



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

-----  
Facultad de Enfermería de Soria



Facultad de Enfermería de Soria

# **GRADO EN ENFERMERÍA**

Trabajo Fin de Grado

## **EL EJERCICIO COMO ABORDAJE TERAPÉUTICO EN LA SARCOPENIA**

Estudiante: Sergio Bendicho Martínez

Tutelado por: Alfredo Córdova Martínez

Soria, 31 de mayo de 2017.



*“La sabiduría es hija de la experiencia” Leonardo da Vinci*



## **RESUMEN**

### **Introducción**

La sarcopenia, término definido por primera vez por Rosenberg, es la pérdida de fuerza y masa muscular provocada por el deterioro progresivo que supone el envejecimiento; íntimamente relacionado este último con la pérdida progresiva de capacidades físicas y cognitivas. La etiología de la sarcopenia es de origen multifactorial: hormonales, neurológica, muscular, inmunológica, nutricional, o bien relacionada con el sedentarismo. Debido a la pérdida de masa muscular, estos factores provocan cambios fisiopatológicos a nivel neuromuscular y tendinoso, aumento del riesgo de padecer enfermedades crónicas (diabetes y osteoporosis), supresión de la cetogénesis y cambios en la temperatura corporal. Las estrategias terapéuticas para mitigar la situación son tres: farmacológica (hormonas anabólicas), nutricional (vitamina D, creatina, proteínas, etc.) y el ejercicio físico (aeróbico y anaeróbico).

### **Objetivos**

Analizar la importancia del ejercicio como medida terapéutica para el abordaje de la sarcopenia y la mejora de la calidad de vida.

### **Resultados**

Se recogieron 21 estudios en los cuales se observó que los mejores ejercicios frente a la sarcopenia son los de resistencia y fuerza, siendo estos últimos los más eficaces. En todos los estudios se observaron aumentos en la fuerza muscular, en la masa muscular, en la masa magra libre de grasa, una reducción de la masa grasa y una mejora funcional general. Además, se indicó que una frecuencia de 2 a 3 sesiones de entrenamiento por semana, con ejercicios a alta intensidad (70%-80%), era el mejor método de trabajo.

### **Conclusión**

La sarcopenia es un proceso fisiológico englobado dentro del envejecimiento. La principal estrategia para mitigar la sarcopenia es el ejercicio físico; que junto con una adecuada nutrición se vuelve una estrategia mucho más eficaz.

### **Palabras clave**

Sarcopenia. Sarcopenia and exercise. Sarcopenia and etiology. Fragilidad.





**Universidad de Valladolid**

**Facultad de Enfermería**

**Campus Universitario Duques de Soria**



## ÍNDICE

LISTADO DE ABREVIATURAS.....	3
1. INTRODUCCIÓN. ....	4
1.1. Factores etiológicos de la sarcopenia. ....	5
1.2. Repercusiones fisiopatológicas. ....	6
1.3. Propuestas actuales para mitigar o frenar la situación. ....	7
1.3.1. Intervención farmacológica. ....	7
1.3.2. Intervención nutricional.....	8
1.3.3. Ejercicio físico.....	10
2. JUSTIFICACIÓN. ....	12
3. COMPETENCIAS. ....	12
4. OBJETIVOS. ....	13
5. METODOLOGÍA. ....	13
5.1 Diseño del estudio. ....	13
5.2 Estrategia de búsqueda. ....	13
5.3 Desarrollo temporal del estudio. ....	14
6. RESULTADOS.....	14
6.1. Entrenamiento de fuerza y sarcopenia.....	14
6.2. Entrenamiento de resistencia y sarcopenia.....	16
7. DISCUSIÓN. ....	19
8. CONCLUSIONES. ....	20
9. BIBLIOGRAFÍA.....	21



**Universidad de Valladolid**

**Facultad de Enfermería**

**Campus Universitario Duques de Soria**



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estrategias de búsqueda.....	13
Tabla 2. Entrenamiento de fuerza y sarcopenia.....	15
Tabla 3. Entrenamiento de resistencia y sarcopenia.....	17

## **LISTADO DE ABREVIATURAS**

OMS: Organización Mundial de la Salud.

EWGSOP: Grupo de Trabajo sobre Sarcopenia en Personas de Edad Avanzada.

GH: La hormona del crecimiento.

IGF-1: Factor de crecimiento insulínico tipo I.

TNF $\alpha$ : Factor de necrosis tumoral- $\alpha$ .

IL-6: Interleuquina 6.

CNTF: Factor neurotrófico ciliar.

Kcal: Kilocaloría.

IECA: Inhibidor de la enzima convertidora de la angiotensina.

DHEA: Dehidroepiandrosterona.

PGC-1  $\alpha$ : 1 $\alpha$  coactivadora del receptor activado por el proliferador de peroxisomas.

HIIT: High Intensity Interval Training.

V $O_{2\max}$ : Volumen de oxígeno máximo.

ECV: Enfermedades cardiovasculares.

AMPK: Complejo proteína quinasa activada por AMP.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La sarcopenia es un proceso fisiológico enclavado en el envejecimiento. Por ello, para entender el significado de sarcopenia antes debemos conocer diferentes aspectos sobre el envejecimiento, las características morfofuncionales, teorías, estilo de vida, etc.

El envejecimiento está relacionado con la pérdida progresiva de capacidades físicas y cognitivas como consecuencia de la alteración en la síntesis y degradación de las proteínas, la inflamación, las alteraciones hormonales, la disfunción mitocondrial, y una pérdida de masa muscular-esquelética asociada a una pérdida de fuerza muscular. La mayor parte de estas alteraciones son provocadas por el estrés oxidativo, es decir, cuando las especies reactivas del oxígeno, metabolitos tóxicos producidos por las células al utilizar oxígeno, supera la capacidad de defensa del mecanismo antioxidante<sup>1-6</sup>. Cada día son más los autores que apuntan que una de las causas importantes del envejecimiento celular es la producción de radicales libres (ROS)

Actualmente, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el “envejecimiento” se define como *la consecuencia de la acumulación de una gran variedad de daños moleculares y celulares a lo largo del tiempo, lo que lleva a un descenso gradual de las capacidades físicas y mentales, un aumento del riesgo de enfermedad, y finalmente la muerte*<sup>7</sup>.

