la tasa de síntesis de proteínas mitocondriales, esto acarrea una disminución en la capacidad oxidativa de la molécula de ATP, que tendrá como consecuencia final una menor disposición energética para el proceso de contracción muscular.(Jones et al., 2009)

Agregado a lo anteriormente mencionado, se ha observado que en las fibras Ila se desarrolla una dificultad para el acoplamiento del Ion calcio en la enzima Ca^{2+} -ATPasa, teniendo dos principales consecuencias, la anteriormente mencionada disminución de la disposición energética y disminución en los niveles de calcio intracelulares, vitales para la realización de una contracción rápida y potente.(Jones et al., 2009)

La disminución paulatina de las motoneuronas alfa es un fenómeno que se ha descrito en la población geriátrica, este proceso de pérdida de cuerpos neuronales se ha correlacionado al proceso apoptótico de las fibras musculares Ila, a la disminución de factor de crecimiento similares a la insulina, altos niveles de citoquinas proinflamatorias, así como al estrés oxidativo. La pérdida paulatina de fibras musculares Ila tiene como consecuencia procesos de denervación, que tratan de ser compensados con un proceso de re inervación que termina axonales proximales al área denervada, esto a su vez acarrea un aumento del tamaño de la unidad neuromuscular, que tendrá como consecuencia final una disminución en el control fino motor, una desregulación en la tasa de descarga de musculo agonista y antagonista.(Aagaard et al., 2010)

2.3.3.2 Cambios hormonales

Durante el proceso de envejecimiento tenemos dos procesos que conforman la declinación de los niveles séricos de las hormonas sexuales, menopausia para el caso de las mujeres, y andropausia en el caso de los hombres. La menopausia teniendo inicio por mediados de la quinta década de la vida es caracterizada por la disminución de la función de los folículos ovarios, con una caída de los niveles séricos de estradiol y un aumento de hormona luteinizante y foliculoestimulante. Eventualmente la función ovárica cede junto con la caída de los niveles basales de

estradiol. Esta serie de cambios tiene como consecuencia final el aumento de riesgo de eventos cardiovasculares, rápida pérdida de densidad ósea, inestabilidad vasomotora, síntomas psicológicos y atrofia de tejidos dependientes del estrógeno.(Chahal & Drake, 2007)

La andropausia en el caso del sexo masculino, se caracteriza por una disminución en los niveles séricos de testosterona total, sin embargo, a diferencia de su contraparte femenina, la andropausia no se relaciona con una edad determinada, y los descensos de la testosterona suelen ser de menor magnitud a los presentados en las mujeres. La disminución de los niveles de testosterona son resultados de anomalías en el eje hipotálamo-pituitaria- testículo, donde a su vez se ha observado que los niveles de LH y FSH se han mantenido elevada, dándonos como explicación una disminución de la liberación de gonadotropina afectando a su vez el mecanismo de respuesta gonadal para la secreción de testosterona. Las manifestaciones clínicas de la reducción de testosterona incluyen el aumento de la masa lipídica, pérdida de músculo y densidad ósea, fatiga, depresión, anemia, pérdida de la libido, poca efectividad en la erección, resistencia a la insulina y un aumento del riesgo cardiovascular.(Abate et al., 2002)(Chahal & Drake, 2007)

Las hormonas sexuales además de fungir un papel en la reproducción humana como factores promotores de la liberación de células haploides encargadas de la formación de un nuevo ser humano, cumplen el papel de inmunomoduladores y promotor de remplazo de tejido dañado, sobre todo en el contexto de la sarcopenia, el estradiol y la testosterona se conjugan junto con las células satélites, pequeños grupos de células madres residuales encargadas de la reparación celular o el marcaje para una hipertrofia, uniéndose a los receptores alfa y beta de las células satélites promoviendo un proceso mitótico que remplazara a el tejido dañado. El estradiol y la testosterona a su vez se encargara de la disminución de la secreción de citoquinas proinflamatorias liberadas por leucocitos, inhibiendo a su vez la producción de óxido nítrico, esta reducción de la respuesta inflamatoria parece atenuar el estrés oxidativo establecido después de la isquemia/reperfusión lesiva.(La Colla et al., 2015)

Como lo hemos mencionado anteriormente, los moduladores de la respuesta inmune y promotores de la reproducción mitótica de las células musculares funcionan como principales factores protectores hormonales contra la sarcopenia, además de los andrógenos, tenemos otras 3 sustancias relacionadas, la primera es la dehidroepiandrosterona, un esteroide precursor de los andrógenos. Por otro lado, tenemos a la hormona de crecimiento y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1, ambas sustancias se ven afectadas con el envejecimiento, puesto que sus niveles séricos se ven atenuados con el proceso de envejecimiento. En condiciones basales, ambas sustancias son encargadas del ser el principal promotor de regeneración muscular y el aumento de la síntesis proteica muscular, inhibiendo el proceso de proteólisis y conteniendo la respuesta inflamatoria. (Vitale et al., 2016)

Dentro del proceso de envejecimiento, tenemos una mayor liberación de glucocorticoides dentro del eje hipotálamo - pituitaria- glándulas adrenales, en forma de cortisol, dentro del contexto de la sarcopenia, los glucocorticoides inhiben la síntesis de proteínas musculares, promueven el proceso de proteólisis promoviendo un proceso catabólico sobre la fibra muscular, efectos opuestos a el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1, el aumento del cortisol en niveles séricos y disminución de factores hormonales protectores promueven el estrés oxidativo y el consecuente proceso de pérdida de masa muscular característica de la sarcopenia. (Bodine & Furlow, 2015)(Vitale et al., 2016)

2.3.3. Inflamación, aumento de la síntesis y liberación de citocinas catabólicas

El rol de inmunomoduladores de las hormonas esteroideas ha sido abordado en el anterior punto, sin embargo, el rol de las sustancias pro inflamatorias es un hecho paralelo a la poca síntesis de dichas hormonas, siendo dos fenómenos paralelos y coexistentes se debe entender los marcajes fisiopatológicos que los anclan al desarrollo de la sarcopenia.

Dentro del proceso de envejecimiento tenemos dos procesos que se ven dentro del tejido muscular, las tasas de degradación de proteínas musculares y la tasa de síntesis de proteínas musculares, ambos procesos se pueden ver afectados por

sustancias proinflamatorias, sin embargo, existe mayor información sobre cómo se afecta el primero de ellos, entre las principales sustancias pro inflamatorias relacionadas a la pérdida de masa muscular encontramos a el factor de necrosis tumoral alfa, (TNF- α) la interleucina 6 (IL-6) y la proteína c reactiva (PCR) (Churchward-Venne et al., 2014)

En primera instancia tenemos el proceso de degradación de las proteínas musculares, la proteólisis es un proceso que tiene 4 vías relacionadas con la pérdida de masa muscular, en primera instancia tenemos la ruta de Ubiquitina-proteasoma dependiente de ATP. La ubiquitina es un péptido regulador que se encarga del proceso de reciclaje de diversas proteínas en las células eucariotas, la conjunción de ubiquitina con un complejo de proteasomas será la encargada de aproximadamente 80-90 % de los procesos proteolíticos, dicho complejo proteico está conformado por un núcleo proteico de 26s y una proteasa de 20s que degradaran la ubiquitina después de pasar por un péptido de 19s que tendrá como resultado final la hidrolisis de diferentes péptidos.(Bodine & Baehr, 2014)(Z. Xia et al., 2017)

La ruta de ubiquitina-proteasoma está estrechamente relacionado con dos marcadores de la proteína de la ubiquitina (MuRF1 y MAFbx) abundantes en las células musculares esqueléticas, estos dos últimos marcadores se han visto en aumentado en sus niveles séricos en diferentes estudios con modelos animales, junto con el marcador FOXO3a, se han visto afectados por el aumento de los niveles séricos de IL-6 y TNF- α aumentando a la par, paralelamente con los niveles bajos de inmunomodulares, se ha aumentado la tasa de acción de la ruta de ubiquitina-proteasoma dependiente de la ATP, siendo a su vez relacionada con el proceso desregulado de proteólisis de proteínas estructurales de la fibra muscular.(Z. Xia et al., 2017)(Bodine & Baehr, 2014)

En segunda instancia tenemos a las calpaínas forman parte de la familia de las cistinas proteasas, encargadas de diversas funciones dependientes del ion Ca^{2+} ; encargadas del proceso de proteólisis de diferentes sustratos, entre los cuales destacan algunos componentes del citoesqueleto y la membrana celular. A su vez

de estar relacionadas con dos vías de marcaje de procesos apoptóticos, el primero regulado por el factor de necrosis tumoral alfa y el segundo por el estrés del retículo endoplasmático. La desregulación de los niveles basales de la calpaínas promueven la liberación excesiva del ión Ca^{2+} que conllevará a su vez procesos de oxidación regulados por el marcador celular MAPK(Dalle et al., 2017)

El proceso de macro autofagia es un mecanismo encargado de la limpieza orgánulos no funcionales y macromoléculas dañadas. Este mecanismo se lleva a cabo por vesículas de doble membrana que capturarán material del citosol, y a su vez liberarán lisosomas que desarrollarán un proceso de hidrolisis. Estudios in vitro y in vivo han demostrado que niveles elevados de IL-6 son el primer marcaje para la elevación de un lisosoma relacionado con el proceso de autofagia muscular, la catepsina I.(Dalle et al., 2017)

La autofagia en un medio fisiológico en el contexto del tejido muscular se relaciona a que en el proceso de envejecimiento se encuentra la acumulación de desechos de procesos metabólicos como lo son la lipofuscina, mitocondrias dañadas, entre otros, esto cuando se acompaña de elevación de los marcadores inflamatorios, la desregulación de inmunomodulares como los andrógenos, y otros factores promueven al desarrollo de la sarcopenia. (Wohlgemuth et al., 2010)

2.4 Métodos diagnósticos

El diagnóstico de la sarcopenia es un proceso complejo, puesto que en el mundo existen diversos grupos de trabajo enfocados en la sarcopenia, cada uno de ellos acuerda ciertos criterios clínicos y de imagenología que pudieran orientar en el diagnóstico de la sarcopenia, (Dent et al., 2018) ejemplifica diferentes posturas de diversos grupos de trabajo en la sarcopenia y sus recomendaciones para el diagnóstico (Ver tabla 3).

Tabla 3. Posturas de diversos grupos de trabajo para el diagnóstico de la sarcopenia

Entidad	Año de publicación	Recomendación para el diagnóstico
Grupo de trabajo europeo sobre sarcopenia en	2010	Disminución de la masa muscular y función muscular, siendo evaluado a su vez con

personas mayores (EWGSOP)		uso de DXA, BIA o antropometría. Uso de pruebas clínicas como velocidad de la marcha, fuerza de prensión, SPPB o TUG respectivamente.
Grupo de trabajo asiático para la sarcopenia (AWGS)	2014	Disminución de la masa muscular, acompañada de disminución de la fuerza muscular y desempeño físico.
Fundación para los Institutos Nacionales de Salud (FNIH)	2014	Acorde a la definición de la EWGSOP, usando DXA, velocidad de la marcha y fuerza de presión para determinar la medición de la baja masa magra, fuerza muscular y rendimiento físico
Grupo de Trabajo Internacional sobre Sarcopenia (IWGS)	2011	Baja masa corporal total o apendicular sin grasa (medido únicamente con DXA) en combinación con un pobre funcionamiento físico (Definido como velocidad de la marcha <1 m / s)

TUG = Timed Up and Go test; SPPB = Short Physical Performance Battery; BIA = Bioelectrical Impedance Analysis; DXA = Dual-energy X-Ray Absorptiometry. Tomado de: (Dent et al., 2018)

Como se puede observar existen 3 características que coexisten en todas las clasificaciones diagnósticas, la pérdida de la masa muscular, la disminución de la fuerza muscular y la pérdida de la funcionalidad, partiendo de estas realizaremos un desglose de las herramientas diagnósticas que contamos para la detección de la disminución de cada variable.

2.4.1 Herramientas diagnósticas para la disminución de la masa muscular

La medición de masa muscular es en su mayoría determinada por técnicas de estudios complementarios, existe un amplio abanico de posibilidades, cada una de ellas con ventajas y desventajas. En primera instancia tenemos a los estudios de imagenología, encabezados por la tomografía computarizada, resonancia magnética, energía dual de rayos X por absorciometría, y la ultrasonografía muscular. (Keller, 2019)

En primera instancia tenemos a la resonancia magnética, que es un estudio de imagen que adquiere la imágenes a través de la generación de un campo magnético que afecta directamente a los núcleos de los átomos de hidrogeno, este campo magnético se consigue mediante el siguiente proceso: Unas bobinas de gradiente generan dos corrientes opuestas que generan un campo magnético, dicho campo

magnético se combinara con el campo gravitacional externo generando un campo magnético neto, dicho campo genera la suficiente fuerza como para cambiar la dirección de Spin de los átomos de hidrogeno, este proceso al regresar a su estado basal emite señales de radiofrecuencia que al ser combinadas y procesadas generaran una imagen del cuerpo y su composición.(Goodwin, 2011)

Dentro del contexto del diagnóstico para la disminución de la masa muscular, la resonancia magnética brinda bastantes beneficios que pueden ser usados por los clínicos, entre los cuales destacan la facilidad del estudio de la composición corporal, existe una variación de la secuencia de pulsos de radiofrecuencia que serán utilizados para determinar que tejidos tienen alto componente adiposo y que tejido tendrá un componente libre de grasa, dentro del contexto de la sarcopenia la resonancia magnética a su vez podrá proporcionar información de la calidad muscular a través de un proceso de espectroscopia donde se valorara los depósitos lípidos intermusculares e intramusculares, a su vez que es un estudio que no expone al paciente a radiación para la adquisición de imágenes de alta calidad.(Tosato et al., 2017)(Goodwin, 2011)

En siguiente estancia tenemos a la tomografía computarizada, en conjunto con la resonancia magnética se consideran el estándar de oro para la valoración de la composición corporal. La adquisición de imágenes corporales en la tomografía computarizada se realiza mediante la liberación de un haz de rayos X que penetrara axialmente un componente corporal, siendo atenuado mientras pasa por el segmento, dicha atenuación es captada y analizada por un computador que lanzara a su vez una imagen en 2D, este plano 2D está conformado por subunidades llamadas HU (Hounsfield unit). Dependiendo de la cantidad de HU tendrá una atenuación del haz de rayos x que se verá reflejado en una coloración blanca o negra (radiolúcido y radiopaco). La tomografía computarizada permite medir con precisión la cantidad de masa muscular, además de proporcionar información sobre la calidad muscular mediante la valoración de parámetros relacionados a los depósitos lípidos intra y extra musculares. A su vez que el grado de atenuación

muscular en su sección transversal se ha asociado a la pérdida de la fuerza y efectos adversos en la salud.(Cesari et al., 2012)(Tosato et al., 2017)

La resonancia magnética muscular y la tomografía computarizada si bien son considerados el estándar de oro, son estudios tienen características negativas que limitan su uso en el diagnóstico de diversas patologías, entre dichas características destacan el alto coste económico para su elaboración, a su vez de necesitar equipo de última generación y personal altamente capacitado, en el contexto de la sarcopenia el uso de ambas herramientas se ve limitado a baja escala clínica o a estudios de investigación.

La energía dual de rayos X por absorciometría es un estudio que tiene su fundamento teórico en la propiedad de los rayos x de ser atenuados en proporción de la densidad y espesor del material al cual el haz de rayos x penetra. El escáner de DXA emite dos haces de diferentes energías, la interacción de ambas con el cuerpo humano tiene como resultado que un número determinado de los fotones emitidos sean atenuados, la diferencia entre la cantidad de fotones emitidos y los detectados permite determinar el tejido objetivo. Los tejidos Musculares y adiposos contienen altos niveles de agua y compuestos orgánicos que restringen el flujo de rayos X, sin embargo, esta atenuación es menor que la que efectúa el tejido óseo, esto nos permitirá determinar la cantidad de masa magra y adiposa de una persona.(Lustgarten & Fielding, 2011)

Al igual que la resonancia magnética y la tomografía computarizada, la DXA tiene ventajas y desventajas para su aplicación clínica. Las ventajas que destacan son la facilidad, el bajo costo y el poco tiempo para la realización del estudio, a su vez que la DXA nos permitirá valorar al mismo tiempo 3 compartimentos corporales, esta aplicación se ha usado para valorar la composición corporal de los miembros apendiculares del cuerpo, proporcionando una información de gran ayuda para el diagnóstico de la sarcopenia. Sin embargo la DXA puede ser afectada por diversas patologías que afectan a los estados de hidratación de la persona, la incapacidad de la detección de depósitos adiposos intramusculares podría sobreestimar la

cantidad de masa magra apendicular y su poca capacidad de portabilidad limita sus aplicaciones.(Albano et al., 2020)

El uso de ultrasonido en la evaluación de la composición corporal se basa en la capacidad para cuantificar el grosor del tejido valorado. El mecanismo por el cual el ultrasonido obtiene imágenes del cuerpo humano es la emisión de ondas mecánicas que se propaga a través de los tejidos y es parcialmente reflejado de nuevo al transductor el cual detecta el eco, que será convertido en señales eléctricas que formaran las imágenes en segunda dimensión. Los tejidos tienen diferentes capacidades de reflexión de las ondas mecánicas emitidas, esto permite al médico radiólogo determinar de qué tejido está siendo evaluado. Sin embargo, El musculo y el tejido adiposo tienen una impedancia acústica similar, lo que pudiera limitar la interpretación de depósitos adiposos intramusculares. Además que existen una posibilidad de error de interpretación cuando en la realización de la ecografía se somete a una compresión excesiva por el transductor.(Mayans et al., 2012)

Los estudios imagenológicos son sin duda una gran herramienta para la valoración de la composición muscular, cada uno con ventajas y desventajas (Ver tabla 4) (Albano et al., 2020)

Tabla 4. Estudios imagenológicos ventajas y desventajas y su aplicación en el diagnóstico de la sarcopenia.