El término de “*sarcopenia*” comenzó a definirse a partir de 1931 cuando Critchley<sup>8</sup> indicó que el músculo se deteriora como consecuencia del envejecimiento. A finales de los años 70, se observa el deterioro fisiológico progresivo, poniendo especial hincapié en la disminución de la masa muscular a medida que envejecemos. En 1989 Rosenberg<sup>9</sup> define por primera vez la sarcopenia como un descenso de la masa muscular provocado involuntariamente.

A lo largo de los años este concepto ha ido evolucionando y, finalmente, fue en el año 2010 cuando el Grupo de Trabajo sobre Sarcopenia en Personas de Edad Avanzada (EWGSOP) realizó una definición mucho más completa: *síndrome que se caracteriza por una pérdida gradual y generalizada de la masa muscular esquelética y la fuerza con riesgo de presentar resultados adversos como discapacidad física, calidad de vida deficiente y mortalidad*<sup>10</sup>.

Según EWGSOP, la sarcopenia se clasifica en 3 etapas:

- a) primera etapa denominada “presarcopenia” donde existe una baja masa muscular sin impacto en la fuerza muscular o rendimiento físico;
- b) segunda etapa o “sarcopenia” se corresponde con una masa muscular baja, acompañada de baja fuerza muscular o bajo rendimiento físico.
- c) tercera etapa conocida como “sarcopenia severa”, presenta masa muscular, fuerza muscular y rendimiento físico bajo<sup>11</sup>.

La EWGSOP, también clasificó la sarcopenia en función de las causas:

a) Primera, en relación al paso de la edad, sin ninguna otra etiología evidente excepto el propio envejecimiento.

b) Segunda, asociada a escasa actividad física consecuencia de reposo prolongado, vida sedentaria o desacondicionamiento físico.

c) Tercera, asociada a patologías que cursan con desgaste muscular como cáncer, SIDA, insuficiencia orgánica avanzada (cardíaca, pulmonar, hepática o renal) o enfermedades inflamatorias.

d) Cuarta, en asociación a la nutrición como respuesta a una ingesta insuficiente de proteínas (leucina) y otros nutrientes específicos (vitamina D)<sup>12</sup>.

### **1.1. Factores etiológicos de la sarcopenia.**

La sarcopenia es de origen multifactorial y su progresión se relaciona con los cambios producidos por la edad en el músculo esquelético. Existen diferentes factores etiológicos entre los cuales, destacan<sup>12, 13</sup>:

a) Factores neurológicos asociados a la disminución de tono neutrófico, de unidades motoras alfa, y fibras nerviosas de conducción rápida, las cuales son las encargadas de conducir el impulso nervioso a las fibras musculares de contracción rápida de tipo 2 (posición y actitud corporal), evitando caídas, manteniendo la bipedestación y una destreza y habilidad en el movimiento. Además, la neurodegeneración provoca pérdidas en el número de motoneuronas alfa que se encuentran dentro de la medula espinal, así como, en el número de fibras nerviosas periféricas y de uniones neuromusculares<sup>13-15</sup>.

b) Factores musculares capaces de producir degeneración de los huesos o pérdida de masa muscular a partir de la tercera década de nuestra vida. El proceso se inicia con una pérdida de proteínas contráctiles por parte de las fibras musculares. Estas se hacen más delgadas, se reemplazan por tejido conjuntivo colágeno, se atrofian, y por último desaparecen. Además las células satélites, células especializadas localizadas en la membrana basal de las células musculares, encargadas en la regeneración muscular, se reducen en número. Lo mismo le sucede con el número de mitocondrias y de miofibrillas<sup>13-15</sup>.

c) Factores hormonales relacionados con la pérdida de hormonas circulantes, asociadas con la construcción muscular, lo que conlleva un deterioro de la fibra muscular. Entre estas hormonas se encuentran la testosterona, hormona anabólica reguladora de la masa muscular, cuyos niveles están relacionados con la fuerza muscular. Comienza a disminuir a partir de los 25 años hasta los 85. Los estrógenos, hormonas presentes en la prevención de pérdida de masa muscular y cuyos niveles se reducen con el transcurso de los años. La hormona del crecimiento (GH), reguladora de la función mitocondrial del músculo, importante en el crecimiento muscular y en su mantenimiento, y cuyos niveles comienzan a disminuir a partir de los 30 años. Factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-1), regulador de la síntesis de proteínas en el músculo. La disminución de los niveles de esta hormona durante el envejecimiento

están asociados a los de la GH. La hormona tiroidea, donde niveles bajos se asocian a la debilidad muscular y a cambios en la cadena de la miosina<sup>13-18</sup>.

d) Factores inmunológicos asociados al aumento de citoquinas proinflamatorias: factor de necrosis tumoral- $\alpha$  (TNF $\alpha$ ), interleuquina 6 (IL-6) y factor neurotrófico ciliar (CNTF). Además, cambios hormonales en los niveles de catecolaminas, adrenoreceptor  $\beta$ 2 y miostatina<sup>13-18</sup>.

e) Factores nutricionales relacionados tanto al exceso como al déficit. Una carencia de éstos conlleva una pérdida de peso, fuerza y masa muscular. Raramente en condiciones extremas como desnutrición, infecciones severas, quemaduras graves, politraumatizados y caquexia asociada a enfermedades de desgaste como por ejemplo, cáncer, el músculo puede llegar a ser usado como nutriente para el organismo (proceso catabólico)<sup>13-15</sup>.

Por el contrario, el exceso provoca hiperadiposidad condicionando al cuerpo a una lipotoxicidad y un estado inflamatorio crónico subclínico<sup>13-15</sup>.

Los nutrientes cuyo déficit está más ligado a la sarcopenia son vitamina D, proteínas y ciertos antioxidantes como los carotinoides, selenio y vitaminas E y C. El consumo de ácidos grasos poliinsaturados puede conllevar efectos beneficiosos en la fuerza muscular en personas envejecidas<sup>11-13</sup>.

f) El sedentarismo está ligado a una rápida pérdida de músculo esquelético y de fuerza muscular, provocando un descenso en la capacidad para la marcha y para el mantenimiento del equilibrio. El transcurso de los años acentúa este factor de riesgo, y nos conduce a las caídas<sup>13-15</sup>.

g) Otros factores etiológicos relacionados con la sarcopenia son caquexia, estrés oxidativo, células satélite, fragilidad e inmovilidad y encamamiento<sup>14</sup>.

## **1.2. Repercusiones fisiopatológicas.**

Todos estos factores etiológicos conllevan una serie de consecuencias fisiopatológicas relacionadas con la funcionalidad. La pérdida de masa y de potencia muscular, sumado a la disminución de hormonas relacionadas con la contracción muscular, neuronas relacionadas con el envío de los impulsos nerviosos al músculo, una mala nutrición y otros factores mencionados anteriormente, contribuyen al incremento de caídas. Se originan fracturas, aumentando así la dependencia de la persona para realizar las actividades básicas de la vida diaria; incrementando el número de institucionalizaciones y el tiempo de permanencia en ellas<sup>19</sup>.

Entre las consecuencias musculares que repercuten en su deterioro, diferenciamos entre neuromusculares y tendinosas<sup>19</sup>.

- En cuanto a las neuromusculares, fundamentalmente la pérdida de fuerza por área de sección transversal y de potencia específica, y cambios en los impulsos neuronales. La pérdida de una sola fibra por área de sección transversal, reduce la fuerza muscular intrínseca asociado a una reducción en la actomiosina (complejo del músculo

estriado encargado de la contracción muscular). También, una reducción en el complejo excitación-contracción conlleva a una disminución de la tensión, al igual que la glicación (reacción no enzimática producida entre los azúcares y las proteínas) de las proteínas. Además, una acumulación de productos finales de la glicación provoca alteraciones en la estructura y la función de la miosina, lo que lleva a un descenso en la velocidad de acortamiento y de la tensión muscular y a un aumento de la rigidez y el deterioro muscular. La pérdida de potencia específica, se ve afectada por cambios en la fuerza y en la velocidad de acortamiento. En cuanto a los cambios en los impulsos neuronales, se observó un descenso en el reclutamiento de unidades motoras y en la frecuencia del impulso en los adultos mayores, aunque esto último no siempre conduce a una reducción en la capacidad de activación<sup>19</sup>.

- Por su parte, durante el envejecimiento, también se producen alteraciones a nivel tendinoso. Se observa un deterioro significativo en adultos mayores (mediante ecografías). En ellas se percibió, un descenso de la rigidez y del módulo de Young o módulo de elasticidad (relación que se produce entre la tensión ejercida en una dirección y las deformaciones unitarias que se producen en esa dirección). Un descenso de la rigidez, provocaría un acortamiento de las fibras musculares en la contracción y esto llevaría a la pérdida de fuerza intrínseca<sup>19</sup>.

- Otra implicación fisiopatológica es el aumento del riesgo de padecer enfermedades crónicas como osteoporosis y diabetes. En estudios realizados entre personas activas y personas sedentarias, se observó que en los primeros se producía un retraso en la pérdida de masa ósea. En cuanto a la diabetes, el músculo es la principal fuente de captación de glucosa tras una sobrecarga oral, lo que podría llevar a una disminución en la tolerancia a la glucosa<sup>20</sup>.

- Durante la sarcopenia, la cetogénesis queda suprimida y la gluconeogénesis va cobrando importancia, de tal modo que la energía se consigue de las proteínas. La anorexia y un déficit en la ingesta junto, hace que los ancianos sean más propensos a padecer esta enfermedad peso, frente a un clima frío donde se verá afectada la capacidad de aislamiento térmico<sup>20, 21</sup>.

- También, la pérdida de masa muscular puede afectar a la regulación de la temperatura corporal. En ambientes muy cálidos el paciente aumentará su temperatura en una kilocaloría (Kcal) por kilo de peso, frente a un clima frío donde se verá afectada la capacidad de aislamiento térmico<sup>20, 21</sup>.

### **1.3. Propuestas actuales para mitigar o frenar la situación.**

Son tres las intervenciones terapéuticas que nos ayudan en el tratamiento para revertir la situación de la sarcopenia.

#### **1.3.1. Intervención farmacológica.**

Centrada en las hormonas anabólicas, encargadas de la hipertrofia muscular.

- Testosterona: Administrando testosterona, se observa un aumento en la masa magra, a la vez que un descenso en la cantidad de masa grasa. Además, aumenta la fuerza de prensión, la fuerza muscular global y el rendimiento físico<sup>2</sup>.

- Los estrógenos tienen una asociación positiva con la masa corporal magra y la masa muscular. Una disminución de sus niveles puede estar relacionado con un aumento de las citoquinas proinflamatorias. Un tratamiento con estrógenos podría incrementar la masa magra y disminuir la masa grasa<sup>2, 21</sup>.