Técnica	Ventajas	Desventajas	Uso en sarcopenia
DXA	Amplia disponibilidad Sencillo Precisión (++) Reproducibilidad Baja exposición a radiación Bajo costo	Datos bidimensionales Diferentes resultados entre marcas de densitómetros Influencia en el estado de hidratación No portable	Índice de masa magra apendicular
CT	Obtención de imágenes transversales Precisión (+++) Reproducibilidad	Sin umbrales claros de baja masa muscular Alto costo equipo/aplicación No portable Alta exposición a radiación Procesamiento complejo	Tamaño del músculo: área transversal y volumen.

MRI	Obtención de imágenes transversales Precisión (+++) Reproducibilidad Sin exposición a radiación Alta resolución espacial Detección de mioesteatosis	Sin umbrales claros de baja masa muscular Alto costo equipo/aplicación Baja disponibilidad No portable Procesamiento complejo contraindicaciones	Tamaño del músculo: área transversal y volumen.
U. S	Bajo costo Sin exposición a radiación Imágenes en tiempo real	Baja reproducibilidad Baja exactitud Se requiere habilidades de operador	Tamaño del Musculo: área transversal y volumen Espesor muscular Ecogenicidad muscular

DXA: Energía dual de rayos X por absorciometría. CT: Tomografía computarizada MRI: Resonancia magnética U.S: Ultrasonido
Tomado de: (Albano et al., 2020)

Los estudios de imagen sin duda son una mayoría en las herramientas que tenemos para la valoración de la composición corporal, sin embargo, existen otras herramientas de las cuales el clínico pudiera hacer uso para el diagnóstico de la sarcopenia.

En primera instancia de las herramientas no imagenológicas tenemos a el análisis de impedancia bioeléctrica, su fundamentación teórica es la noción de que los fluidos ricos en electrolitos como lo son el agua corporal presentan una menor impedancia al paso de una corriente eléctrica que los líquidos que contienen un mayor porcentaje de lípidos, como lo es el caso del tejido adiposo.(Kyle et al., 2004)

Los análisis de composición corporal usando la impedancia de los tejidos se determinan con diferentes fórmulas ya estandarizadas, en el caso del tejido muscular tenemos a la fórmula propuesta por (Janssen et al., 2000) (Ver imagen 1).

Imagen 1. Fórmula propuesta por Janssen et al 2000 para el cálculo de la masa muscular usando la impedancia bioeléctrica.

$$\text{Skeletal muscle mass (kg)} = \left[\left(\frac{\text{height}^2}{\text{BIA resistance}} \times 0.401 \right) + (\text{gender} \times 3.825) + (\text{age} \times -0.071) \right] + 5.102,$$

Height: peso en kilogramos (kg) Gender: genero donde masculino =1 y femenino =0 Aged: edad en años BIA resistance: resistencia eléctrica estimada en ohms. Tomado de: (Janssen et al., 2000)

El resultado de dicha formula arroja deberá ser dividido entre el peso al cuadrado para obtener el índice de musculo esquelético, el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia del adulto mayor ha emitido ciertos puntos de corte para los índices de musculo esquelético, donde una baja masa muscular es inferior a 8,87 y 6,42 kg / m² en hombres y mujeres, respectivamente.(Cruz-Jentoft et al., 2010)

La aplicación de BIA es barata, fácil de usar, y altamente reproducible y apropiada para los pacientes tanto hospitalizados como ambulatorios, existen ecuaciones como la anteriormente mencionada validadas en diferentes poblaciones. Sin embargo, la BIA pudiera ser afectada por diferentes variables como la propia composición corporal, el estado de hidratación, temperatura de la piel, reciente actividad física, entre otros.(Kyle et al., 2004)

La antropometría es la principal herramienta de valoración de la composición corporal en el primer nivel de atención, es la técnica de medición con mayor portabilidad, facilidad de aplicación, bajo costo económico además de ser una herramienta no invasiva, esto ha hecho que sea utilizada en diversos contextos clínicos. Las principales mediciones a considerar en el contexto de la sarcopenia son la medición de la circunferencia de la mitad del brazo y la del área de la pantorrilla.(Madden & Smith, 2016)

La medición de la circunferencia de la pantorrilla se realiza con ayuda de una cinta métrica plástica flexible no elástica, se usa la pierna izquierda en el punto de mayor circunferencia, en posición sedesta con la rodilla y el tobillo formando un ángulo recto, apoyando el pie. Un número considerable de estudios reportan que una circunferencia de la pantorrilla <31 cm predicen discapacidad, sin embargo, otros estudios informan que 34 cm en la población masculina y 33 cm en la población femenina son los mejores puntos de corte para predecir la sarcopenia(Keller, 2019)(Tosato et al., 2017)

La circunferencia media del brazo se toma usando de igual manera una cinta métrica plástica flexible no elástica en el brazo derecho, usando como referencia el

acromion y el olecranon se traza un punto medio entre ambas eminencias óseas. Posteriormente se analizará la circunferencia del musculo del brazo, usando la siguiente fórmula propuesta por (Incalzi et al., 1996) (Ver imagen 2):

Imagen 2. Fórmula propuesta por Inzalzi et al 1996 para la circunferencia muscular del brazo

$$\text{MAMC} = \text{mid-arm circumference} - (3.14 \times \text{triceps skinfold thickness}).$$

MAMC= Circunferencia muscular del brazo Mid-arm circumference= circunferencia del medio brazo triceps skinfold thickness= espesor del pliegue cutáneo del tríceps Tomado de: (Incalzi et al., 1996)

A pesar de poseer un gran número de ventajas, el uso de medidas antropométricas no es recomendado como método estándar en la población geriátrica, puesto con los cambios relacionados con la edad la composición corporal apendicular con un aumento de los depósitos de grasa, la pérdida de la elasticidad de la piel, entre otros podría dar lugar a una clasificación errónea.(Cruz-Jentoft et al., 2010)

2.4.2 Herramientas diagnosticas para la disminución de la fuerza muscular

A comparación de las técnicas para la valoración de la composición corporal, la valoración de la fuerza muscular cuenta con menos herramientas validadas en la población geriátrica. A esto agregamos, que para cuestiones clínicas se considera la valoración de la fuerza de los miembros inferiores como un mejor predictor de probables trastornos funcionales, puesto que estos están más estrechamente relacionados con las actividades funcionales como lo es la marcha. Para fines prácticos, clínicos y de investigación contamos con 3 pruebas que se usan para la valoración global de la fuerza muscular, la fuerza del agarre de la mano, la fuerza de la flexo/extensión de la rodilla y el máximo flujo de espiración. (Cruz-Jentoft et al., 2010)

La fuerza de agarre de carácter isométrico ha sido fuertemente correlacionada con la fuerza muscular de los miembros inferiores, la fuerza de extensión de la rodilla y el área transversal de la pantorrilla. La disminución de la fuerza de agarre esta correlacionada con diversas entidades patológicas. El procedimiento recomendado

para la toma es mediante el dinamómetro Jamar, tomando como resultado la mayor toma de 3 repeticiones de test, en ambas manos. A pesar de ser una herramienta importante tanto en la cuestión clínica como en la investigación, pudiera presentar ciertas limitaciones con condiciones patológicas propias del paciente, como lo es los pacientes con artritis reumatoide.(Cooper et al., 2013)(Cruz-Jentoft et al., 2010)

La fuerza muscular del flexo/extensión de rodilla puede ser medida de manera isométrica o isocineticamente, el procedimiento clásico para la medición de la fuerza isométrica del cuádriceps consta de colocar al paciente en un asiento con apoyo en la espalda ajustable, el miembro inferior permanecerá sin apoyo y la rodilla a 90°, aplicando una correa enrollada a la zona proximal a los maléolos que conecta con el transductor del dinamómetro. Sin embargo, dicha metodología de trabajo en la cual se necesitan dinamómetros especializados limita su aplicación clínica.(Callahan et al., 2007)(Edwards et al., 1977)

El máximo flujo espiratorio es el flujo de aire más alto conseguido a partir de la siguiente maniobra, partiendo de la posición sedesta, con ambas rodillas a 90 grados sin apoyo, el tronco sin apoyo y erecto, se dará inicio a una máxima inspiración para posteriormente realizar una expiración forzada rápida. Dicha maniobra ha sido considerada para pacientes que no tienen alteraciones pulmonares, con el objetivo de la valoración de la fuerza de los músculos respiratorios. Sin embargo, a pesar de que el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia lo considero una medida que pudiera usarse en la valoración y diagnóstico de la sarcopenia no toma una postura solida como herramienta de uso común.(Marco et al., 2020)(Cruz-Jentoft et al., 2010)

2.4.3 Herramientas diagnosticas para la disminución del desempeño físico

La valoración del desempeño físico cuenta con un gran abanico de test para su implementación en la población geriátrica, según el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia en el adulto mayor contamos con 4 test validados para el diagnóstico del baja desempeño físico asociado a sarcopenia, el Short Physical Performance

Battery (SPBB), el time up and go (TUG) la velocidad de la marcha y el Stair climb power test.(Cruz-Jentoft et al., 2010)

El Short physical performance battery está conformado por 3 test, la velocidad de la marcha en una distancia de 4 metros, la capacidad de equilibrio con los pies juntos, en semi-tandem y tándem, por último, la capacidad y tiempo de sentarse y pararse de una silla 5 veces. En cada sub prueba se le asigna una calificación del 1 al 4, siendo 4 la mayor calificación posible, al finalizar la aplicación del test se sumarán las calificaciones de las 3 pruebas, teniendo como un punto de corte 8 puntos de 12 posibles como un pobre rendimiento físico, el cual ha sido asociado a discapacidad y otras condiciones patológicas. A su vez cabe destacar que el test de la velocidad de la marcha que se incluye en el SPBB puede ser aplicado como test independiente. (Callahan et al., 2007)(Cruz-Jentoft et al., 2010)

El test de time up and go consiste en la medición de cuánto tiempo le demora a el paciente el pararse de una silla, caminar una distancia de 3 metros, dar la vuelta y volver a sentarse, usado principalmente como predictor del riesgo de caídas, el TUG cuenta con diversos puntos de corte para grupos de edad, para fines del presente estudio se tomaran los puntos de corte propuestos por (Bohannon, 2006) (Ver tabla 4).

Tabla 4. Puntos de corte por edad, velocidad media del time up and go test.

Edad (años)	Velocidad media (segundos) (95 % CI)
60-69	8.1 (7.1-9.0)
70-79	9.2 (8.2-10.2)
80-89	11.3 (10.0-12.7)

Tomado de: (Bohannon, 2006)

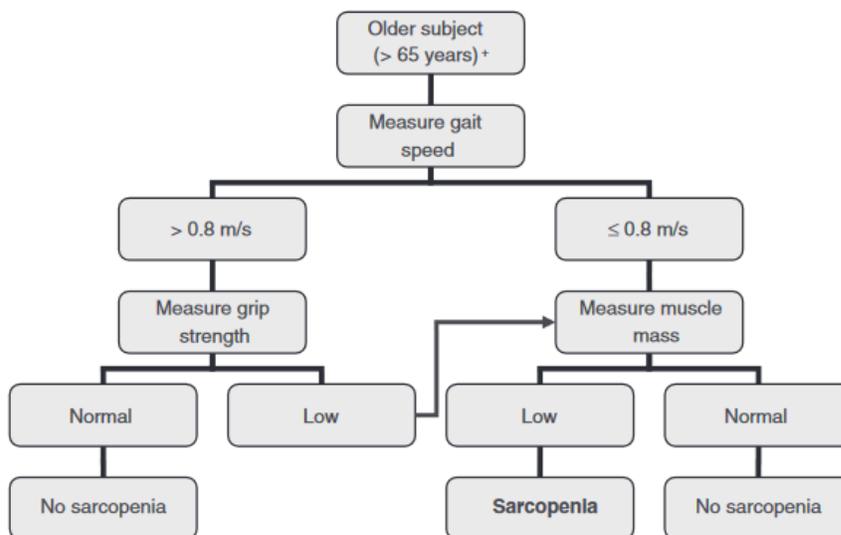
Para fines de aplicación clínica se da un punto de corte general de un tiempo mayor a 12 segundos para finalizar el test como un indicativo para riesgo de caídas y pobre rendimiento físico.(Callahan et al., 2007)

El stair climb test evalúa la capacidad del paciente de ascender y descender un tramo de escaleras, intrínsecamente se valora la fuerza muscular de los miembros inferiores y su capacidad de equilibrio. Los equipamientos necesarios se basan en una serie de 9 a 12 escalones y un cronómetro, se le solicitara al paciente que

partiendo de la postura bípeda empiece a subir los escalones, de la vuelta y vuelta a descender los escalones, desafortunadamente no se cuenta con un punto de corte estandarizado en la literatura, por lo que su utilidad en el campo de la investigación se ve limitado.(Bennell et al., 2011)

La conjugación de diferentes herramientas de valoración en los 3 campos anteriormente mencionados puede darnos una visión más sensible para el diagnóstico final de la sarcopenia, sin embargo, el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia en el adulto mayor ha desarrollado un algoritmo para la obtención del diagnóstico, (Ver imagen 3), conjuga las características propuestas para sarcopenia de su definición.(Cruz-Jentoft et al., 2010)

Imagen 3. Algoritmo recomendado por el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia en el adulto mayor para el diagnóstico de la sarcopenia.



tomado de: (Cruz-Jentoft et al., 2010)

2.5 Tratamiento

El conocimiento de los mecanismos fisiopatológicos que acarrea a la sarcopenia nos brinda una sólida base para la propuesta de abordajes distintos en el tratamiento, sin embargo, diferentes entes regulativos en sus guías de abordaje se han enfocado en 3 grandes bloques sobre el tratamiento de la sarcopenia, comprendiendo estos la modificación de la ingesta nutricional, el tratamiento

farmacológico, y el entrenamiento físico, por fines de la presente investigación este último será desarrollado más adelante.

2.5.1 Nutrición.

2.5.1.1 El control neuroendocrino de la saciedad y su relación con la anorexia relacionada al envejecimiento.

El término de "anorexia fisiológica de la persona mayor" se refiere a la disminución de la ingesta de alimentos debido a los cambios fisiológicos del proceso de envejecimiento, entre los cuales destacamos procesos periféricos como centrales. Una de las principales causas de la sensación de saciedad en el adulto mayor parece ser la incapacidad del fondo del estómago de la producción de óxido nítrico que a su vez tendrá como resultado la baja capacidad de relajación de esta porción anatómica del estómago lo cual brinda una sensación de saciedad temprana. (John E. Morley et al., 2001)

La colecistoquinina (CCK) es una hormona péptida relacionada con diversos procesos, entre los cuales se destaca su rol en la sensación de saciedad, el mecanismo por el cual la CCK aumenta la sensación de saciedad es el siguiente: a la ingesta de alimentos se libera en el torrente sanguíneo, uniéndose a los receptores CCK-1 que se ubican en las fibras relacionadas al nervio vago que da inervación al duodeno, mandando una aferencia a el núcleo del tracto solitario, que es una estructura ubicada en la porción caudal del bulbo raquídeo, teniendo como respuesta central y a su vez también local por la unión de la CCK con los receptores locales CCK-1 la relajación del fondo estomacal inhibiendo el vaciamiento gástrico. (Chandra & Liddle, 2007)

La población geriátrica se ve afectada por un aumento de la liberación sanguínea de CCK tanto por la incapacidad intrínseca del fondo del estómago de la relajación como en respuesta a una carga lipídica mayor, y a su vez con la inhibición del vaciamiento gástrico brinda una sensación de saciedad prolongada.

La leptina es una hormona producida por los adipocitos, el rol que juega dentro del desarrollo de la anorexia relacionada al envejecimiento se establece en una cadena de acontecimientos, con la disminución de los andrógenos que además de fungir

como un inmunomoduladores, como glucocorticoides son encargados de la regulación metabólica de los niveles de lípidos en el organismo, al existir un aumento de los lípidos disponibles, existe una retroalimentación hacia la elevación de los niveles de leptina. (John E. Morley et al., 2001)

La acción sinérgica de la insulina y la leptina como moduladores de la sensación de saciedad es abordada por (Schwartz et al., 2000) en su artículo de revisión donde se explica 4 pasos en la vía metabólica que serán descritos a continuación:

1. La leptina y la insulina circulan en la sangre en concentraciones proporcionales a el contenido graso del cuerpo y al balance energético.
2. La leptina y la insulina actúan a nivel de las vías efectoras centrales del hipotálamo reprimiendo a los circuitos anabólicos neuronales, que son los encargados de estimular la ingesta de alimentos y liberación de energía. Al mismo tiempo hacen una retroalimentación positiva hacia los circuitos catabólicos que inhiben la ingesta de alimento y la liberación de energía.
3. Los bajos niveles de leptina e insulina durante la pérdida de peso aumentan la actividad anabólica que como mencionamos anteriormente incentiva la ingesta de alimentos y liberación de energía. Retroalimentando negativamente la actividad catabólica que tiene un papel antagónico al anterior.
4. La ingesta de alimento genera mediante aferencias vágales parasimpáticas hacia el mesencéfalo activando una retroalimentación positiva a la sensación de saciedad.