- Hormona del crecimiento (GH). Relacionada con la formación de hueso y el crecimiento muscular. En los diferentes estudios realizados se obtuvieron diferentes conclusiones, uno observaron cambios en la masa muscular pero no en la fuerza, otros observaron incremento en la masa, la fuerza, las fibras de tipo II y la velocidad de marcha, pero este efecto se revertía tras la suspensión del tratamiento. Más adelante se realizaron estudios combinándola con testosterona y se observaron aumentos de la masa muscular pero con aumentos insignificantes de la fuerza. En todos estos estudios se observaron efectos adversos como edemas, aumento de la presión arterial, artralgias, intolerancia a la glucosa y diabetes. Debido al riesgo que conllevaría aplicar esta terapia, no está autorizada su administración<sup>2, 21</sup>.

- Inhibidor de la enzima convertidora de la angiotensina (IECA): previene el declive mitocondrial, mejorando la función endotelial y el metabolismo muscular<sup>2, 19</sup>.

- Dehidroepiandrosterona (DHEA): funciona como elemento intermedio en la generación de andrógenos y estrógenos. Administrando DHEA, se obtiene un incremento de masa magra y una disminución de masa grasa<sup>21</sup>.

- Oxandrolona: andrógeno de potente efecto anabólico. No está probado en pacientes con sarcopenia, pero en pacientes con patologías como la caquexia asociada al VIH, enfermedades neuromusculares y otras patologías que producen una pérdida de masa muscular, se vio un aumento en la síntesis proteica en el músculo esquelético, en la función muscular y en los niveles de actividad física. A su vez aumentó la ingesta proteica y energética, disminuye la grasa visceral y la total y mejoró la retención nitrogenada<sup>21</sup>.

### **1.3.2. Intervención nutricional.**

- Vitamina D. Esta desempeña una importante función en el metabolismo óseo y muscular. En niveles bajos, se la relaciona con un descenso de la fuerza muscular, con una atrofia en las fibras de tipo II, con aumento de la sarcopenia y de la debilidad muscular. En cuanto se produce una suplementación con esta vitamina, se produce una mejora funcional, un incremento de la fuerza, un descenso de caídas y descenso de la mortalidad<sup>2, 21, 22</sup>.

Cohesionada al receptor de vitamina D, promueve la síntesis de proteínas musculares y mejora la absorción de calcio. Raras veces se le relaciona con problemas como la nefrolitiasis e hipercalcemia. La suplementación con esta vitamina es cuestionable ya que hay algunos estudios que han demostrado grandes beneficios en la

fuerza y otros no tan grandes; otros han demostrado cambios favorables en la reducción de caídas, frente a los que no han observado mejoras en cuanto a la función física, riesgo de caídas o calidad de vida. Esta controversia puede producirse por realizar los estudios con diferentes tipos de dosis<sup>2, 21,22</sup>.

- Creatina. Componente de la fosfocreatina, metabolito de alta energía que se encuentra en el músculo esquelético y desempeña un importante papel en el metabolismo de proteínas y en el celular. Una suplementación de creatina, aumenta los niveles de fosfocreatina a nivel muscular, produciendo un acortamiento en los tiempos de la relajación muscular; lo que significa que esto nos puede llevar a incrementar la capacidad para realizar ejercicio de alta intensidad, a aumentar la síntesis de proteína muscular, de masa magra, la fuerza y la potencia muscular. Además, también puede estimular factores de transcripción miogénica lo que conduciría a la hipertrofia muscular con un efecto relevante en la diferenciación de las células satélite. Son pocos los estudios que han evidenciado el efecto de la suplementación en personas mayores. Algunos autores dicen que no hay efecto en la fuerza; otros que hay incremento en la masa muscular pero sin efecto en la energía; otros un pequeño aumento en la masa magra y hay otros que no han encontrado mejora alguna<sup>21-23</sup>.

- Proteínas y aminoácidos esenciales. La ingesta de proteínas en la dieta debe ser la adecuada para el mantenimiento de la masa muscular, pero debemos tener más en cuenta la calidad de la proteína que la cantidad de la misma. Para una buena síntesis de la proteína, son necesarios los aminoácidos proporcionados por ella. Estos aminoácidos esenciales, provocan un equilibrio positivo en la proteína muscular y en concreto, la suplementación de leucina tiene efectos beneficiosos que se asocian con la hipertrofia muscular y la conservación de la masa muscular; además, puede vencer los efectos anabólicos del consumo de aminoácidos<sup>21- 23</sup>.

Como ya hemos nombrado anteriormente es más importante la calidad de la proteína, por eso la de la de leche contiene cantidades necesarias para estimular la síntesis proteica y promover beneficios respecto a la masa muscular. A su vez, posee cantidades altas de leucina que complementadas con proteínas de suero y caseína, se cree que ayudan en su síntesis y en la disminución de la descomposición de la proteína en el músculo<sup>21-23</sup>.

Otra proteína involucrada en el crecimiento muscular sería la miostatina, la cual se cree que su inhibición podría producir hipertrofia; reacción que se produce en ejercicios de fuerza muscular. Además, hay otra proteína que intervendría en la prevención de la atrofia muscular como es la  $1\alpha$  coactivadora del receptor activado por el proliferador de peroxisomas (PGC-1  $\alpha$ ) proteína importante en la biogénesis mitocondrial<sup>21-23</sup>.

- Ácidos grasos. Modulan la respuesta inflamatoria y afectan al anabolismo y catabolismo muscular. En particular, los ácidos grasos omega 3 y 6 influyen en la integridad de la membrana celular, tanto en la atrofia como en la hipertrofia. Se cree que contiene propiedades antiinflamatorias y ayudan en la conservación de la masa

muscular, por medio del alivio de la resistencia anabólica. También, como en otros nutrientes, se puede realizar una suplementación en la que se observa aumento de la fuerza funcional y mejora en la producción de energía en deportistas<sup>22, 23</sup>.

- Acido linoleico conjugado. Posee propiedades antiinflamatorias y puede reducir el estrés oxidativo. La suplementación mediante acido linoleico realizada en jóvenes, reduce la descomposición de proteínas y aumenta la masa y la fuerza muscular. En adultos mayores, también se demostró un aumento de la masa y de la fuerza<sup>22</sup>.

Todas estas suplementaciones nutricionales deben llevarse a cabo, junto con la práctica de ejercicio físico, así como con la combinación de otros suplementos ya que por sí solos no tienen el mismo resultado<sup>22</sup>.

### **1.3.3. Ejercicio físico.**

Tanto de forma preventiva como terapéutica, el ejercicio físico es la mejor estrategia frente a la sarcopenia y además de mejorar la masa muscular, mejora la fuerza y la resistencia. Esta estrategia se puede llevar a cabo mediante diferentes tipos de ejercicios como son los de fuerza, resistencia, ejercicios aeróbicos, de flexibilidad, equilibrio y por último el High Intensity Interval Training, mejor conocido como HIIT o entrenamiento interválico de alta intensidad que combina ejercicios de fuerza y resistencia<sup>2, 23</sup>.

Antes de hablar de los tipos de ejercicio debemos saber que estos se clasifican en función del sistema metabólico utilizado, es decir, aeróbicos (vía oxidativa) y anaeróbicos (vía no oxidativa). Los aeróbicos, son ejercicios de media o baja intensidad y de larga duración donde la energía procede de los hidratos de carbono y las grasas. En cambio, los anaeróbicos, son de ejercicios de alta intensidad y de corta duración donde la energía se obtiene a través de la adenosina trifosfato<sup>2, 24</sup>.

a) Los ejercicios de equilibrio. Tienen efectos beneficiosos en pacientes con pequeñas alteraciones de la movilidad, favoreciendo una reducción en las caídas. Entre los ejercicios de equilibrio destacamos el taichí, mantenimiento sobre un solo pie, caminar sobre las puntas de los pies, caminar sobre los talones y cambio de apoyo de un pie a otro a diferentes ritmos<sup>2</sup>.

b) Los ejercicios de flexibilidad. Encaminados a incrementar la amplitud de los movimientos y deben realizarse durante 20 segundos o más<sup>2</sup>.

c) Los ejercicios de resistencia aeróbicos. Destinados a mejorar el envejecimiento muscular. Este tipo de ejercicios aumentan el músculo esquelético, preservan la calidad muscular, mejoran la capacidad aeróbica, disminuyen el estrés oxidativo y aumentan la sensibilidad a la insulina. También, están relacionados con la reducción del proceso de inflamación, el aumento de los transportadores de glucosa y la función mitocondrial<sup>2, 23</sup>.

Los ejercicios de resistencia están orientados a la contracción dinámica o estática contra una resistencia y para llevarlos a cabo podemos utilizar pesas, maquinas o bandas

elásticas. En cuanto a los músculos implicados, debemos prestar especial atención a los principales grupos musculares y dar prioridad a los de las extremidades inferiores, encargados en la movilidad, el equilibrio y la marcha. En cuanto a la forma de ejecutar los ejercicios, si la fase concéntrica y excéntrica se realiza de forma lenta (2 a 3 segundos), se produce una hipertrofia muscular, una mejora en la síntesis de proteínas, un aumento de la fuerza, de la masa magra y un incremento del área transversal de las fibras tipo I y II. Si por el contrario, la fase concéntrica se realiza de forma rápida y la fase excéntrica en 2 segundos, se aumenta la potencia muscular. Además de provocar todas estas mejoras, también mejoran el equilibrio, la capacidad aeróbica, la flexibilidad, la marcha y la capacidad para levantarse de una silla y de subir escaleras<sup>2, 11, 15, 21, 23</sup>.

d) Los ejercicios de fuerza. Dirigidos a conseguir una buena estimulación de la hipertrofia, incrementar la fuerza, así como la masa libre de grasa y las fibras tipo II del músculo; lo que nos lleva a una mejora del funcionamiento físico. Estos cambios no solo se producen a nivel muscular, también a nivel hormonal y celular; aumentando la liberación y la secreción de hormonas androgénicas-anabólicas, reduciendo los estados proinflamatorios por medio de las mioquinas, aumentando la generación de enzimas antioxidantes, incrementando la actividad mitocondrial, el contenido mitocondrial, la capacidad oxidativa del músculo y por último un pequeño aumento de las células satélite. Esto se asocia a una independencia para las actividades de la vida diaria, descenso del riesgo de caídas, prevención del deterioro funcional, de la discapacidad, un aumento de las capacidades cognitivas y volitivas y una mejora general de la salud. Para conseguirlo, el entrenamiento con pesas es el más adecuado ya que implica a la fuerza para conseguir las contracciones musculares<sup>2, 11, 15, 21, 23</sup>.

Este tipo de entrenamiento debe constar de los principios fundamentales: principio de sobrecarga, de progresión, de especificidad y de desentrenamiento. Para empezar, los ejercicios deberán de producir un estímulo lo suficientemente intenso para llegar a la adaptación correspondiente (principio de sobrecarga), para ello los de alta intensidad (70 al 80% de nuestra capacidad máxima), han demostrado ser los más efectivos. Una vez adaptados, tendremos que modificar el estímulo o incrementarlo para seguir progresando (principio de progresión). Tratándose de un entrenamiento de fuerza, los ejercicios, la frecuencia, la intensidad y el volumen deben de ser específicos para cada persona (principio de especificidad). Por último, el principio de desentrenamiento se llevaría a cabo mediante la interrupción del entrenamiento<sup>2, 11, 15, 21, 23</sup>.

e) El HIIT o entrenamiento intervalico, consiste en alternar periodos cortos de ejercicio intenso con descansos pasivos o activos de intensidad media o baja. Este tipo de entrenamiento tiene constancia a principios del siglo XX, donde se empezó a realizar en atletas fondistas o medio fondistas y más adelante en atletas de carrera más corta. Años después, un cardiólogo realizó este tipo de entrenamiento con sus pacientes y observó mejora en el consumo de oxígeno, aumento en la hipertrofia cardíaca y un incremento del débito cardíaco. Fue entonces, a mediados del siglo XX, cuando se empezaron a llevar a cabo publicaciones sobre el HIIT. Hacia finales del siglo XX, se

contempló la idea de realizar este tipo de ejercicio en deportistas que no fueran atletas y se llevaron a cabo nuevos estudios, en los que se observaron mejoras respecto al volumen de oxígeno máximo ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) y la capacidad anaeróbica<sup>23, 25</sup>.