El rol que tiene la regulación del sistema nervioso central sobre la sensación de saciedad no se limita a la relación entre la leptina y los bajos niveles de andrógenos, en otra instancia encontramos la acción de neurotransmisores opioides, neuropéptido Y, orexin A, entre otros que actúan a nivel del hipotálamo, el núcleo del tracto solitario y la amígdala, todo esto se relaciona directamente con la liberación de óxido nítrico (NO) en zonas anatómicas específicas.(J. E. Morley, 2001)

2.5.1.2 Suplementación proteica.

El constante desequilibrio del catabolismo proteico con procesos anabólicos ha sido altamente relacionado con la sarcopenia, ante este acontecimiento se ha propuesto la suplementación proteica para el abordaje de la sarcopenia, teniendo como principales referencias tenemos una revisión sistemática elaborado por el grupo de trabajo europeo sobre la sarcopenia, en la cual se analizan 12 estudios, de los cuales 11 analizan una intervención basada en suplementación alimenticia.

De los 11 estudios que analizan una intervención basada en nutrición, 5 estudios la basan en la suplementación proteica. Teniendo como resultado un solo estudio de alta calidad en la cual se compara la suplementación proteica sin ejercicio físico, donde tienen como resultado la mejora en el rendimiento físico y masa muscular, sin embargo, no la mejora en la fuerza.(Park et al., 2018)

En los restantes 4 estudios se muestra una suplementación proteica acompañada de ejercicio físico, en un periodo desde las 24 semanas hasta los 18 meses, teniendo como principales hallazgos la mejora en los niveles de masa muscular, sin embargo, no se registra una mejora significativa en la fuerza muscular ni el rendimiento físico. (Cruz-Jentoft et al., 2014)

2.5.1.3.2 Suplementación de antioxidantes.

El rol del estrés oxidativo en los mecanismo fisiopatológicos de la sarcopenia ha sido claramente descrito en la literatura, la propuesta de la suplementación de antioxidantes se ha barajado como una alternativa, sin embargo existe poca evidencia del beneficio clínico de dicha intervención, si bien existen algún grupo de estudios que dejan claro que hay una mejoría en el rendimiento físico y fuerza, también existe una contra parte donde no se encuentra una mejoría clínica, este paralelismo en los resultados obtenidos se ha explicado en la posibilidad de que se debe buscar una población específica la cual si pudiera ser beneficiada por la suplementación basada en antioxidantes. Por el momento la suplementación de antioxidantes carece con la evidencia científica para su uso establecido en la sarcopenia.(Fusco et al., 2007)

2.5.1.3 Suplementación de nutrientes anti inflamatorios.

La suplementación de componentes nutricionales que han demostrado en estudios de laboratorio efectos anti inflamatorios como lo son los ácidos grasos docosahexaenoicos como lo son el n-3 LCPUFAs ha sido propuesto como una alternativa prometedora en la intervención terapéutica de la sarcopenia. En una reciente revisión elaborado por (Dupont et al., 2019) se analizan 7 estudios, donde solamente 4 se utiliza únicamente la suplementación de ácidos grasos, en dichos estudios se tiene como resultados tenemos una alternativa prometedora puesto que en los 4 estudios se vio un aumento en el performance físico, sin embargo, en el apartado de fuerza muscular solo un estudio demostró incremento de la misma, siendo esto una razón para que su aplicación clínica generalizada sea limitada y se requiera más investigación al respecto.

2.5.1.4 Suplementación de vitamina D

La vitamina D ha sido correlacionada con un efecto inmunomodulador, lo cual ha sido razón para proponerla como un probable tratamiento para diversas patologías, como lo es la sarcopenia, sin embargo, existe una considerable cantidad de estudios donde se comprueba que no existe un aumento significativo de la fuerza muscular, como ejemplo tenemos la revisión elaborada por (Stockton et al., 2011) donde se analizan 17 estudios clínicos aleatorizados donde se suplementa con vitamina D a quienes tengan una concentración sérica de vitamina D >25 nmol/L, teniendo como único resultado un aumento significativo de la fuerza únicamente en musculatura de la cadera, siendo la fuerza de prensión poco beneficiada. Por lo que se considera que aún es pobre el beneficio comprobado de la vitamina D en el tratamiento de la sarcopenia.

2.5.2 Abordaje farmacológico

El abordaje farmacológico de la sarcopenia se ha demostrado tener beneficios en el desarrollo de la masa muscular y fuerza muscular, con base a tratamientos que se fundamentan mayormente en la administración de hormonas anabólicas, sin embargo, también se han demostrado efectos adversos de importancia clínica, por lo que su uso generalizado se ha visto limitado.

El rol de la testosterona como inmunomodulador y hormona que promueve la síntesis proteica muscular ya ha sido abordado en el presente estudio, su aplicación clínica se fundamenta en dichos principios, en un reciente estudio de revisión y metaanálisis realizado por (Parahiba et al., 2020) se abordan 11 estudios incluidos en el meta análisis, teniendo como resultado en primera instancia, 8 estudios que evaluaron los beneficios de la testosterona en la masa corporal magra, siendo que en 7 estudios se mostró un aumento de la masa magra, mostrando un beneficio promedio de aumento de 2.54 kg en masa magra. En el apartado de fuerza muscular, se encuentran dos principales metodologías de medición, la primera con la fuerza de agarre de la mano, donde se incluyen 7 estudios, donde solamente uno reporta una ganancia en la fuerza de agarre, teniendo un aumento de 1.58 Kgf, en el segundo parámetro utilizado para medir la fuerza encontramos la fuerza de la pierna, donde se incluyen 9 estudios, de los cuales solamente 5 demuestran un aumento de la fuerza muscular. Finalmente, en el apartado de desempeño motor solamente 4 estudios fueron incluidos, teniendo beneficios en 3 estudios analizados. Dichos resultados demuestran que en efecto la suplementación de testosterona pudiese mejorar los parámetros analizados en la sarcopenia.

Sin embargo, a pesar de existir evidencia de beneficios sobre la sarcopenia, también existe una evidencia considerable que se le asocia a diversos efectos adversos, entre los cuales destacan eventos de trombosis venosa, apnea del sueño, edema en extremidades, ginecomastia y el de mayor importancia clínica el aumento de riesgo de padecer cáncer de próstata o la estimulación de una pre-existente hiperplasia prostática.(Mudali & Dobs, 2004)

La hormona de crecimiento tiene como rol ser una hormona anabólica y promotora de la lipólisis mediada en conjunto con el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1, se ha demostrado que tiene beneficios en diferentes poblaciones en cambios en la composición corporal, lo cual la ha colocado como una probable alternativa hacia el abordaje farmacológico de la sarcopenia, sin embargo, existe poca evidencia científica sobre sus beneficios en el adulto mayor. La evidencia proporcionada de mejor calidad es la propuesta por (Papadakis et al., 1996) en su

ensayo clínico en donde se somete a 52 hombres mayores sanos a una suplementación de hormona de crecimiento, teniendo como resultados finales un aumento significativo de la masa muscular en el grupo experimental, sin embargo no existió un aumento de la fuerza ni del desempeño físico.

Sin embargo existen evidencias a su vez de que la suplementación de hormona de crecimiento a su vez genera efectos adversos de importancia clínica, como lo son síndrome del túnel carpiano, edema periférico, artralgias, intolerancia a la glucosa, y diabetes.(Jones et al., 2009)

3.0 Ejercicio físico

El desarrollo de diferentes metodologías de prescripción del ejercicio físico a llevado a una muy vasta gama de investigaciones que ha tenido como resultado la creación de diferentes categorizaciones. Para fines de la presente investigaciones debemos separar ciertos conceptos que a los ojos de la población general pudieran ser considerados sinónimos.

- Actividad física: Se define como cualquier movimiento corporal que es producido por la musculatura esquelética, teniendo como consecuencia un gasto de energía.(Carspensen et al., 1985)
- Ejercicio: Se define como un subconjunto de la actividad física, que tiene como principales características una planificación estructurada y repetitiva que tiene como objetivo principal la mejora o mantenimiento de la aptitud física. (Carspensen et al., 1985)
- Physical fitness: se define como un estado de bienestar que es caracterizado por una reserva energética lo suficientemente alta para el desarrollo de diversas actividades físicas y de una baja probabilidad de adquisición prematura de problemas de salud.(Chodzko-Zajko et al., 2009)

Dentro del espectro del ejercicio físico podemos encontrar dos grandes bloques que lo separan por categorías, esto fundamentado en la vía metabólica predominante, en los intervalos en los que se trabaja, y el tipo de fibra muscular incorporadas

- El ejercicio aeróbico: Se define como cualquier actividad física que utilice grandes grupos musculares, manteniendo la actividad de manera continua y rítmica. Teniendo como principal característica que dicha activación dependen del metabolismo aeróbico para extraer energía en forma de ATP a partir de la degradación de aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos.(H. Patel et al., 2017)
- El ejercicio anaeróbico: es definido como la actividad física intensa de corta duración, que tiene como fuente energética recursos intra musculares independientes al uso de oxígeno como catalizador en la obtención de ATP(H. Patel et al., 2017)

El desarrollo de ambas modalidades de ejercicio físico tiene como fin último la mejora de las capacidades físicas, las cuales se definen como “factores que determinan la condición física de un individuo y que lo orientan o clasifican para la realización de una determinada actividad, competitiva o no” entre las cuales destacan 4 principales: la fuerza, velocidad, resistencia y flexibilidad (Pancorbo & Pancorbo Sandoval, 2008)

3.1 Mecanismo de adaptación del tejido muscular al ejercicio físico.

La respuesta del organismo al estrés controlado del ejercicio físico tiene como respuesta general el cambio en el fenotipo muscular, basado en la modificación en la reserva metabólica, en la proteo síntesis y cambió en la rigidez del tejido conectivo, entre otros.(Hughes et al., 2018)

Las adaptaciones en el tejido muscular pueden ser diferenciadas por la modalidad de ejercicio predominante en el programa ejecutado por el paciente, en primera instancia desarrollaremos los beneficios producidos por el ejercicio de carácter aeróbico.

3.1.1 Adaptaciones de tejido muscular al ejercicio físico aeróbico.

Como principales adaptaciones locales del tejido muscular al ejercicio aeróbico tenemos dos fenómenos principales, el incremento de la biogénesis mitocondrial y de igual manera el incremento de la densidad de la red capilar local. Que a su vez

tiene como principales consecuencias la mayor disponibilidad de energía por una mejora en la producción y distribución metabólica local.(Joyner & Coyle, 2008)

El fenómeno del aumento de la biosíntesis mitocondrial asociado al ejercicio aeróbico tiene como fundamento una amplia gama de teorías, sin embargo, en primer lugar tenemos a el cambio en el proceso de transcripción del ARNm que codifica la proteína coactivadora del receptor activado por proliferadores peroxisomales (PGC-1 α) principales encargadas de la síntesis de nuevas mitocondrias y del metabolismo aeróbico.(Bishop et al., 2019)

El proceso de angiogénesis condicionada por el ejercicio físico se fundamenta en el alza de la demanda metabólica de los tejidos periféricos, en especial de los músculos esqueléticos, la respuesta a esta alza en la tasa metabólica se ve reflejada con un aumento del factor de crecimiento vascular endotelial y en la estabilidad de su proceso de transcripción a través del ARNm. El ejercicio de moderada y alta intensidad se tiene como un mecanismo de regulación positiva para la sobre expresión de receptores de factor de crecimiento endotelial 1 y 2 (VEGFR1 Y VEGFR2) que coadyuba el proceso de angiogénesis desencadenado por dicho factor de crecimiento.(Bloor, 2005)

3.1.2 Adaptaciones de tejido muscular al ejercicio físico anaeróbico.

El principal beneficio del entrenamiento anaeróbico sobre el tejido muscular es el aumento de la fuerza, de la masa muscular y de la potencia, esto se consigue a través de en primera instancia adaptaciones neuromusculares, aumento en el área sección transversal y cambios en la consistencia del tejido conectivo subyacente.(Hughes et al., 2018)

El rol del sistema neuromuscular en la adquisición de fuerza muscular se ha visto sustentado en varios procesos entre los cuales está en primer lugar la activación máxima del musculo, esto se consigue a través de una reclutación y sincronización de unidades neuromusculares. La reclutación y sincronización de unidades neuromusculares son procesos que son secuenciados por el tamaño de la unidad neuromuscular, por lo tanto, se reclutaran y sincronizaran las unidades neuromusculares con base a la magnitud de fuerza requerida y la tasa de desarrollo

de fuerza requerida por la tarea motora en turno.(Suchomel et al., 2018)(Hughes et al., 2018)

El crecimiento de la masa muscular puede ser clasificado en dos fenómenos, el primero la hipertrofia muscular donde los elementos contráctiles se agrandan, y la matriz extracelular se expande para contribuir en el proceso de crecimiento. El segundo, la hiperplasia, donde el resultado final es consecuencia de un aumento en el número de fibras dentro del vientre muscular, siendo la hipertrofia el escenario más común. (Meloni, 2005)

La hipertrofia inducida a través de ejercicio físico tiene lugar por una serie de eventos miogénicos que se describen como una adición de sarcómeros en sentido paralelo, un aumento de la síntesis proteica de actina y miosina, y un aumento del tamaño transversal de la fibra muscular, siendo como consecuencia un aumento en el área de la sección transversal del musculo.(Schoenfeld, 2020)

El tejido muscular esquelético es clasificado como un tejido post mitótico, esto se refiere a que la capacidad del tejido muscular de ser reparado por procesos mitóticos es limitada, sin embargo, la existencia de células satélite adyacentes a la fibra muscular se ha estudiado durante años recientes y su rol en el proceso de reparación / crecimiento muscular, lo cual ha tenido como principal postulado que las células satélite proveen de nuevos núcleos celulares capaces de la producción de ARNm que consecuentemente tendrá un proceso de transcripción para la síntesis muscular. Sin embargo, este proceso también se ve complementado con divisiones mitóticas de las propias células satélite y a su vez, estas mismas ayudan a empezar con diversos marcadores, vías metabólicas asociadas a la miogenesis.(Dumont et al., 2015)(Schoenfeld, 2020)

3.1.2 Vías metabólicas de miogenesis

a) Via de la diana de rapamicina en células del mamífero relacionada a la quinasa (Akt/mammalian target of Rapamycin Pathway).

La señalización realizada por la Akt mTOR se ha propuesto como el maestro regulador del proceso de hipertrofia muscular, implicada en procesos de transcripción del ARNm, la organización del citoesqueleto de actina, reguladora de

los procesos de translocación de la membrana celular y la proliferación celular como su proceso apoptótico. En el caso del crecimiento del musculo esquelético la Akt mTOR no tiene un mecanismo bien definido, sin embargo, se ha postulado en estudios realizados en ratas, que la AKT mTOR relacionada con el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 y su respectivo receptor (IGF-1/IGF-1R), promueven la síntesis de proteínas musculares. El mecanismo propuesto es el siguiente: mediante un proceso de fosforilación del fosfatidilinositol 3 quinasa (PI3K) que comprende una quinasa del Akt mTOR, esto a su vez llevará a un proceso de translocación de la quinasa 3, que tendrá como consecuencia una fosforilación del sustrato del receptor a insulina tipo 1 activándolo y con esto promover la síntesis de proteínas musculares.(Yin et al., 2020)

b) Vía de la proteína quinasa activada por mitógenos.

La proteína quinasa activada por mitógenos (MAPK) constituyen una red de proteínas encargadas de la fosforilación vinculada con el estrés celular y la respuesta de estas últimas con procesos de transcripción. En el caso del tejido muscular, la MAPK ha mostrado ser el vínculo entre el estrés mecánico ocasionado por el ejercicio hacia los miocitos, estos modulando una respuesta de crecimiento y de diferenciación. Se relacionan principalmente 3 distintas señalizaciones, la primera las quinasas reguladas por señales extracelulares (ERK 1/2) que responderá al estrés mecánico, activando consecuentemente la quinasas activadas por mitógenos y estrés (MSK 1 y 2) al igual que la proteína quinasa activada (MAPKAP-K) entre las cuales destaca la p90 ribosomal S6 quinasa (p90rsk), dichos compuestos se encargaran de fosforilar diversos factores de transcripción que tendrá como ultima consecuencia el aumento de la síntesis proteica.(Chau Long et al., 2004)

En segunda instancia tenemos la p38 MAPK cuenta con diferentes isoformas, las cuales comparte sustratos de quinasa comunes con ERK1 / 2, incluidos MAPKAP K-2 y -3, MSK1 y 2, por lo cual hace compartir en gran medida señalizaciones, sin embargo, la p38 MAPK parece responder en mayor medida a tejido muscular no entrenado, teniendo a su vez como principal diferencia que la p38 MAPK afecta las

actividades de los factores de transcripción de las familias MyoD y MEF2 que se encargaran en última instancia de un aumento de la síntesis proteica.(Keren et al., 2006)

Las quinasas c-Jun N-terminal (JNKs) se diferencia de las dos vías anteriores por la modalidad de contracción necesaria para su activación, tenemos que la vía dependiente de JNKs se activa únicamente durante las contracciones excéntricas, requiriendo así un alto nivel de estrés mecánico, en primera instancia se activa la ERK1 que tendrá a su vez una activación conjunta de la JNKs, que fosforila a la proteína c-Jun que se conjugara con la proteína c-fos para formar el factor de transcripción AP-1(Chau Long et al., 2004),.(Schoenfeld, 2020)

c) Vías dependientes del calcio.

La calcineuria es una fosfatasa dependiente del calcio, a diferencia de las vías anteriores la vía dependiente de calcio es mediadora con diversos factores hipertróficos, como lo son el factor potenciador de miocitos 2, factores de transcripción de la familia GATA, y factor nuclear de células T activadas. Sin embargo, el principal método por el cual la dinámica del Ion Calcio parece favorecer la hipertrofia es cuando con la acción conjunta de la insulina y del IGF-1 aumenta el transito intra celular de iones calcio, esto a su vez tendrá como consecuencia las activaciones de diversos factores de transcripción, como lo son el NFATc2 que consecuentemente aumentaran la síntesis proteica muscular.(Tu et al., 2016)

3.3 Ejercicio de fuerza.

El ejercicio de fuerza puede ser definido como "ejercicio que causa que los grupos musculares trabajen para vencer o mantener una fuerza externa o peso" el concepto de ejercicio de fuerza puede englobar directamente el entrenamiento de resistencia muscular como el entrenamiento de levantamiento de pesas, sin embargo, ambos entrenamientos cuentan con metodologías y objetivos diferentes por lo que deben ser diferenciados el uno del otro.(Chodzko-Zajko et al., 2009)

El ejercicio de fuerza tiene de manera general 3 componentes básicos (variables modificables que por fin de la presente investigación serán desarrollados con mayor profundidad a continuación) en primer lugar tenemos la intensidad, que se describe como la cantidad de peso o fuerza utilizada en relación a la capacidad de la persona. La frecuencia que describe la regularidad con la cual se desempeña el programa de ejercicio postulado. En última instancia tenemos los "sets" o repeticiones que son la cantidad de veces que se realiza un ejercicio específico por entrenamiento. (Piercy et al., 2018)

La teoría de la sobre carga o del estrés físico ha sido el fundamento de la metodología de la prescripción del ejercicio físico durante varios años. El postulado de dicha teoría es el siguiente: Los tejidos, órganos o sistemas que sean expuestos a una sobre carga de estrés mecánico responderán aumentando la habilidad de absorber o disipar dicho estrés, sin embargo, si la carga de estrés sobrepasa su capacidad de adaptación, tendrá como principal consecuencia la lesión o muerte tisular; al contrario de este escenario, si la carga de estrés es demasiado baja, el tejido expuesto perderá habilidad de absorción y disipación del estrés, generando una respuesta de atrofia tisular. (VanBeveren & Avers, 2012)

La fundamentación anteriormente expuesta tiene como consecuencia 5 posibles escenarios de respuesta tisular hacia el estrés mecánico, la atrofia tisular ocasionada por una baja exposición al estrés mecánico, que se caracteriza por la pérdida de capacidad de adaptación, el mantenimiento de las cualidades tisulares es el segundo escenario, donde se permanece las condiciones basales de respuesta factores estresantes. Por otra parte, tenemos a el aumento de tolerancia hacia el estrés físico (hipertrofia muscular) por un aumento de la carga de estrés físico moderada por un lapso de tiempo, por último, tenemos el 4 y 5 escenario la lesión muscular y muerte tisular ocasionadas por una carga excesiva de estrés mecánico, perdiendo el tejido las capacidades de tolerancia al estrés mecánico. (Mueller & Maluf, 2002)

La teoría de la sobre carga a su vez, da fundamento al principio de progresión de la carga, una vez que el tejido, órgano, sistema o persona ha conseguido una

adaptación para la absorción y disipación de un nivel de estrés mecánico, dicho nivel sea convertido en el nivel necesario para el mantenimiento de las cualidades físicas del tejido, por lo que se deberá incrementar los niveles de estrés para generar mayores ganancias.(VanBeveren & Avers, 2012)

3.3.1 Variables modificables.

La prescripción del ejercicio de fuerza cuenta con diferentes variables modificables con el objetivo de obtener los beneficios proporcionados por la ejecución del mismo, acorde al colegio del americano de medicina del deporte (ACSM) las principales variables metodológicas para su prescripción son la carga o intensidad, el número de repeticiones y series (volumen), tiempo de descanso entre series, orden de los ejercicios, velocidad de ejecución, y frecuencia de entrenamiento.(ACMS, 2009)

3.3.2 Clasificación de la fuerza muscular.

En la literatura actual se considera múltiples clasificaciones según el aspecto de la fuerza a evaluar, sin embargo, para fines de la presente investigación abordaremos la clasificación por la clase de contracción muscular.

Para entender la presente clasificación se debe ejemplificar en primera instancia el modelo mecánico muscular de Hill, el cual busca estructurar el tejido muscular como un modelo mecánico, en el cual se permite determinar la fuerza que ejerce los músculos. Los componentes de dicho modelo parten en primera instancia por un elemento contráctil (CE) que está constituido por la sarcomera, esto a su vez se complementa con dos elementos pasivos.(Alonso et al., 2010)

El elemento pasivo elástico en serie que son representados por los tendones, los cuales tienen como función la transmisión de la fuerza tensil hacia las estructuras óseas. Por otro lado, tenemos los elementos pasivos elásticos en paralelo, que constituyen todos los tejidos conectivos circundantes (sarcolema, epimisio, perimisio, etc.) que son encargados de darle estructura al vientre muscular y adaptarse a sus cambios de forma en la producción de la fuerza.(Alonso et al., 2010)

Basándonos en el modelo mecánico muscular de Hill contamos con dos grandes grupos de contracciones: las activas y las reactivas. Las contracciones activas a su vez se sub dividen en 3 tipos de contracciones:(Vinuesa & Vinuesa, 2016)

- contracciones isométricas o estáticas.
- contracciones anisométricas o dinámicas, englobando a las contracciones concéntricas y excéntricas.
- contracciones combinadas o mixtas (combinación de las anteriormente mencionadas)

En cuanto a los tipos de fuerza resultantes en los tipos de contracción tenemos como resultado:

- Fuerza isométrica: o fuerza estática, se caracteriza por la acción del tejido muscular ejerce una contracción sin embargo ambos extremos de origen e inserción están fijos y no hay movimiento en o las articulaciones relacionadas.(Lisón et al., 1998)
- Fuerza isotónica: con componentes concéntricos, excéntricos y mixtos, se caracteriza por una aplicación constante de carga a lo largo de un rango de movimiento con una velocidad de ejecución variable.(Zatsiorsky Vladimir M. et al., 2021)
- Fuerza isocinética: con componentes concéntricos, excéntricos y mixtos, se caracteriza por la aplicación variable de resistencia a lo largo del rango de movimiento, donde la velocidad de ejecución es constante.(Coronado-zarco, 2004)

3.4 Recomendaciones de ejercicio físico en la población geriátrica.

La organización mundial de la salud ya se ha posicionado referente a los niveles de ejercicio físico que deben desempeñar las personas para mantener un buen estado de salud, para fines de la presente investigación nos enfocaremos en las recomendaciones para las personas de 65 años y más((OMS), 2010):

- a) Se deberán dedicar al menos 150 minutos semanales para actividades aeróbicas de intensidad moderada.
- b) Al menos 2 días a la semana de actividades fortalecimiento muscular de intensidad moderada o más elevada enfocada hacia grandes grupos musculares.

c) Al menos 3 días a la semana de actividades físicas multicomponente enfocadas hacia el equilibrio funcional y la fuerza muscular de intensidad moderada o más elevada.

III) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según datos del grupo de trabajo europeo sobre sarcopenia en la persona mayor “EWGSOP” por sus siglas en inglés existe una prevalencia que va desde el 3 % hasta el 24 % de la población mayor de 65 años que padecerá sarcopenia, esto debido a los diversos criterios diagnósticos empleados en diferentes países para el diagnóstico de la sarcopenia.(Dhillon & Hasni, 2017)

El que un adulto mayor desarrolle sarcopenia representa un reto tanto para las entidades sanitarias, como para el paciente afectado, ya que tomara un proceso largo para la readquisición de las aptitudes físicas condicionadas, sin mencionar que este proceso condiciona a su vez a las cuestiones socio-económicas de la persona, debido a los honorarios generados por los múltiples profesionales que deberán intervenir para el máximo beneficio del paciente.(Yagi et al., 2021)

El abordaje de la sarcopenia como entidad clínica ha tenido dos vertientes principales, desde el punto de vista farmacológico en el cual las principales alternativas a tomar es el uso de anabólicos como son la hormona de crecimiento y la testosterona, sin embargo, si bien estos han presentado como beneficios el aumento de la masa magra, también han hecho constante la aparición de efectos secundarios a considerar en los pacientes como lo son los eventos cardiovasculares, el cáncer de próstata, entre otros que pone en la balanza el riesgo beneficio a lograr si se llega a utilizar dichos tratamientos. (Parahiba et al., 2020)

Por otro lado, se tiene registro de las intervenciones de carácter no farmacológica, donde se engloban dos grandes intervenciones, a la cual el ejercicio físico ha sido la principal vertiente de tratamiento tanto preventivo como terapéutico para el abordaje de la sarcopenia, siendo este el que ha presentado una mejor relación costo-beneficio.(L. K. Chen et al., 2020)

Actualmente las guías de abordaje clínico han reconocido el ejercicio físico como la terapéutica con mejor relación costo-beneficio, sin embargo, estos se han caracterizado por tener medidas generales como lo es la implementación de ejercicio de fuerza/resistencia, sin mencionar dosificaciones específicas o

metodologías a seguir en el entrenamiento del adulto mayor sarcopenico y todas las demás entidades que pudiesen afectar al mismo. (Moore et al., 2020)(IMSS, 2011)

IV) PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuenta la literatura científica actual con parámetros definidos de dosificación de ejercicio de fuerza/resistencia para el abordaje de la sarcopenia del adulto mayor?

V) JUSTIFICACIÓN

Actualmente los cambios socio demográficos han tomado una importancia en el desarrollo de políticas sanitarias, como lo son el cambio del paradigma del tratamiento meramente farmacológico, en ese aspecto el ejercicio físico ha tomado la estafeta como una de las intervenciones mayormente recomendadas para el abordaje de gran variedad de afecciones.(Kanasi et al., 2016)

Sin embargo, el ejercicio físico ha sido un tema de estudio para su correcta implementación en el entorno clínico, una mala planificación del mismo no solo puede tener como consecuencia el abandono del mismo o el poco apego al ejercicio físico por parte del paciente, sino que, su mala planificación y dosificación se ha relacionado a efectos adversos contrarios a los beneficios que se le han atribuido.(Ferro García et al., 2004)(Pifarré San Agustín et al., 2016)

En el entorno de la sarcopenia, como entidad patológica, se ha promocionado diferentes alternativas terapéuticas, sin embargo, a nivel institucional, sigue existiendo un desconocimiento de las modalidades a elegir para el abordaje terapéutico de la misma, esto a su vez, genera un problema en las intervenciones seleccionadas por los clínicos, puesto que las recomendaciones generales carecen de la especificidad que requieren los pacientes que padecen sarcopenia, no solo por la misma, si no que este tipo de paciente en una gran mayoría de los casos son acompañados de diferentes patologías que pudieran intervenir en el desarrollo de un programa de ejercicio físico.(L. Xia et al., 2020)

El caso de México contamos con una guía de abordaje para los síndromes geriátricos, fragilidad y sarcopenia respectivamente, sin embargo, la guía clínica proporcionada por el Instituto Mexicano del Seguro Social se limita a dar recomendaciones generales como el tipo de ejercicio (fuerza/resistencia) y el tiempo recomendado (150 minutos a la semana) dejando un número de variables modificables sin una recomendación estandarizada para la población sarcopenica en cuestión.(IMSS, 2011)

Ya que se prevé un aumento en las cifras de pacientes geriátricos que presenten algún síndrome geriátrico, como lo es la sarcopenia, el desarrollo de investigaciones

como la presente, pretende la divulgación de una mayor información acerca del ejercicio físico como herramienta de tratamiento, y de igual manera fortalecer la formación de los futuros profesionales sanitarios que serán los encargados de la atención de la población geriátrica que un futuro, tendera a ser un grupo importante de la población total del país.(Salinas-Rodríguez et al., 2020)

VI) OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Identificar las prescripciones de dosificación de ejercicio de fuerza/resistencia actuales para el abordaje de la sarcopenia del adulto mayor.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar los parámetros de dosificación de ejercicio de fuerza/resistencia usados por los autores en la literatura actual.
- Describir los resultados obtenidos de la aplicación de las dosificaciones propuestas por los autores en la literatura actual.
- Identificar los métodos diagnósticos usados por los autores en la valoración de la sarcopenia del adulto mayor.

VII) MATERIAL Y MÉTODOS

1.1 Protocolo:

La presente revisión se basó en la declaración "preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (ver anexo 1), en los cuales se ejemplifica diferentes apartados donde se indica el procedimiento a seguir. Los lineamientos PRISMA cuenta con procedimientos pre establecidos para la mejora de la calidad de las publicaciones de revisiones sistemáticas.

1.2 Criterios de elegibilidad.

La elección de los artículos se fundamentó en una lista de criterios de selección, los cuales serán presentados a forma de lista a continuación:

- a) Artículos publicados entre los años 2010 y 2021.
- b) La población estudiada sean pacientes mayores de 60 años diagnosticados con sarcopenia.
- c) Artículos que fueron publicados en el idioma español e inglés.
- d) Ensayos clínicos donde la intervención fuera basada en entrenamiento de la fuerza.
- e) Artículos con el texto completo disponible.

Por otro lado, se consideró una serie de criterios de eliminación con el fin de conseguir la menor cantidad de artículos de buena calidad para la presente revisión. Los criterios de eliminación son los siguientes:

- a) Artículos que se usen la suplementación farmacológica para el crecimiento muscular.
- b) Artículos de otras revisiones sistemáticas, casos clínicos, estudio de cohortes, ni capítulos de libro.
- c) Artículos que se implemente una combinación de técnicas que favorezcan el crecimiento muscular.
- d) Artículos que tengan como muestra una población animal.
- e) Artículos que combinen modalidades de ejercicio físico.
- f) Artículos que no mencionen los parámetros de prescripción del ejercicio.

1.3 Fuentes de datos:

Para fines de la presente revisión se realizó la búsqueda de ensayos clínicos en una variedad de bases de datos, esto con fecha de inicio del 20 de abril del 2021. Las bases de datos consultadas como resultado final del presente estudio son las siguientes: Pubmed central, Google scholar, science direct, Biomed central.

1.4 Búsqueda

1.4.1 Pubmed central

Con fines de la presente revisión se dispuso el uso de la base de datos pubmed central como primera fuente de datos a consultar en la cual se obtuvo 208 resultados. El procedimiento por el cual se obtuvo los resultados anteriores son los siguientes:

1. Las palabras clave utilizadas fueron: sarcopenia, fisioterapia, ejercicio, entrenamiento, fuerza. Tanto en el idioma español como en su traducción al idioma inglés respectivamente.
2. Se agrega como filtro aquellos estudios publicados en el lapso de tiempo de 2010 a enero de 2021.
3. Se agrega un filtro adicional eligiendo solamente ensayos clínicos.
4. Se seleccionan los estudios que cumplieran con los criterios de elección y eliminación anteriormente planteados.

1.4.2 Biomed central

Con fines de complementar la búsqueda de la revisión presente se usó como segunda fuente de datos de elección Biomed central, en donde se obtuvo 475 resultados. Los pasos por los cuales se realizó la búsqueda en la presente fuente serán enumerados a continuación:

1. Las palabras clave utilizadas fueron: sarcopenia, ejercicio, entrenamiento, fuerza y resistencia. Tanto en el idioma español como en su traducción al idioma inglés respectivamente.
2. Se agrega como filtro aquellos estudios publicados en el lapso de tiempo de 2010 a enero de 2021.
3. Se agrega un filtro adicional eligiendo solamente ensayos clínicos.

4. Se seleccionan los estudios que cumplieran con los criterios de elección y eliminación anteriormente planteados.

1.4.3 Sciendirect

La fuente de datos sciendirect fungió como tercera base de datos utilizada en la presente revisión, donde se obtiene 253 resultados. Los resultados se obtienen después de una serie de 4 pasos que serán descritos a continuación:

1. Las palabras clave utilizadas fueron: sarcopenia, ejercicio, entrenamiento, fuerza y resistencia. Tanto en el idioma español como en su traducción al idioma inglés respectivamente.
2. Se agrega como filtro aquellos estudios publicados en el lapso de tiempo de 2010 a enero de 2021.
3. Se agrega un filtro adicional eligiendo solamente ensayos clínicos.
4. Se seleccionan los estudios que cumplieran con los criterios de elección y eliminación anteriormente planteados.

1.4.4 Google scholar

En última instancia se optó por el uso de la base de datos de Google Scholar; en donde se obtienen 1000 resultados. Los resultados fueron obtenidos posterior a una serie de 4 pasos que son descritos a continuación:

1. Las palabras clave utilizadas fueron: sarcopenia, ejercicio, entrenamiento, fuerza y resistencia. Tanto en el idioma español como en su traducción al idioma inglés respectivamente.
2. Se agrega como filtro aquellos estudios publicados en el lapso de tiempo de 2010 a enero de 2021.
3. Se agrega un filtro adicional eligiendo solamente ensayos clínicos.
4. Se seleccionan los estudios que cumplieran con los criterios de elección y eliminación anteriormente planteados.