El HIIT, aunque sea un entrenamiento más corto que el aeróbico continuo, produce ganancias cardiometabólicas iguales e incluso mayores.

- A nivel central: produce mejoras en la activación simpática-adrenal y cardiovascular, presenta una percepción del trabajo menor, menores niveles de catecolaminas plasmáticas, aumento en las concentraciones de lactato en sangre y una disminución en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (ECV).

- A nivel periférico: mejora la recaptación y sensibilidad del calcio por la bomba de calcio reticular del músculo esquelético, aumento de la actividad de la lipólisis y glucólisis relacionado con una mayor activación de los transportadores de glucosa y de ácidos grasos, y beneficios en el complejo proteína quinasa activada por AMP (AMPK), responsable de control metabólico y del gasto energético<sup>25</sup>.

Debido a estos efectos beneficiosos que produce el HIIT en nuestro cuerpo, a los efectos potenciales en la proteína PGC-1  $\alpha$ , reguladora de la biogénesis mitocondrial del músculo, al beneficio de la inflamación sistémica, a una mayor sensibilidad a la insulina y a un mayor reclutamiento de fibras musculares de tipo I y II, se debería abordar la posibilidad de llevar a cabo este tipo de entrenamiento a los pacientes sarcopénicos<sup>25</sup>.

## **2. JUSTIFICACIÓN.**

El envejecimiento es una parte natural e inevitable del proceso de la vida que se caracteriza por una disminución gradual y general de las funciones fisiológicas que finalmente conducen a la morbilidad y la mortalidad. El proceso de envejecimiento no se comprende en su totalidad, de ahí las diferentes teorías que pretenden explicarlo.

El envejecimiento está asociado con un descenso significativo de la función neuromuscular, su solicitud y la nutrición y también al desarrollo de patologías derivadas de situaciones de inflamación, etc.

El descenso de la función neuromuscular deriva en una inevitable reducción de la masa muscular y la pérdida de fuerza que se le asocia a medida que nos hacemos mayores. El término sarcopenia se utiliza para describir la pérdida de masa muscular y todos aquellos cambios que acompañan y condicionan su instauración

En esta revisión nos proponemos analizar las causas y consecuencias de la sarcopenia con el objetivo de estudiar el abordaje terapéutico de la misma y más específicamente el papel del ejercicio en el freno de la misma y la mejora de la calidad de vida a lo largo del proceso del envejecimiento.

## **3. COMPETENCIAS.**

a) Competencias específicas

- Capacidad de integrar las competencias adquiridas en las materias que componen el Plan de Estudios del Título de grado en Enfermería en el diseño, planificación, presentación y defensa de la resolución de un problema o situación de salud determinada<sup>30</sup>.

b) Competencias transversales

- C.T.2. Capacidad para aplicar el razonamiento crítico.
- C.T.3. Capacidad de análisis y síntesis.
- C.T.8. Capacidad de resolución de problemas y toma de decisiones.
- C.T.13. Capacidad de aprender.

#### 4. OBJETIVOS.

Analizar la importancia del ejercicio como medida terapéutica para el abordaje de la sarcopenia y la mejora de la calidad de vida.

#### 5. METODOLOGÍA.

##### 5.1 Diseño del estudio.

Para la realización del presente trabajo se siguió un diseño de carácter descriptivo, basado en una revisión bibliográfica narrativa y en la aplicación de las competencias del Plan de Estudios del Grado de Enfermería de la Universidad de Valladolid.

##### 5.2 Estrategia de búsqueda.

Se realizó una búsqueda referente a la sarcopenia, su historia, su etiología, sus repercusiones fisiopatológicas y sus intervenciones. Las bases de datos utilizadas fueron Scielo, Pubmed, Elsevier, Journalsh, Mediagraphic y Science Direct. Además, se consultó la página de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la página de la Sociedad Española de Geriatria y Gerontología sobre la sarcopenia y nutrición, una tesis doctoral, un trabajo de fin de grado, un libro de Fisiología Deportiva. Como gestor bibliográfico se utilizó, Mendeley.

Los artículos elegidos para elaborar el trabajo comprenden desde 2007 hasta 2017, a excepción de alguno más antiguo debido a su relevancia.

Las palabras clave utilizadas fueron las siguientes: Estrés oxidativo, sarcopenia, entrenamiento intervalico, sarcopenia and exercise, sarcopenia and etiology y fragilidad.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda. Elaboración propia.

Bases de datos	Palabras Clave	Nº de Artículos encontrados	Nº de Artículos utilizados
Scielo	Estrés oxidativo/sarcopenia/entrenamiento	428/91	6

	intervalico		
Pubmed	sarcopenia and etiology/ exercise and exercise/oxidative stress	416/383/119	10
Elsevier	sarcopenia	189	3
Journalshr	sarcopenia	1	1
Mediagraphic	fragilidad	84	1
Science Direct	etiology and sarcopenia	792	1

### 5.3 Desarrollo temporal del estudio.

El trabajo fue realizado en el periodo comprendido entre febrero y mayo de 2017.

## 6. RESULTADOS.

La discusión del trabajo se centra principalmente en los ejercicios de fuerza y de resistencia y destacamos los trabajos más relevantes

### 6.1. Entrenamiento de fuerza y sarcopenia.

Tabla 2. Entrenamiento de fuerza y sarcopenia. Elaboración propia.

Vingren et al. <sup>29</sup>	2010	El ejercicio de fuerza induce la liberación y secreción de las hormonas androgénicas anabólicas, que entre sus efectos biológicos destaca el incremento de la masa muscular. Pese a que la respuesta es menor en personas de edad avanzada, el entrenamiento neuromuscular desencadena su liberación, obteniendo los efectos biológicos sobre el sistema neuromuscular.
Tschopp et al. <sup>30</sup>	2011	Además del incremento de la masa muscular, el entrenamiento neuromuscular de alta velocidad y/o potencia estimulará las fibras musculares rápidas atrofiadas por el desuso, viéndose favorecidas las actividades funcionales obteniendo elevados niveles de hipertrofia entre las personas de edad avanzada.
Peterson et al. <sup>31</sup>	2011	Llevaron a cabo un metaanálisis que agrupó 49

		estudios con un total de 1328 pacientes que mantenían un programa de acondicionamiento neuromuscular. Los datos expuestos muestran la influencia directa del volumen sobre el incremento de masa muscular en personas de edad avanzada. Aunque los autores no citan la relación dosis respuesta, sin embargo, ponen de manifiesto la gran influencia que el volumen ejerce sobre la respuesta trófica del sistema muscular de las personas de edad avanzada.
Peterson et al. <sup>32</sup>	2010	Realizo un metaanálisis, donde fueron incluidos 47 estudios con un total de 1079 sujetos, se asegura, que tras un programa de entrenamiento progresivo de fuerza, las personas ancianas incrementan su fuerza.
Ciolac et al. <sup>33</sup>	2010	Realizaron un estudio combinado durante 13 semanas de un entrenamiento de alta intensidad en dos grupos (mujeres entre 29 y 65 años) y registraron aumentos en la fuerza en ambos grupos, sin diferencias entre los grupos y sin efectos adversos.
Ciolac et al. <sup>34</sup>	2010	En otro estudio de seguimiento, hombres (con edades comprendidas entre 65 y 72 años) también se sometieron a 13 semanas de entrenamiento de fuerza. Los resultados también pusieron de manifiesto aumentos relevantes en la fuerza como una adaptación al entrenamiento con pesos.
Strasser et al. <sup>35</sup>	2009	Demostaron que después de 6 meses de entrenamiento de fuerza 3 veces por semana como máximo, la fuerza se incrementó en un promedio del 15% para la prensa de pierna, 25% para el press de banca, 30% para jalón de pecho. Asimismo, la masa corporal magra se incrementó en un $1,0 \pm 0,5$ Kg en los adultos de edad avanzada.
Liu y Latham. <sup>36</sup>	2009	Una revisión de 121 ensayos controlados aleatorios de entrenamiento de fuerza en los mayores demostró que realizando un trabajo de fuerza 2 a 3 veces por semana mejoró la función física, velocidad de la marcha, el subir escaleras

		y el equilibrio, y lo más importante tuvo un efecto significativo sobre la fuerza muscular especialmente a alta intensidad.
Burton y Sumukada. <sup>37</sup>	2010	El entrenamiento de fuerza aumenta la fuerza muscular, así como las fibras de tipo 2 (de contracción rápida) del músculo, lo que conduce a una mejora global en la fuerza muscular y la capacidad para mejorar el funcionamiento físico
Steib et al. <sup>38</sup>	2010	Analiza cuáles deben ser las intensidades del entrenamiento de fuerza en población anciana, concluye que intensidades elevadas son superiores a las bajas, en términos de mejora de fuerza máxima pero no necesariamente en términos de ganancias funcionales.

## 6.2. Entrenamiento de resistencia y sarcopenia.

Tabla 3. Entrenamiento de resistencia y sarcopenia. Elaboración propia.

Candow et al. <sup>22</sup>	2011	Demostraron que 22 semanas de entrenamiento de la resistencia del cuerpo entero (3 días por semana) en varones mayores sanos (60-71 años) suficiente para superar los déficits relacionados con la masa de tejido magro de cuerpo entero, tamaño de músculo regional y fuerza del tren superior e inferior.
Onambele et al. <sup>39</sup>	2010	En otro estudio, el entrenamiento de resistencia de baja intensidad se comparó con el entrenamiento de resistencia de alta intensidad en ancianos que habitan en la comunidad. El entrenamiento de resistencia de alta intensidad mostró mejoras de rendimiento muscular y la masa muscular; IL-6 circulante no fue significativamente influenciada y TNF- $\alpha$ sólo disminuyó en el entrenamiento de resistencia de baja intensidad grupo.
Kemmler et al. <sup>40</sup>	2009	Evaluaron los efectos en la composición corporal y la capacidad funcional en mujeres independientes (n= 246; media de edad 69,1 años), tras 18 meses de un programa compuesto por múltiples ejercicios de alta intensidad,

		combinando ejercicios de resistencia y aeróbicos. Sus resultados fueron mejoras de la composición corporal, con reducción en la grasa abdominal y la grasa corporal total, así como en la capacidad funcional, con aumentos en la fuerza muscular, la potencia, agilidad y el fitness aeróbico.
Taaffe et al. <sup>41</sup>	2009	Investigaron el entrenamiento de resistencia en 13 personas mayores sanas (edad 65-83 años) durante 24 semanas, seguidas del mismo número sin intervención y otras 12 semanas de reentrenamiento. Hubo incremento de la masa muscular y disminución de la grasa en el músculo, con 2 sesiones semanales, tanto en miembros superiores como inferiores.
Mueller et al. <sup>42</sup>	2009	Compararon el entrenamiento de resistencia convencional con un entrenamiento ergométrico excéntrico en 62 personas (media de edad 80,6 años) durante 12 semanas, 2 veces por semana. Su objetivo consistía en retardar la pérdida de masa muscular y de la función relacionada con la edad. Ambas intervenciones resultaron beneficiosas a nivel estructural y funcional del músculo, aunque el ejercicio excéntrico ocasionó mayor fuerza máxima isométrica a la extensión de pierna y disminuyó la grasa corporal de los participantes.
Marsh et al. <sup>43</sup>	2009	En un estudio comparativo de 12 semanas de entrenamiento de resistencia de alta velocidad y el entrenamiento tradicional de fuerza se evaluaron la potencia muscular de las extremidades inferiores en 45 adultos mayores con limitaciones de movilidad. Las mejoras en la potencia de los extensores de la rodilla y de la pierna después del entrenamiento de alta velocidad fueron aproximadamente dos veces mayores, en comparación con las ganancias en la fuerza muscular como consecuencia del entrenamiento de fuerza clásico. Así, en este estudio, el entrenamiento de alta velocidad se asoció con mejoras significativamente mayores