1.5 Selección de estudios:

La revisión bibliográfica fue ejecutada en las siguientes bases de datos: Pubmed, biomedcentral, google scholar, sciendirect incluyendo artículos con un rango de publicación del 2010 al 2021, las palabras clave fueron las siguientes: sarcopenia,

ejercicio, entrenamiento, fuerza y resistencia. Posterior a la realización de la búsqueda de la literatura disponible los artículos fueron analizados acorde a un proceso de cribado de 3 filtros; el primero siendo la lectura del título y resumen; el segundo siendo la lectura de los materiales y métodos buscando la propuesta de diseño de abordaje basado en ejercicio de fuerza; finalmente el tercer filtro siendo la lectura completa del artículo.

1.6 Proceso de extracción de datos.

El proceso de extracción de datos se basó en la estrategia PICOT: población (P); Intervención (I); comparación (C); Resultados (O); tiempo (T). Siendo el caso de la presente revisión el nombre del autor y fecha de publicación, en siguiente instancia las características de la población siendo el rango de edad, numero de población, diagnostico. En siguiente instancia tendremos a las variables modificables de la prescripción del ejercicio de fuerza; los resultados arrojados en las 3 características componentes de la sarcopenia: fuerza muscular, desempeño físico y composición corporal; para finalmente describir el tiempo de intervención.

1.7 Lista de datos.

En el presente proceso de selección se identificó en primera instancia las variables de dosificación de ejercicio de fuerza/resistencia, entre las cuales se mencionan la intensidad, el volumen, el tiempo de contracción, tiempo de descanso entre serie, velocidad de ejecución y frecuencia de entrenamiento. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Definiciones de variables de prescripción del ejercicio de fuerza/resistencia.

Variable	Definición
Intensidad o carga	Criterio de la carga que controla la potencia y la especificidad del estímulo sobre el organismo, o la medida del esfuerzo que comporta el trabajo desarrollado durante el entrenamiento. (Pancorbo & Pancorbo Sandoval, 2008)
Volumen	Sumación total del número de repeticiones durante la sesión de entrenamiento, esto es multiplicado por la resistencia utilizada expresada en kilogramos, reflejando así un estimado de la duración en la cual el musculo estuvo expuesto a estrés físico. (Tran et al., 2006)

Frecuencia	Número de sesiones de entrenamiento ejecutadas por periodo de tiempo, al igual que el número de veces que un grupo muscular específico es entrenado en un periodo de tiempo. (B. J. Schoenfeld et al., 2016)
Tiempo de descanso entre serie	Rango de tiempo destinado al descanso del grupo muscular posterior a la ejecución de una serie de repeticiones. (ACMS, 2009)
Orden de los ejercicios	Cronología de elección de los ejercicios a realizar, siendo la relación recomendada basada en relaciones musculares agonistas y antagonistas (ACMS, 2009)
Tempo	Velocidad de contracción muscular, en la cual se busca la manipulación del tiempo de ejecución de un ejercicio, pasando por la fase concéntrica, isométrica y excéntrica. (ACMS, 2009)

Aunado a la recolección de los planteamientos de prescripción, se extraen los datos de autor principal del artículo, la población analizada, los rangos de edad de los participantes, las medidas de medición y diagnóstico realizadas por los autores, el diagnóstico arrojado por las valoraciones realizadas y finalmente la duración del protocolo.

: 1.8 Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales.

El riesgo de sesgo en todos los estudios agregados en la presente revisión fue evaluado mediante la escala Physiotherapy Evidence Database de calidad de metodológica (PEDro) (ver anexo 2). A partir de la anteriormente mencionada se determinó los criterios que cumple cada autor en sus estudios y aquellos que no lo cumplieron. (Ver tabla 6)

1.9 Medidas de resumen.

En los artículos seleccionados se verifico una serie de características, entre las cuales destacan: Que los pacientes sean adultos mayores, a su vez tendría que ser diagnosticados con sarcopenia o alguna variante agregada al espectro de la sarcopenia, que especificara la metodología de dosificación del ejercicio de fuerza, y los resultados que obtuvieron posterior a la intervención basada en ejercicio de fuerza.

2.0 Síntesis de resultados.

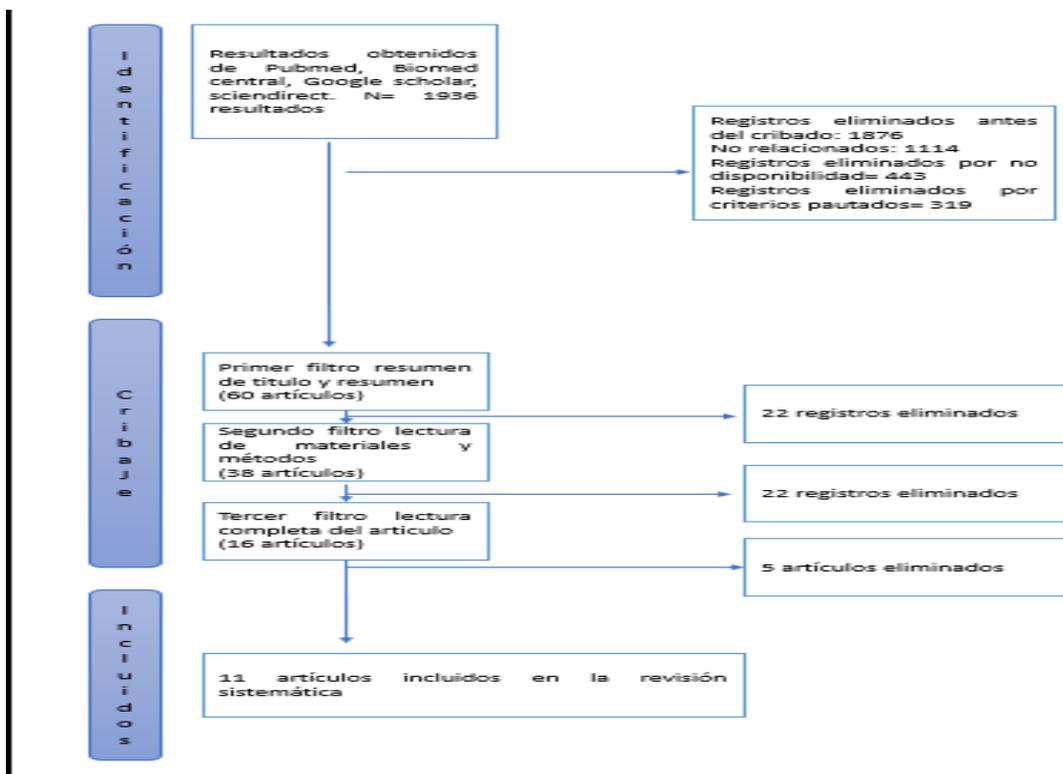
La estrategia de síntesis de resultados fue una lectura completa de los artículos seleccionados donde se extrajo en primera instancia el diseño de la metodología de dosificación del ejercicio de fuerza. Posteriormente se realiza por proceso de extracción de los resultados obtenidos en cada estudio, con el objetivo de analizar que autores obtuvieron una mejoría significativa en los 3 componentes necesarios para el diagnóstico de la sarcopenia.

VIII) RESULTADOS

1.1 Selección de estudios:

El proceso de selección de estudios se ejecutó de la siguiente manera. Se obtuvo un total de 1936 resultados en conjunto de las bases de datos consultadas, las cuales fueron Pubmed, Biomed central, Google Scholar y sciendirect. Del conjunto de 1936 resultados se eliminan 1876 resultados siendo 1114 resultados no relacionados con el tópic abordado, 443 artículos eliminados por no disponibilidad, y 319 eliminados por los criterios de elección pautados. Teniendo 60 artículos potenciales se les aplico un primer filtro de lectura de resumen y titulo, siendo 22 artículos eliminados. Posteriormente se obtuvo 38 artículos que fueron sometidos a un proceso de lectura del apartado de materiales y métodos, siendo eliminados 22 resultado. Para finalmente obtener 16 investigaciones a las cuales se les aplica un proceso final de cribado que consistió en la lectura completa del artículo, siendo 5 resultados eliminados. Teniendo como resultado final la aceptación de 11 artículos. El proceso se ejemplifica en el siguiente diagrama de flujo PRISMA (Ver imagen 5).

Imagen 5. Diagrama de flujo PRISMA.



1.2 Características de los estudios.

La recolección final de artículos tuvo como resultado la selección de 11 artículos con las características necesarias plasmadas en los criterios de inclusión y exclusión de la metodología planteada. En donde los presentes artículos encontramos que un resultado fue publicado en el año 2021, dos estudios más en el año 2020, uno en el año 2019, tres más en el año 2018, un resultado más en el año 2017, dos estudios en el año 2016, para finalmente encontrar un solo estudio publicado en el año 2014. La población total de los 11 estudios se enumera en 541 adultos mayores, en donde 298 fueron practicantes de ejercicio de fuerza/resistencia como grupos intervención, y los restantes 243 adultos mayores formaron parte de diversos grupos control como lo son: la vida diaria, reposo, seguimiento del estado de salud y otras modalidades de ejercicio.

A continuación, se describirá las metodologías en la dosificación del ejercicio de fuerza en población de adultos mayores con diagnósticos de sarcopenia. Para fines del presente estudio se clasifico a los estudios en 3 grandes grupos:

- a) Estudios donde se comparó una intervención de ejercicio de fuerza contra un grupo control.
- b) Estudios donde se implementó una metodología de dosificación y se le comparo con otra metodología de dosificación del ejercicio de fuerza.
- c) Estudios donde se comparó los cambios de un estado basal a un estadio post intervención basado en ejercicio de fuerza/resistencia.

A pesar de las diferencias metodológicas, los estudios mencionados cuentan con una propuesta de prescripción de ejercicio de fuerza con las variables mencionadas con anterioridad en el apartado 1.8 lista de datos. Posteriormente se describen los métodos diagnósticos usados por los autores. Siendo en su mayoría la velocidad de la marcha, batería corta de desempeño físico, la fuerza de prensión manual, absorciometría dual de rayos x, análisis de impedancia bioeléctrica, entre otros, los métodos evaluativos de mayor uso. Para finalmente recolectar los resultados obtenidos por los autores al final de la ejecución de su propuesta de prescripción de ejercicio de la fuerza/resistencia (Ver tabla 6).

Tabla 6. Características de los estudios

Autor/año	Población	Rango de edad	Métodos diagnósticos	Duración	Dosificación	Resultados
Ass 2020	22 participantes G.C 11 (vida normal) G.E 11 (ejercicio de fuerza y dieta)	85 ± 6.0 años	a) SPBB, b) DXA, c) Espesor del cuádriceps (U.S), d) 1RM Test, e) contracción isométrica máxima voluntaria	10 semanas	3 sesiones/semana/10 semanas 2 día 1RM, 1 día 80-90 % del 1RM Tempo: 2 seg Concentrico-excentrico Descansos de 2 minutos entre series. 12 repeticiones/ 1-3 series Progresión 2 a 10 semana: 3 sets de 12 RM 4 sets de 6 RM	a) Masa magra aumento en G.E (0.7(±)0.3 kg) b) aumento del vasto lateral (4.4 (±) 3.2%), recto femoral (6.7 (±) 5.1 %) , vasto intermedio (5.8 (±) 5.9 %) c) Aumento de la fuerza extensora de miembro inferior (+20-23 %) D) Desempeño funcional aumento (+7-11%) e) fuerte correlación entre fuerza isométrica y desempeño motor (0.70)
Iranzo 2018	37 participantes G. E.1 (11) (Ejercicio de fuerza) G.E.2 (9) (Ejercicio de músculos respiratorios) G.C (17) (vida normal sin intervención)	≥ 65 años	a) BIA b) velocidad de la marcha c) FPM d) test isométrico de extensión de rodilla e) máxima presión inspiratoria y espiratoria	12 semanas	3 sesiones/ semana/ 12 semanas 12 repeticiones/ 1 serie Tempo: velocidad de ejecución baja 2 minutos de recuperación entre serie. 40-60 % de la fuerza isométrica máxima.	a) no se presentan cambios significativos en desempeño motor ni composición corporal
Galdelha 2016	133 participantes G.E (69) (Ejercicio de fuerza) G.C (64) (sin intervención)	67 ± 5.2 años	a) DXA b) test isométrico de extensión de rodilla	24 semanas	3 sesiones/semana/ 24 semanas 1 minuto de descanso entre set 60% 1RM 12 rep de 3 series (2 semanas) 70 % 1RM 10 rep de 3 series (2 semanas) 80 % 1RM 8 rep de 3 series (16 semanas)	a) programa indujo un aumento significativo en la masa libre de grasa (P <0.01) b) Programa no indujo cambios significativos en masa grasa. c) Programa indujo un aumento de masa magra apendicular

Autor/año	Población	Rango de edad	Métodos diagnósticos	Duración	Dosificación	Resultados
Chen 2017	93 participantes G.E.1 (24) (Ejercicio aeróbico) G.E.3 (25) (Ejercicio mixto) G.E.2 (22) (Ejercicio de fuerza) G.C (22) (Sin intervención)	65-75 años	a) BIA b) FPM c) F.M del extensor de la espalda d) F.M del extensor de la rodilla e) niveles séricos de IGF-1	8 semanas	2 sesiones por semana/ 8 semanas 60-70 % del 1RM 3 series de 10-12 repeticiones 2-3 minutos de descanso 60 minutos por sesión con 48 horas de intervalo entre sesión 10 ejercicios.	a) cambios positivos en la composición corporal en la masa muscular (22.9 ± 3.0 a 23.04 ± 4.1) disminución de la masa grasa (27.9 ± 6.8 a 26.9 ± 7.9) b) Aumento en la fuerza de prensión manual (20.0 ± 7.0 a 23.5 ± 7.3) c) Aumento de la fuerza del extensor de la rodilla ($2^\circ.57 \pm 5.29$ a 24.77 ± 5.98) d) Aumento de la fuerza del extensor de la espalda (56.45 ± 23.32 a 65.49 ± 24.05) e) Aumento de los niveles de IGF-1 (4.07 ± 1.97 a 4.25 ± 2.06)
Del campo 2019	19 participantes con sarcopenia	77.7 ± 8.9 años	a) SPBB b) FPM c) BIA	12 semanas	3 veces por semana/12 semanas 2-3 series de 12-15 repeticiones 2-3 minutos de descanso entre serie Intensidad. – percepción de esfuerzo moderado a alto.	a) Aumento significativo de la fuerza a 5.7 kg ($P= 0.0001$) b) aumento del desempeño motor: balance (7.3 segundos $P<0.001$) prueba de la silla (-7 segundos $P<0.036$) y velocidad de la marcha (12.6 ± 6.4 $P< 0.001$)
Stoeber 2018	48 participantes G.E.1= 28 (ejercicio de fuerza) G.E.2 = 20 (ejercicio de fuerza)	(≥ 65 años)	a) SPBB b) PPT c) functional reach test d) BIA e) FPM	16 semanas	2 veces por semana 1 fase 3 semanas 2 series de 12 a 15 repeticiones 60 % de 1RM 2 fase 13 semanas 3 series de 8 a 12 repeticiones 80-85 % de 1RM	Grupo sarcopenia diagnosticado: a) Aumento del 9 % de la fuerza de prensión manual b) aumento del 5 % de la velocidad de la marcha c) aumento del 13 % del puntaje de SPBB d) aumento del 11 % del puntaje del PPT Grupo pre sarcopenia diagnosticado: a) aumento del 10 % del puntaje del SPBB b) aumento del 7 % del puntaje del PPT No aumento del SMI y funcional reach test en ambos grupos.

Autor	Población	Rango de edad	Métodos diagnósticos	Duración	Dosificación	Resultados
Cunha 2018	62 participantes G.E.1 (21) (Ejercicio de fuerza 1 set) G.E.2 (20) (Ejercicio de fuerza 3 sets) G.C (21) (Reposo)	68.0 ± 4.3 años	a) 1RM test b) DXA	12 semanas	G.E.1 3 veces/ semana 1 serie de 10-15 repeticiones 1-2 minutos de descanso entre serie Intensidad: fallo muscular. Tempo: 1 seg concéntrico- 0 isométrico-2 seg. excéntrico 2-3 min descanso entre ejercicio. G.E.2 3 veces/ semana 3 series de 10-15 repeticiones Intensidad: fallo muscular. Tempo: 1 seg concéntrico- 0 isométrico-2 seg. excéntrico 2-3 min descanso entre ejercicio.	G.E.1 a) Total de fuerza (101.7 ± 15.9 a 120.5 ±16.1) b) Masa muscular (17.1 ±1.3 a 18.0 ±12.5) c) Masa grasa (37.9 ± 6.6 a 37.5 ± 6.9) d) densidad ósea (1.09 ± a 1.09 ±0.1) G.E.2 a) Total de fuerza (100-3 ± 17.1 a 125.8 ±19.8) b) masa muscular (16.9 ±1.5 a 18.0 ±1.9) c) masa grasa (40.0 ± 7.0 a 37.5±7.5) d) Densidad ósea (102±0.1 a 1.03 ±0.1)
Hooshmandi 2021	30 participantes G.C (15) (Ejercicio de fuerza) G.E (15) (sin intervención)	60-70 años	a) BIA b) FPM c) 6MWT (velocidad de la marcha) d) Niveles séricos de IGF-1 y miostatina	8 semanas	1 mesociclo (2 semanas) 3 sesiones por semana 2-4 series 8-15 repeticiones 50-55 % 1RM Descanso entre ser 30-90 segundos. Descanso entre ejercicio 1 minuto. 2 mesociclo (6 semanas) 2 a 3 series en donde: 1 serie: 4-6 repeticiones 2 serie: 2-3 repeticiones 3 serie: 1-2 repeticiones Tiempos de descanso entre serie de 20 segundos. Intensidad de 60 a 85 % del 1RM aumentando 5 % por semana.	a) Disminución significativa del porcentaje de masa grasa (1.05 (±) 0.79 P<0.001) b) Disminución significativa de niveles séricos de miostatina (87.25 (±) 82.38 P<0.01) c) Aumento significativo de la fuerza de prensión manual (08.58 (±) 4.50 P<0.002) d) Aumento significativo en índice de masa muscular y masa muscular apendicular (-4.91(±)0.28 P<0.001) (-0.19 (±) P<0.001) e) aumento significativo en velocidad de la marcha (-0.42 (±) 0.26 P<0.001) f) Aumento no significativo de niveles séricos de IGF-1 (-0.83(±) 2.90 P=0.88)

Autor/año	Población	Rango de edad	Métodos diagnósticos	Duración	Dosificación	Resultados
Lichtenberg 2020	43 participantes G.E (21) (Ejercicio de fuerza y suplementación) G.C (22) (Suplementación)	≥ 72 años	a) BIA b) FPM c) velocidad de la marcha	20 semanas	Etapa 1 4 semanas 12-14 ejercicios 1-2 series de 8-15 repeticiones Tempo: 2 -1- 2 Intensidad: esfuerzo percibido. Etapa 2 8 semanas 14-18 ejercicios 1 serie de 7-18 repeticiones a) 1ero 15-18 repeticiones b) 2do 7-10 repeticiones Descanso de 90 segundos entre ejercicio Intensidad: esfuerzo percibido Tempo: dos variables a) 4-1-4 b) 1-2-1 Etapa 3 8 semanas 14-16 ejercicios 1 serie de 6-15 repeticiones a) 1ero 12 a 15 repeticiones b) 2do 6 a 8 repeticiones Descanso: 90 segundos entre ejercicio. Intensidad: fallo muscular. Tempo: dos variables a) 4-1-4 b) 1-1-2	A) Aumento significativo del índice de masa muscular en G.E (+4.2% p<0.001) B) Aumento no significativo de la velocidad de la marcha (+1.3 % p=0.061) c) Fuerza de presión manual se mantuvo sin cambios significativos (+0.5%, p=0.89)
Balachandran 2014	23 participantes G.E.1 (11) (Ejercicio de fuerza con descansos) G.E.2 (12) (Ejercicio de fuerza sin descansos)	≥ 60 años	a) SPBB b) BIA c) FPM d) 1 RM test e) Borg f) AVDHI	12 semanas	Grupo experimental 1 15 semanas de intervención. 70 % del 1RM. 3 series de 10 a 12 repeticiones. Descansos de 1 a 2 minutos entre serie. Tempo: 2 seg concéntrico- 0 isométrico – 2 seg excéntrico. Grupo experimental 2 15 semanas de intervención. 3 series de 10 a 12 repeticiones. No descansos entre serie. Intensidad regulada por ejercicio desde 55 % 1RM hasta 80 % 1RM	Grupo experimental 1: a) Aumento no significativo del 7 % en SPBB (g = 0.2, p = .25) b) Aumento significativo en miembros inferiores del 22 % (g = 0.8, p b.01) c) sin cambios significativos en demás medidas. Grupo experimental 2: a) Aumento significativo del 20 % en SPPB (g = 1.1, p = .02) B) Esfuerzo percibido menor que en G.E.1 (P<0.04) c) sin cambios significativos en demás medidas.

Autor/año	Población	Rango de edad	Métodos diagnósticos	Duración	Dosificación	Resultados
Vasconcelos 2016	31 participantes G.E (16) (Ejercicio de fuerza) G.C (15) (seguimiento de estado de salud)	65-80 años	a) test isométrico de extensión de rodilla. b) SPBB c) SF-36	10 semanas	30 segundos de descanso entre serie 60 segundos de descanso entre ejercicio Fase 1: 2 series de 12 repeticiones (50 % 1RM) 2 series de 8 repeticiones (1 kg) 2 series de 10 repeticiones (sin peso) Fase 2 2 series de 12 repeticiones (75 % RM) 2 series de 8 repeticiones (2 kg) 2 series de 10 repeticiones (sin peso) Fase 3 2 series de 12 repeticiones (40 % de nueva RM) 2 series de 8 repeticiones (2 kg) 2 series de 10 repeticiones (sin peso) Fase 4 2 series de 12 repeticiones (60 % de nueva RM) 2 series de 8 repeticiones (3 kg) 2 series de 10 repeticiones (sin peso) Fase 5 3 series de 12 repeticiones (60 % de nueva RM) 3 series de 8 repeticiones (3 kg) 3 series de 10 repeticiones (sin peso)	a) No se encuentran diferencias significativas entre grupo control y grupo experimental b) Fuerza de grupo experimental aumenta 15 w/kg en relación con el estadio inicial.

BIA: Análisis de impedancia bioeléctrica FPM: Fuerza de prensión manual 6MWT: Test de la marcha de los 6 minutos RM: repetición máxima DXA: absorciometría dual de energía de rayos X, U.S: ultra sonido, SPBB: Short Physical Performance. Battery. SF-36: SF-36 Questionnaire. FPM: Fuerza de prensión manual. AVDHI: Actividades de la vida diaria instrumentadas Rep: repetición G.E.: Grupo experimental G.C: Grupo control G.E.1: Grupo experimental 1 G.E.2: Grupo experimental 2 Seg: segundos %RM= Porcentaje de repetición máxima.

1.3 Riesgo de sesgo en la publicación.

Ejemplificado en la tabla 6 donde se valoran las fortalezas y limitaciones de cada estudio se llegó a la determinación de que se necesitó cumplir con un número mínimo de 8 ítems en la escala PEDro para considerarlo información de buena calidad, dicho número de ítems fue obtenido únicamente por los estudios de (Gadelha et al., 2016), (Hooshmandi et al., 2021) y (Stoever et al., 2018). Con respecto a los demás estudios se obtuvo una mayor calificación por lo que se considera que el riesgo de sesgo es bajo.

Tabla 6. Escala PEDro

Criterios	Chen 2017	Del campo 2019	Stoever 2018	Ass 2020	Iranzo 2018	Gadelha 2016	Hooshmandi 2021	Cunha 2018	Balachandran 2014	Lichtenberg 2020	Vasconcelos 2016	total
1.- Los criterios de selección fueron especificados.	Si	si	Si	si	si	si	si	Si	Si	Si	Si	10
2.- Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos.	Si	Si	No	si	si	si	si	Si	Si	Si	Si	10
3.- La asignación fue oculta.	Si	Si	No	si	si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	10
4.- Los grupos fueron similares al inicio en relación con los indicadores de pronóstico más importantes.	Si	No	Si	si	si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	10
5.- Todos los sujetos fueron cegados.	No	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	8
6.- Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados.	Si	Si	Si	si	Si	No	No	No	No	Si	Si	7

7.- Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado fueron cegados.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si	Si	No	7
8.- Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85 % de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	si	11										
9.-Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención a tratar".	Si	11										
10.- Los resultados de comparación estadísticamente entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave.	si	no	Si	si	si	Si	si	No	Si	Si	Si	9
11.- El estudio proporciona medidas puntuales y de variable para al menos un resultado clave.	si	10										
Total	10	9	8	10	10	9	8	8	10	10	10	

1.3 Síntesis de resultados.

Los resultados arrojan la recolección total de 11 propuestas de prescripción del ejercicio de fuerza en 11 estudios con características metodológicas diferentes, en total se somete a 298 individuos a el ejercicio de fuerza/resistencia.

En cuanto a los parámetros de prescripción, encontramos que el 54.54 % de los estudios seguía los parámetros de prescripción recomendados por la ACMS, siendo

una intensidad del 60 al 70 % de la RM, un volumen de 1 a 3 series, un tiempo de descanso de 1 a 3 minutos entre serie, un tempo bajo a moderado para finalmente una frecuencia de entrenamiento de 2 a 3 sesiones de entrenamiento por semana. A su vez encontramos que el 36.36 % de los estudios seguían en la gran mayoría de las variables los parámetros de prescripción del ACMS, sin embargo, presentaban alguna variación en una variable como lo es intensidad o tiempo de descanso. Finalmente encontramos que 9.09 % de los estudios no siguió los parámetros del ACMS.

En primera instancia abordaremos los estudios en los cuales se compara la intervención de ejercicio de fuerza con un grupo control, los cuales representan el 54.54 % del total de estudios analizados (6 estudios). El EWGSOP dicta como ya lo abordamos anteriormente 3 componentes necesarias para el diagnóstico de la sarcopenia, en los estudios del presente grupo encontramos que el 50 % encontró cambios significativos en las 3 componentes (3 estudios) por otro lado el 16.6 % mostro resultados significativos en 2 componentes (1 estudio), en cambio tenemos que un 16.6 % de la muestra del presente grupo mostro cambios significativos en una esfera (1 estudio) para finalmente encontrar que el 16.6 % no mostro ningún cambio significativo en ninguna esfera (1 estudio).

En segunda instancia tenemos a aquellos estudios donde se compara dos diferentes propuestas de dosificación del ejercicio de fuerza, teniendo como resultado la revisión de dos estudios. En dichos estudios se encuentra que en el primer artículo propuesto se generan cambios positivos en ambas metodologías en las 3 esferas que componen el espectro de la sarcopenia, por otro lado, en el estudio propuesto por (Balachandran et al., 2014) en su primera propuesta de intervención se ven efector positivos en 2 esferas las cuales son la fuerza y el desempeño físico, sin embargo, en la segunda propuesta de dosificación solo se registra una esfera que genero cambios positivos en la población analizada.

En última instancia tenemos a aquellos estudios donde se comparó los cambios de un estado basal a un estadio post intervención basado en ejercicio de fuerza. Teniendo el total de 3 artículos analizados en dicho apartado, donde encontramos

que el 66.6 % de los estudios encuentran un aumento positivo en los 3 aspectos a evaluar del espectro de la sarcopenia, y solamente encontramos un 33.3 % de los estudios donde se encuentran efectos positivos en solo 2 apartados del diagnóstico de la sarcopenia.

En cuanto a las medidas de evaluación o diagnóstico tenemos una gran variedad de decisiones tomadas por los 11 autores revisados, en primer lugar, se abordan los estudios realizados para evaluar la composición corporal, en donde la bioimpedancia eléctrica se muestra como la más numerosa, siendo elegida en un 54.54 % de los estudios evaluados, en segundo puesto tenemos a la absorciometría dual de rayos x con un 27.27 % de autores que la usaron, y finalmente el ultrasonido con un 9.09 %.

En cuanto a los métodos evaluativos para la fuerza muscular tenemos en primer lugar la fuerza de prensión manual usada por el 63.63 % de los autores revisados, en siguiente instancia tenemos a la variedad de test isométricos máximos con un 45.45 % de los autores utilizando esta medición, finalmente encontramos el 1RM test con un 18.18 %.

La valoración del desempeño funcional fue la más variada en cuanto métodos utilizados, en primer lugar, encontramos a la batería corta de desempeño físico con un 45.45 % de los autores usándola, en siguiente instancia tenemos a la velocidad de la marcha con un 18.18 %, para finalmente referir a functional reach test, Physical Performance Test, AVDHI, 6MWT, SF-36 con un 9.09% de los autores referenciando dichas evaluaciones respectivamente.

IX) DISCUSIÓN.

La sarcopenia se ha colocado como una de las principales condiciones patológicas del adulto mayor, esto ha llevado a la constante búsqueda de información en la bibliografía de alternativas terapéuticas para su abordaje, en la presente revisión se presentó 11 alternativas de metodología en ejercicio de fuerza. Los resultados se mostraron claros en cuanto a que el ejercicio de fuerza es una alternativa segura y que muestra beneficios en los 3 componentes establecidos como necesarios para el diagnóstico de la sarcopenia.

1.- Propuestas de prescripción de fuerza de los autores y sus resultados en el contexto clínico de la sarcopenia.

En primera instancia se encuentran los hallazgos en cuanto a que intensidad pudiera ser la más idónea para poder alcanzar los mejores beneficios en los pacientes sarcopenico, contra la percepción social del paciente sarcopenico, las metodologías basadas en ejercicio de alta intensidad ($\geq 80\%$ 1RM) o hasta el fallo muscular resultaron ser metodologías que proporcionaron cambios beneficiosos en los 3 componentes de la sarcopenia (Aas et al., 2020)(Hooshmandi et al., 2021)

Por otro lado tenemos la prescripción de la intensidad basada en la obtención del fallo muscular, si bien pueden tener beneficios bastante importantes como lo demuestran (Lichtenberg et al., 2019)(Cunha et al., 2018) esto concuerda con los hallazgos de (Davies et al., 2016) sin embargo, este mismo menciona la alta probabilidad de que el entrenamiento hacia el fallo muscular resulte altamente lesivo, por lo que se recomienda su análisis particular en el actuar clínico de los profesionales sanitario.

A pesar de que la intensidad elevada demuestre ser efectiva para el tratamiento de la sarcopenia, se encontró a su vez que modelos progresivos de ejercicio de intensidad moderada pudieran también tener efectos beneficiosos como lo denotan los resultados obtenidos por (Gadelha et al., 2016)(Balachandran et al., 2014)(H. T. Chen et al., 2017)(Stoeber et al., 2018) aunque cabe aclarar que los presentes

artículos a su vez en su prescripción de ejercicio de fuerza aun alcanzaron niveles de intensidad altos.

La prescripción de ejercicio físico genera cambios beneficiosos en la población con sarcopenia, sin embargo tenemos que una intensidad baja no genera cambios esperados en la población analizada, esto lo ejemplifica en primera instancia el estudio realizado por (Vasconcelos et al., 2016) donde se muestra una propuesta de dosificación en donde se contrapone a la postura de las recomendaciones de (ACMS, 2009) marcando una intensidad igual o menor a 50 % del 1RM en 2 fases de las 5 propuestas, a su vez de que si bien la ACMS propone una intensidad de 60-70 % de 1RM, en la propuesta anteriormente mencionada no se respeta el principio de progresión, alternando intensidades menores (40-50 % 1RM) con intensidades moderadas (60-75 % 1RM) siendo esto lo que probablemente repercutió en los resultados que expone en su investigación.

Por otra parte tenemos el estudio realizado por (Iranzo & Bernat, 2018) donde una intensidad del 40 % al 60 % de la fuerza isométrica máxima no se considera un parámetro adecuado para generar cambios adaptativos beneficios en la población con sarcopenia, esto concuerda con los hallazgos de (Vasconcelos et al., 2016) anteriormente mencionados.

A diferencia de la prescripción del apartado de intensidad o carga, en la cuestión volumen resulto ser una prescripción homogenizada con base a las recomendaciones de (ACMS, 2009) donde para personas que no cuentan con un acondicionamiento previo se emite la recomendación de 1 a 3 series de ejercicio, en cuanto al número de repeticiones parten desde las 8 repeticiones en etapas avanzadas de los abordajes hasta las 15 repeticiones en estadios iniciales.

En cuanto al apartado de tiempo de descanso existe una propuesta realizada por (Balachandran et al., 2014) en donde se realiza el entrenamiento de fuerza sin tiempo de descansos, esto contra la postura de la (ACMS, 2009) que recomienda 2 a 3 minutos de descanso entre serie, esto último seguido por los demás autores abordados en la presente revisión, sin embargo la postura de Balachandran no encontró efectos adversos de salud, a pesar de lo anteriormente mencionado no

manifestó beneficios mayores a el grupo experimental numero 1 donde si se respetó esta pauta, se recomendaría realizar más investigaciones similares a la anterior para confirmar dichos hallazgos.

En última instancia se tiene a el apartado de numero de sesiones por semana, en donde la postura de la (ACMS, 2009) para población no entrenada es de 2 a 3 sesiones por semana, esto siendo lo acatado en la mayoría de estudios, a excepción de (Balachandran et al., 2014) y (Vasconcelos et al., 2016) donde no se menciona las sesiones que tuvieron por semana.

Esto puede compararse con los otros dos bloques de tratamiento para la sarcopenia anteriormente mencionados, principalmente ejemplificamos el abordaje farmacológico basado principalmente en la administración de testosterona, si bien en los resultados de la revisión realizada por (Parahiba et al., 2020) se muestran efectos positivos en los 3 componentes que constituyen la sarcopenia, se correlaciona de igual manera con efectos adversos graves como lo demuestran también en su artículo de revisión (Mudali & Dobs, 2004). Sin embargo, en la presente revisión no se encontraron reportados efectos secundarios de importancia en la población de los 11 estudios.

Los abordajes alternos como lo son en primera instancia el tratamiento nutricional se abordó anteriormente tiene 2 propuestas prometedoras que son la suplementación proteica, en donde el estudio realizado por (Park et al., 2018) demuestra beneficios claros en el apartado de rendimiento físico y composición corporal, más no es así en la fuerza. Y por otra parte la Suplementación de ácidos grasos, donde en la revisión elaborada por (Dupont et al., 2019) se ejemplifican 4 estudios donde la intervención se basó en la suplementación de los ácidos grasos, en donde encuentra resultados favorables para el apartado de desempeño físico, siendo limitado a su vez en su beneficio en composición corporal y fuerza muscular.

A su vez que no se reportaron efectos adversos graves en dichas intervenciones por lo que su implementación clínica tiene una relación costo beneficio razonable, sin embargo como lo manifiesta (Aas et al., 2020)(Lichtenberg et al., 2019) estudios analizados en la presente revisión, la combinación de suplementos alimenticios y

ejercicio de fuerza pueden encontrar efectos significativamente positivos tanto en desempeño físico, fuerza muscular y composición corporal.

2.- Métodos de valoración ejecutados por los autores.

Si bien se ve una propuesta relativamente homogénea en cuanto a los parámetros de prescripción, los métodos evaluativos se ven ampliados en gran medida en el apartado de valoración funcional en donde se exploran otras alternativas a las pautadas por los organismos internacionales, siendo la physical performance test, la valoración de las AVDHI, SF-36, functional reach test y el test de la marcha de los 6 minutos (6MWT test) las nuevas alternativas de valoración funcional propuestas por los autores de los estudios revisados, estas metodologías deberán ser sujetas a procesos de investigación para su homologación a la población sarcopenica. Esta variedad de propuestas de métodos de evaluación puede ser atribuidos como se mencionó en el apartado de marco teórico, que las propuestas oficiales tienen pros y contras en su aplicación en el contexto clínico, por lo que, los autores en el contexto social y clínico del lugar de intervención vieron viable la aplicación de métodos alternos a la valoración.

X) CONCLUSIONES

La fisioterapia cuenta con herramientas de abordaje para los trastornos de la composición corporal, la principal herramienta terapéutica es el ejercicio físico, en la presente investigación encontramos que los parámetros usados por la gran mayoría de autores en cuanto a la intensidad es de mayor al 60 % de la RM, con un volumen de 3 series que la constituyen rangos de 10 a 15 repeticiones, tiempos de descanso en un rango de 1 minuto hasta los 3 minutos, a su vez la diversidad de relaciones de tempo, siendo la más usada una relación 1-0-1, para finalmente tener en su mayoría una propuesta de 3 sesiones a la semana por un tiempo mínimo de 8 semanas hasta las 24 semanas de aplicación, esto referido en el 90.90 % de los estudios abordados (10 artículos).

Los resultados de la aplicación de programas de ejercicio de fuerza/resistencia fueron beneficiosos para la población de adultos mayores que padecen sarcopenia. Esto se vio reflejado en la mejora de al menos un parámetro evaluado, como lo son la fuerza muscular, la composición corporal y el desempeño motor.

Los métodos diagnósticos utilizados por los autores son diversos y no se limitan a las recomendaciones internacionales, siendo los métodos de evaluación más usados, la fuerza de prensión manual, la batería corta de desempeño físico y la bioimpedancia eléctrica.

La prescripción de ejercicio de fuerza/resistencia para el abordaje de la sarcopenia del adulto mayor cuenta con parámetros variados, sin embargo, con base a la presente investigación se da la recomendación de seguir la pauta marcada por el colegio americano de medicina del deporte, puesto que la postura de prescripción establecida a población no entrenada cuenta con bastantes similitudes con los parámetros propuestos por los autores de la bibliografía actual.

XI) ANEXOS

Anexo 1. CHECK LIST Declaration PRISMA

Sección/tema	ítem #	Checklist ítem
TITLE		
Título	1	Identificar la publicación como revisión sistemática,
RESUMEN		
Resumen	2	Consulte la lista de comprobación PRISMA 2020 para resúmenes (Tabla 2).
INTRODUCTION		
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto de los conocimientos existentes.
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o preguntas que la revisión desea contestar.
MÉTODOS		
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión para la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencia y otras fuentes buscadas o consultadas para identificar estudios. Especifique la fecha en la que se buscó o consultó por última vez cada fuente.
Estrategia de búsqueda	7	Presentar las estrategias de búsqueda completas para todas las bases de datos, registros y sitios web, incluidos los filtros y los límites utilizados.
Proceso de selección	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumplía los criterios para la inclusión de la revisión, incluidos cuántos revisores examinaron cada registro y cada informe recuperado, si trabajaron de forma independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.
Proceso de recopilación de datos	9	Especifique los métodos utilizados para recopilar los datos de los estudios, incluido el número de revisores que recopilaron datos de cada informe, si trabajaron de forma independiente, los procesos para obtener o confirmar datos de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.
Lista de datos	10a	Enumerar y definir todos los resultados para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados admitidos por cada dominio de resultados en cada estudio (por ejemplo, para todas las medidas, puntos de tiempo, análisis) y, si no, los métodos utilizados para decidir qué resultados recopilar.
	10b	Enumerar y definir todas las demás variables para las que se solicitaron datos (por ejemplo, características de participante e intervención, fuentes de financiación). Describa cualquier suposición hecha sobre cualquier información que falte o no esté clara.
Estudio y valoración del riesgo de sesgo	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios incluidos, incluidos los detalles de las herramientas utilizadas, cuántos revisores evaluaron cada estudio y si trabajaron de forma independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.
Medidas de efecto	12	Especifique para cada resultado como se midió el efecto (por ejemplo, relación de riesgo, diferencia media) utilizadas en la síntesis o presentación de resultados.
Métodos de síntesis	13a	Describa los procesos utilizados para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis.
	13b	Describir los métodos necesarios para preparar los datos para la presentación o síntesis, como el manejo de las estadísticas de resumen que faltan o las conversiones de datos.

Anexo 2: Escala PEDro

	Sí / No	Puntos
Los criterios de elegibilidad están especificados		No se otorgan puntos por este criterio
Los sujetos fueron asignados aleatoriamente en los grupos		
La asignación se oculto		
Los grupos fueron similares al inicio del estudio		
El sujeto estaba cegado a la terapia		
Los terapeutas estaban cegados al grupo de sujetos		
Los evaluadores que miden las variables de resultado fueron cegados		
Se obtuvo al menos un resultado clave para > 85% de la muestra		
Todos los pacientes recibieron el tratamiento según lo asignado o se realizó un análisis del tipo intención de tratar (intention-to-treat analysis)		
Se informaron los resultados de las comparaciones entre grupos		
Se informaron las medidas de punto y variabilidad		
Total		

XII) REFERENCIAS

- (OMS). (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud* (Vol. 1).
- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjær, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: Strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(1), 49–64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01084.x>
- Aas, S. N., Seynnes, O., Benestad, H. B., & Raastad, T. (2020). Strength training and protein supplementation improve muscle mass, strength, and function in mobility-limited older adults: a randomized controlled trial. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(4), 605–616. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01234-2>
- Abate, N., Haffner, S. M., Garg, A., Peshock, R. M., & Grundy, S. M. (2002). Sex steroid hormones, upper body obesity, and insulin resistance. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 87(10), 4522–4527. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-020567>
- ACMS. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Albano, D., Messina, C., Vitale, J., & Sconfienza, L. M. (2020). Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights. *European Radiology*, 30(4), 2199–2208. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06573-2>
- Alonso, F. J., Galán-Marín, G., Salgado, D., Pàmies-Vilà, R., & Font-Llagunes, J. M. (2010). Cálculo de esfuerzos musculares en la marcha humana mediante optimización estática-fisiológica. *XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, 1–9. <http://www.uclm.es/actividades/2010/CongresoIM/pdf/cdarticulos/017.pdf>
- Balachandran, A., Krawczyk, S. N., Potiaumpai, M., & Signorile, J. F. (2014). High-speed circuit training vs hypertrophy training to improve physical function in sarcopenic obese adults: A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, 60, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.09.016>
- Bennell, K., Dobson, F., & Hinman, R. (2011). Measures of physical performance assessments: Self-Paced Walk Test (SPWT), Stair Climb Test (SCT), Six-Minute Walk Test (6MWT), Chair Stand Test (CST), Timed Up & Go (TUG), Sock Test, Lift and Carry Test (LCT), and Car Task. *Arthritis Care and Research*, 63(SUPPL. 11), 350–370. <https://doi.org/10.1002/acr.20538>
- Bishop, D. J., Botella, J., Genders, A. J., Lee, M. J. C., Saner, N. J., Kuang, J., Yan, X., & Granata, C. (2019). High-intensity exercise and mitochondrial biogenesis: Current controversies and future research directions. *Physiology*, 34(1), 56–70. <https://doi.org/10.1152/physiol.00038.2018>

- Bloor, C. M. (2005). Angiogenesis during exercise and training. *Angiogenesis*, 8(3), 263–271. <https://doi.org/10.1007/s10456-005-9013-x>
- Bodine, S. C., & Baehr, L. M. (2014). Skeletal muscle atrophy and the E3 ubiquitin ligases MuRF1 and MAFbx/atrogen-1. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 307(6), E469–E484. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00204.2014>
- Bodine, S. C., & Furlow, J. D. (2015). Glucocorticoids and skeletal muscle. In *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 872). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2895-8_7
- Bohannon, R. W. (2006). Reference values for the timed up and go test: A descriptive meta-analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 29(2), 64–68. <https://doi.org/10.1519/00139143-200608000-00004>
- Callahan, D., Phillips, E., Carabello, R., Frontera, W. R., & Fielding, R. A. (2007). Assessment of lower extremity muscle power in functionally-limited elders. *Aging Clinical and Experimental Research*, 19(3), 194–199. <https://doi.org/10.1007/BF03324689>
- Carspensen, C. J., Powell, K. E., & Gregory M. CHRISTENSON. (1985). Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Reports*, 100(2), 126–131. <https://doi.org/10.1093/nq/s9-IX.228.365-f>
- Cesari, M., Fielding, R. A., Pahor, M., Goodpaster, B., Hellerstein, M., van Kan, G. A., Anker, S. D., Rutkove, S., Vrijbloed, J. W., Isaac, M., Rolland, Y., M'Rini, C., Aubertin-Leheudre, M., Cedarbaum, J. M., Zamboni, M., Sieber, C. C., Laurent, D., Evans, W. J., Roubenoff, R., ... Zamboni, M. (2012). Biomarkers of sarcopenia in clinical trials—recommendations from the International Working Group on Sarcopenia. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 3(3), 181–190. <https://doi.org/10.1007/s13539-012-0078-2>
- Chahal, H., & Drake, W. (2007). The endocrine system and ageing. *Journal of Pathology*, 211, 173–180. <https://doi.org/10.1002/path>
- Chandra, R., & Liddle, R. A. (2007). Cholecystokinin. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 14(1), 63–67. <https://doi.org/10.1097/MED.0b013e3280122850>
- Chau Long, Y., Widegren, U., & Zierath, J. R. (2004). Exercise-induced mitogen-activated protein kinase signalling in skeletal muscle. *Proceedings of the Nutrition Society*, 63(2), 227–232. <https://doi.org/10.1079/pns2004346>
- Chaustre R., D. M., & Chona S., W. (2011). Distrofia muscular de Duchenne. Perspectivas desde la rehabilitación. *Revista Med*, 19(1), 45. <https://doi.org/10.18359/rmed.1214>
- Chen, H. T., Chung, Y. C., Chen, Y. J., Ho, S. Y., & Wu, H. J. (2017). Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF-1

in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(4), 827–832. <https://doi.org/10.1111/jgs.14722>

- Chen, L. K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T. W., Chou, M. Y., Iijima, K., Jang, H. C., Kang, L., Kim, M., Kim, S., Kojima, T., Kuzuya, M., Lee, J. S. W., Lee, S. Y., Lee, W. J., Lee, Y., Liang, C. K., Lim, J. Y., Lim, W. S., ... Arai, H. (2020). Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(3), 300-307.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>
- Cho, S. Il, & An, D. H. (2014). Effects of a fall prevention exercise program on muscle strength and balance of the Old-old elderly. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(11), 1771–1774. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1771>
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(7), 1510–1530. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>
- Churchward-Venne, T. A., Breen, L., & Phillips, S. M. (2014). Alterations in human muscle protein metabolism with aging: Protein and exercise as countermeasures to offset sarcopenia. *BioFactors*, 40(2), 199–205. <https://doi.org/10.1002/biof.1138>
- Cooper, C., Fielding, R., Visser, M., Van Loon, L. J., Rolland, Y., Orwoll, E., Reid, K., Boonen, S., Dere, W., Epstein, S., Mitlak, B., Tsouderos, Y., Sayer, A. A., Rizzoli, R., Reginster, J. Y., & Kanis, J. A. (2013). Tools in the assessment of sarcopenia. *Calcified Tissue International*, 93(3), 201–210. <https://doi.org/10.1007/s00223-013-9757-z>
- Coronado-zarco, R. (2004). Efecto del ejercicio excéntrico, socinético e isotónico en la fuerza muscular de tobillo en pacientes con esguince. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 16(4), 110–116.
- Cox, D. R. (2010). Summary comments. *Surgical Oncology*, 19(2), 61. <https://doi.org/10.1016/j.suronc.2010.04.001>
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J. P., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinková, E., Vandewoude, M., & Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 39(4), 412–423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>
- Cruz-Jentoft, A. J., Landi, F., Schneider, S. M., Zúñiga, C., Arai, H., Boirie, Y., Chen, L. K., Fielding, R. A., Martin, F. C., Michel, J., Sieber, C., Stout, J. R., Studenski, S. A., Vellas, B., Woo, J., Zamboni, M., & Cederholm, T. (2014). Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: A systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age and Ageing*, 43(6), 48–759. <https://doi.org/10.1093/ageing/afu115>

- Cunha, P. M., Ribeiro, A. S., Tomeleri, C. M., Schoenfeld, B. J., Silva, A. M., Souza, M. F., Nascimento, M. A., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2018). The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. *Journal of Sports Sciences*, 36(14), 1564–1571. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1403413>
- Dalle, S., Rossmeislova, L., & Koppo, K. (2017). The role of inflammation in age-related sarcopenia. *Frontiers in Physiology*, 8(DEC). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01045>
- Danial, N. N., & Korsmeyer, S. J. (2004). Cell Death: Critical Control Points. *Cell*, 116(2), 205–219. [https://doi.org/10.1016/S0092-8674\(04\)00046-7](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(04)00046-7)
- Davies, T., Orr, R., Halaki, M., & Hackett, D. (2016). Effect of Training Leading to Repetition Failure on Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(4), 487–502. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0451-3>
- Dennison, E. M., Sayer, A. A., & Cooper, C. (2017). Epidemiology of sarcopenia and insight into possible therapeutic targets. *Nature Reviews Rheumatology*, 13(6), 340–347. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2017.60>
- Dent, E., Morley, J. E., Cruz-Jentoft, A. J., Arai, H., Kritchevsky, S. B., Guralnik, J., Bauer, J. M., Pahor, M., Clark, B. C., Cesari, M., Ruiz, J., Sieber, C. C., Aubertin-Leheudre, M., Waters, D. L., Visvanathan, R., Landi, F., Villareal, D. T., Fielding, R., Won, C. W., ... Vellas, B. (2018). International Clinical Practice Guidelines for Sarcopenia (ICFSR): Screening, Diagnosis and Management. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 22(10), 1148–1161. <https://doi.org/10.1007/s12603-018-1139-9>
- Dhillon, R. J. S., & Hasni, S. (2017). Pathogenesis and Management of Sarcopenia. *Clinics in Geriatric Medicine*, 33(1), 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2016.08.002>
- Dumont, N. A., Bentzinger, C. F., Sincennes, M. C., & Rudnicki, M. A. (2015). Satellite cells and skeletal muscle regeneration. *Comprehensive Physiology*, 5(3), 1027–1059. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140068>
- Dupont-Versteegden, E. E. (2005). Apoptosis in muscle atrophy: Relevance to sarcopenia. *Experimental Gerontology*, 40(6), 473–481. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2005.04.003>
- Dupont, J., Dedeyne, L., Dalle, S., Koppo, K., & Gielen, E. (2019). The role of omega-3 in the prevention and treatment of sarcopenia. *Aging Clinical and Experimental Research*, 31(6), 825–836. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01146-1>
- Edwards, R. H. T., Young, A., Hosking, G. P., & Jones, D. A. (1977). Human skeletal muscle function: description of tests and normal values. *Clinical Science and Molecular Medicine*, 52(3), 283–290. <https://doi.org/10.1042/cs0520283>

- Espinel-Bermúdez, M. C., Ramírez-García, E., García-Peña, C., Salvà-Casanovas, A., Ruiz-Arregui, L., Cárdenas-Bahena, Á., & Sánchez-García, S. (2017). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people of Mexico City using the EGWSOP (European Working Group on Sarcopenia in Older People) diagnostic criteria. *JCSM Clinical Reports*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.17987/jcsm-cr.v2i2.9>
- Exeter, D., & Connell, D. A. (2010). Skeletal muscle: Functional anatomy and pathophysiology. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 14(2), 97–105. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1253154>
- Ferro García, R., García Ríos, M. ., & Vives Montero, M. C. (2004). Un análisis de la adherencia al tratamiento en fisioterapia. *Fisioterapia*, 26(6), 333–339. [https://doi.org/10.1016/s0211-5638\(04\)73120-x](https://doi.org/10.1016/s0211-5638(04)73120-x)
- Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., Abellan van Kan, G., Andrieu, S., Bauer, J., Breuille, D., Cederholm, T., Chandler, J., De Meynard, C., Donini, L., Harris, T., Kannt, A., Keime Guibert, F., Onder, G., Papanicolaou, D., ... Zamboni, M. (2011). Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. International Working Group on Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 12(4), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003>
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Behavior Genetics*, 45(2), 183–195. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>
- Fusco, D., Colloca, G., Lo Monaco, M. R., & Cesari, M. (2007). Effects of antioxidant supplementation on the aging process. *Clinical Interventions in Aging*, 2(3), 377–387.
- Gadelha, A. B., Paiva, F. M. L., Gauche, R., de Oliveira, R. J., & Lima, R. M. (2016). Effects of resistance training on sarcopenic obesity index in older women: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 65, 168–173. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2016.03.017>
- Gallagher, D., Ruts, E., Visser, M., Heshka, S., Baumgartner, R. N., Wang, J., Pierson, R. N., Pi-Sunyer, F. X., & Heymsfield, S. B. (2000). Weight stability masks sarcopenia in elderly men and women. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 279(2 42-2), 366–375. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2000.279.2.e366>
- Gerard J. Tortora, B. D. (2011). *Principios de Anatomía y Fisiología Tortora 11ed.pdf* (p. 1220).
- Goodpaster, B. H., Chomentowski, P., Ward, B. K., Rossi, A., Glynn, N. W., Delmonico, M. J., Kritchevsky, S. B., Pahor, M., & Newman, A. B. (2008). Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: A randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*,

- 105(5), 1498–1503. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.90425.2008>
- Goodwin, D. W. (2011). Imaging of Skeletal Muscle. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 37(2), 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.rdc.2011.01.007>
- Goody, R. S., & Holmes, K. C. (1983). Cross-bridges and the mechanism of muscle contraction. *BBA Reviews On Bioenergetics*, 726(1), 13–39. [https://doi.org/10.1016/0304-4173\(83\)90009-5](https://doi.org/10.1016/0304-4173(83)90009-5)
- Holloszy, J. O. (2000). The biology of aging. *Mayo Clinic Proceedings*, 75(SUPPL.), S3–S9. [https://doi.org/10.1016/s0025-6196\(19\)30634-2](https://doi.org/10.1016/s0025-6196(19)30634-2)
- Hooshmandi, Z., Daryanoosh, F., Nemati, J., & Jalli, R. (2021). Effect of High-Intensity Interval Resistance Training on Appendicular Skeletal Muscle Mass Index Measured by Bioelectric Impedance Analysis in Sarcopenic Elderly Women. *Women's Health Bullitin*, 8(4). <https://doi.org/10.30476/WHB.2021.90850.1120.1>.
- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6), 1–18. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
- IMSS. (2011). *Guía de Práctica Clínica GPC Prevención , Diagnóstico y Tratamiento del Síndrome de Fragilidad en el Anciano Evidencias y Recomendaciones*.
- Incalzi, R. A., Landi, F., Cipriani, L., Bruno, E., Pagano, F., Gemma, A., Capparella, O., & Carbonin, P. (1996). Nutritional assessment: A primary component of multidimensional geriatric assessment in the acute care setting. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(2), 166–174. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1996.tb02434.x>
- Inouye, S. K., Studenski, S., Tinetti, M. E., & Kuchel, G. A. (2007). Geriatric syndromes: Clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55(5), 780–791. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01156.x>
- Iranzo, . Cebrià i Maria À., & Bernat, B. i M. (2018). Effects of Resistance Training of Peripheral Muscles versus Respiratory Muscles in Institutionalized Older Adults with Sarcopenia: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Aging and Physical Activity*.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (2000). Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*, 89(2), 465–471. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.2.465>
- Jones, T. E., Stephenson, K. W., King, J. G., Knight, K. R., Marshall, T. L., & Scott, W. B. (2009). Sarcopenia - Mechanisms and treatments. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 32(2), 39–45. <https://doi.org/10.1519/00139143-200932020-00008>

- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*, *586*(1), 35–44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Kamel, H. K. (2003). Sarcopenia and aging. *Nutrition Reviews*, *61*(5 I), 157–167. <https://doi.org/10.1301/nr.2003.may.157-167>
- Kanasi, E., Ayilavarapu, S., & Jones, J. (2016). The aging population: demographics and the biology of aging. *Periodontology 2000*, *72*(1), 13–18. <https://doi.org/10.1111/prd.12126>
- Keller, K. (2019). Sarcopenia. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, *169*(7–8), 157–172. <https://doi.org/10.1007/s10354-018-0618-2>
- Keren, A., Tamir, Y., & Bengal, E. (2006). The p38 MAPK signaling pathway: A major regulator of skeletal muscle development. *Molecular and Cellular Endocrinology*, *252*(1–2), 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2006.03.017>
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., Heitmann, B. L., Kent-Smith, L., Melchior, J. C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. M. W. J., & Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, *23*(5), 1226–1243. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.004>
- La Colla, A., Pronsato, L., Milanese, L., & Vasconsuelo, A. (2015). 17β-Estradiol and testosterone in sarcopenia: Role of satellite cells. *Ageing Research Reviews*, *24*, 166–177. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.07.011>
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., Corsi, A. M., Rantanen, T., Guralnik, J. M., & Ferrucci, L. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: An operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, *95*(5), 1851–1860. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00246.2003>
- Lichtenberg, T., Von Stengel, S., Sieber, C., & Kemmler, W. (2019). The favorable effects of a high-intensity resistance training on sarcopenia in older community-dwelling men with osteosarcopenia: The randomized controlled frost study. *Clinical Interventions in Aging*, *14*, 2173–2186. <https://doi.org/10.2147/CIA.S225618>
- Lisón, J. F., Monfort, M., & Sarti, M. A. (1998). Entrenamiento isométrico de la musculatura lumbar. *Actas Del VI Congreso Galego de Educación Física*, 167–174.
- Lustgarten, M. S., & Fielding, R. A. (2011). Assessment of analytical methods used to measure changes in body composition in the elderly and recommendations for their use in phase II clinical trials. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, *15*(5), 368–375. <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0049-x>
- M., C. (1931). The neurology of old age: clinical manifestations in old age. *Lancet*, *1*, 1221–1230.

- Madden, A. M., & Smith, S. (2016). Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: A review of anthropometric variables. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 29(1), 7–25. <https://doi.org/10.1111/jhn.12278>
- Marco, E., Sanchez-Rodriguez, D., López-Escobar, J., Meza, D., Dávalos-Yerovi, V., Duran, X., Messaggi-Sartor, M., Guillén-Solà, A., Muniesa, J. M., & Duarte, E. (2020). Is peak expiratory flow an accurate sarcopenia screening tool in older patients referred to respiratory rehabilitation? *European Geriatric Medicine*, 11(2), 297–306. <https://doi.org/10.1007/s41999-019-00286-x>
- Martini, F., Timmons, M., & Tallitsh, R. (2009). *Anatomía Humana*. MARTINI, F. Anatomía Humana 6ta ed 2009. Editorial Pearson.%0A%0A
- Marzetti, E., & Leeuwenburgh, C. (2006). Skeletal muscle apoptosis, sarcopenia and frailty at old age. *Experimental Gerontology*, 41(12), 1234–1238. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2006.08.011>
- Mayans, D., Cartwright, M. S., & Walker, F. O. (2012). Neuromuscular Ultrasonography: Quantifying Muscle and Nerve Measurements. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 23(1), 133–148. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2011.11.009>
- Meloni, V. H. M. (2005). The role of hyperplasia on the increase of skeletal muscle size. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 7(1), 59–63.
- Moore, S. A., Hrisos, N., Errington, L., Rochester, L., Rodgers, H., Witham, M., & Sayer, A. A. (2020). Exercise as a treatment for sarcopenia: an umbrella review of systematic review evidence. *Physiotherapy (United Kingdom)*, 107, 189–201. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2019.08.005>
- Morley, J. E. (2001). Decreased food intake with aging. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(SPEC. ISS. 2), 81–88. https://doi.org/10.1093/gerona/56.suppl_2.81
- Morley, John E., Baumgartner, R. N., Roubenoff, R., Mayer, J., & Nair, K. S. (2001). Sarcopenia. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 137(4), 231–243. <https://doi.org/10.1067/mlc.2001.113504>
- Mudali, S., & Dobs, A. S. (2004). Effects of testosterone on body composition of the aging male. *Mechanisms of Ageing and Development*, 125(4), 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2004.01.004>
- Mueller, M. J., & Maluf, K. S. (2002). Tissue adaptation to physical stress: A proposed “Physical Stress Theory” to guide physical therapist practice, education, and research. *Physical Therapy*, 82(4), 383–403. <https://doi.org/10.1093/ptj/82.4.383>
- Murphy, S., Dowling, P., Zwyer, M., Swandulla, D., & Ohlendieck, K. (2019). Proteomic profiling of giant skeletal muscle proteins. In *Expert Review of*

Proteomics (Vol. 16, Issue 3). Taylor & Francis.
<https://doi.org/10.1080/14789450.2019.1575205>

Pancorbo, A., & Pancorbo Sandoval, A. E. (2008). Medicina y ciencias del deporte y actividad física. *Madrid: Ergon*, 9, 86–130. https://ergon.es/wp-content/uploads/2015/08/164_medicina_ciencias_deporte.pdf

Papadakis, M. A., Grady, D., Black, D., Tierney, M. J., Gooding, G. A. W., Schambelan, M., & Grunfeld, C. (1996). Growth hormone replacement in healthy older men improves body composition but not functional ability. *Annals of Internal Medicine*, 124(8), 708–716. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-124-8-199604150-00002>

Parahiba, S. M., Ribeiro, É. C. T., Corrêa, C., Bieger, P., Perry, I. S., & Souza, G. C. (2020). Effect of testosterone supplementation on sarcopenic components in middle-aged and elderly men: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 142, 111106. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111106>

Park, Y., Choi, J. E., & Hwang, H. S. (2018). Protein supplementation improves muscle mass and physical performance in undernourished prefrail and frail elderly subjects: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition*, 108(5), 1026–1033. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy214>

Patel, H., Alkhawam, H., Madanieh, R., Shah, N., Kosmas, C. E., & Vittorio, T. J. (2017). Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology*, 9(2), 134. <https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i2.134>

Patel, H. P., Syddall, H. E., Jameson, K., Robinson, S., Denison, H., Roberts, H. C., Edwards, M., Dennison, E., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2013). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people in the UK using the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definition: Findings from the Hertfordshire Cohort Study (HCS). *Age and Ageing*, 42(3), 378–384. <https://doi.org/10.1093/ageing/afs197>

Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., George, S. M., & Olson, R. D. (2018). The physical activity guidelines for Americans. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 320(19), 2020–2028. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14854>

Pifarré San Agustín, F., Escoda Mora, J., Casal Castells, A., Prats Armengol, T., Carles Gomà, S., & Levy Benasuly, A. E. (2016). Las lesiones por sobrecarga en las extremidades inferiores desde el punto de vista biomecánico. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*, 10(2), 106–121. https://doi.org/10.5209/rev_ricp.2016.v10.n2.52309

Prill, K., Carlisle, C., Stannard, M., Windsor Reid, P. J., & Pilgrim, D. B. (2019). Myomesin is part of an integrity pathway that responds to sarcomere damage

- and disease. *PLoS ONE*, 14(10), 15–23.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224206>
- Proctor, D. N., Balagopal, P., & Nair, K. S. (1998). Age-Related Sarcopenia in Humans Is Associated with Reduced Synthetic Rates of Specific Muscle Proteins 1,2. *J. Nutr*, 128(May), 351–355.
- Rosenberg, I. H. (2011). Sarcopenia: Origins and clinical relevance. *Clinics in Geriatric Medicine*, 27(3), 337–339. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2011.03.003>
- Salinas-Rodríguez, A., Cruz-Góngora, V. D. la, & Manrique-Espinoza, B. (2020). Condiciones de salud, síndromes geriátricos y estado nutricional de los adultos mayores en México. *Salud Publica de Mexico*, 62(6), 777–785.
<https://doi.org/10.21149/11840>
- Schoenfeld, B. (2020). Mechanisms of Hypertrophy 2. *Science and Development of Muscle Hypertrophy*, 24(10), 2857–2872.
<https://doi.org/10.5040/9781492595847-ch002>
- Schwartz, M. W., Woods, S. C., Porte, D., Seeley, R. J., & Baskin, D. G. (2000). Central nervous system control of food intake. *Nature*, 404(6778), 661–671.
<https://doi.org/10.1038/35007534>
- Shannon S. Wu, P., Michele Bellantoni, M. D., & Jonathan P. Weiner, D. (2020). Geriatric Syndrome Risk Factors Among Hospitalized Postacute Medicare Patients. *The American Journal of Managed Care*, 26(10).
<https://www.ajmc.com/view/geriatric-syndrome-risk-factors-among-hospitalized-postacute-medicare-patients>
- Skeie, G. O. (2000). Skeletal muscle titin: Physiology and pathophysiology. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 57(11), 1570–1576.
<https://doi.org/10.1007/PL00000642>
- Skubiszak, L. (1993). Mechanism of muscle contraction. *Technology and Health Care*, 1(2), 133–142. <https://doi.org/10.3233/THC-1993-1203>
- Small, J. V., Rohlf, A., & Herzog, M. (1993). Actin and cell movement. *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 47(January), 57–71.
- Spudich, J. A., Huxley, H. E., & Finch, J. T. (1972). Regulation of skeletal muscle contraction. *Journal of Molecular Biology*, 72(3), 619–632.
[https://doi.org/10.1016/0022-2836\(72\)90180-5](https://doi.org/10.1016/0022-2836(72)90180-5)
- Stockton, K. A., Mengersen, K., Paratz, J. D., Kandiah, D., & Bennell, K. L. (2011). Effect of vitamin D supplementation on muscle strength: A systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International*, 22(3), 859–871.
<https://doi.org/10.1007/s00198-010-1407-y>
- Stoeber, K., Heber, A., Eichberg, S., & Brixius, K. (2018). Influences of Resistance Training on Physical Function in Older, Obese Men and Women with Sarcopenia. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 41(1), 20–27.
<https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000105>

- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Thompson, L. D. V. (2009). Age-related muscle dysfunction. *Experimental Gerontology*, 44(1–2), 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2008.05.003>
- Tosato, M., Marzetti, E., Cesari, M., Saveria, G., Miller, R. R., Bernabei, R., Landi, F., & Calvani, R. (2017). Measurement of muscle mass in sarcopenia: from imaging to biochemical markers. *Aging Clinical and Experimental Research*, 29(1), 19–27. <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0717-0>
- Tournadre, A., Vial, G., Capel, F., Soubrier, M., & Boirie, Y. (2019). Sarcopenia. *Joint Bone Spine*, 86(3), 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2018.08.001>
- Tu, M. K., Levin, J. B., Hamilton, A. M., & Borodinsky, L. N. (2016). Calcium signaling in skeletal muscle development, maintenance and regeneration. *Cell Calcium*, 59(2–3), 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.ceca.2016.02.005>
- VanBeveren, P. J., & Avers, D. (2012). Exercise and physical activity for older adults. In *Geriatric Physical Therapy* (THIRD EDIT). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-02948-3.00014-6>
- Vasconcelos, K. S. S., Dias, J. M. D., Araújo, M. C., Pinheiro, A. C., Moreira, B. S., & Dias, R. C. (2016). Effects of a progressive resistance exercise program with high-speed component on the physical function of older women with sarcopenic obesity: A randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 20(5), 432–440. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0174>
- Vinuesa, M., & Vinuesa, I. (2016). *Conceptos y metodos para el Entrenamiento fisico*. <http://publicacionesoficiales.boe.es/%0AEdita>:
- Vitale, G., Cesari, M., & Mari, D. (2016). Aging of the endocrine system and its potential impact on sarcopenia. *European Journal of Internal Medicine*, 35, 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2016.07.017>
- Westerblad, H., Bruton, J. D., & Katz, A. (2010). Skeletal muscle: Energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Experimental Cell Research*, 316(18), 3093–3099. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2010.05.019>
- Wohlgemuth, S. E., Seo, A. Y., Marzetti, E., Lees, H. A., & Leeuwenburgh, C. (2010). Skeletal muscle autophagy and apoptosis during aging: Effects of calorie restriction and life-long exercise. *Experimental Gerontology*, 45(2), 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2009.11.002>
- Xia, L., Zhao, R., Wan, Q., Wu, Y., Zhou, Y., Wang, Y., Cui, Y., Shen, X., & Wu, X. (2020). Sarcopenia and adverse health-related outcomes: An umbrella review of meta-analyses of observational studies. *Cancer Medicine*, 9(21), 7964–7978. <https://doi.org/10.1002/cam4.3428>
- Xia, Z., Cholewa, J., Zhao, Y., Shang, H. Y., Yang, Y. Q., Pessôa, K. A., Su, Q. S., Lima-Soares, F., & Zanchi, N. E. (2017). Targeting inflammation and

downstream protein metabolism in sarcopenia: A brief up-dated description of concurrent exercise and leucine-based multimodal intervention. *Frontiers in Physiology*, 8(JUN), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00434>

Yagi, T., Inoue, T., Ogawa, M., Shimada, Y., Heguri, Y., Okada, R., Iwata, S., & Kishimoto, M. (2021). Sarcopenia affects activities of daily living recovery and hospitalization costs in older adults in convalescent rehabilitation wards. *European Geriatric Medicine*, 12(6), 1237–1245. <https://doi.org/10.1007/s41999-021-00552-x>

Yin, L., Lu, L., Lin, X., & Wang, X. (2020). Crucial role of androgen receptor in resistance and endurance trainings-induced muscle hypertrophy through IGF-1/IGF-1R-PI3K/Akt-mTOR pathway. *Nutrition and Metabolism*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12986-020-00446-y>

Zatsiorsky Vladimir M., Kraemer William J., & C., F. A. (2021). Science and practice of strenght training. In *Human Kinetics* (3er ed.).