		en la fuerza muscular específica de los extensores de la pierna (46%) en comparación con las ganancias inducidas por el entrenamiento tradicional (20%).
Caserotti et al. <sup>44</sup>	2008	Realizaron un estudio de 12 semanas de entrenamiento de resistencia, con una intensidad de carga de 75 a 80% de 1RM, demostró mejoras sustanciales en la potencia muscular (28%) y ganancias en la fuerza muscular de mujeres mayores sanas de 80 a 89 años
Reid et al. <sup>45</sup>	2008	Realizaron un entrenamiento de alta potencia y alta velocidad en las extremidades inferiores de 57 personas mayores con movilidad reducida (65-94 años; media de edad 74,2), comparándolo con un grupo de entrenamiento de resistencia progresiva a baja velocidad y un control que realizaba ejercicios de flexibilidad en miembros inferiores. La intervención tuvo una duración de 12 semanas, 3 veces por semana, al 70% de 1 RM. Este protocolo tuvo similares resultados en los grupos que ejercitaron la fuerza con alta y baja velocidad. Los autores concluyeron que las adaptaciones de ambos grupos fueron neuromusculares y resultan útiles en las personas mayores frágiles.

## 7. DISCUSIÓN.

Casi todos los autores indican que los ejercicios en cualquiera de sus modalidades frenan el proceso de la sarcopenia y del envejecimiento. Sin embargo, parece ser que los deportes de fuerza originan mayores beneficios que los de resistencia.

Los estudios de Ciolac et al.<sup>11</sup> tanto en hombres como en mujeres, durante 13 semanas de entrenamiento de fuerza, demostraron no haber diferencias en cuanto a la ganancia de fuerza muscular en función del sexo.

El estudio de trabajo a alta y baja velocidad de Reid et al.<sup>25</sup> demostró no haber cambios relevantes en la fuerza muscular entre los dos tipos de entrenamiento, frente a los estudios de Marsh et al.<sup>25</sup> y Tschopp et al.<sup>8</sup> que demostraron mejoras en la fuerza muscular en entrenamientos a alta velocidad.

Peterson et al.<sup>8</sup>; Ciolac et al.<sup>11</sup>; Vingren et al.<sup>8</sup>; Strasser et al.<sup>18</sup> y Burton y Sumukadas<sup>18</sup> reportaron incrementos en la fuerza muscular en entrenamientos de fuerza clásicos, al igual que los estudios de fuerza a alta intensidad de Burton et al.<sup>8</sup>; Ciolac et al.<sup>11</sup>; Steib et al.<sup>18</sup> y Liu y Latham<sup>18</sup>.

En cuanto a la intensidad de trabajo, los estudios de Burton et al.<sup>8</sup>; Ciolac et al.<sup>11</sup>; Steib et al.<sup>18</sup>; Liu y Latham<sup>18</sup>; Onambele et al.<sup>24</sup>; y Kemmler et al.<sup>25</sup> demostraron que el mejor método de entrenamiento para el incremento de la masa muscular y fuerza es el de alta intensidad.

Kemmler et al.<sup>25</sup>; Mueller et al.<sup>25</sup> y Marsh et al.<sup>25</sup> en sus estudios de entrenamiento combinado, demostraron mejoría a nivel general. En cambio, los estudios con un solo tipo de entrenamiento de Strasser et al.<sup>18</sup>; Candow et al.<sup>20</sup>; Taaffe et al.<sup>25</sup> y Caserotti et al.<sup>25</sup> solo demostraron beneficios en la fuerza, en el incremento de la masa muscular y en el descenso de la masa grasa.

En cuanto a la frecuencia de entrenamiento, autores como Strasser et al.<sup>18</sup>; Liu y Latham<sup>18</sup>; Candow et al.<sup>20</sup>; Taaffe et al.<sup>25</sup>; Mueller et al.<sup>25</sup> y Reid et al.<sup>25</sup> comparten la idea de llevar a cabo de 2 a 3 sesiones a la semana con un descanso mínimo de 24 horas entre una sesión y otra para observar aumentos en la fuerza y en la masa muscular.

Desde mi punto de vista es factible la combinación de las diferentes modalidades. Por ejemplo, caminar, ejercicio aeróbico de resistencia, puede tener componentes de fuerza cuando subimos cuestas o escaleras.

Así mismo, este tipo de ejercicios pueden combinar fases de HIIT cuando hacemos cambios de ritmo de alta intensidad llegando hasta el límite de la carrera.

En definitiva, la combinación de ejercicios del ejercicio con una adecuada pauta nutricional puede ser la clave en el tratamiento fisiológico de la sarcopenia.

## **8. CONCLUSIONES.**

1. La sarcopenia es un proceso fisiológico dentro del envejecimiento
2. La sarcopenia, aunque no es un proceso reversible si se puede atenuar.
3. El ejercicio y la nutrición son la clave en el enfoque terapéutico de la sarcopenia.
4. Aunque los mejores tratamientos para mitigarla pudieran ser los hormonales, no son los más adecuados.

## 9. BIBLIOGRAFÍA.

1. Corrales LC, Muñoz MM. Estrés oxidativo : origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. *Nov - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*; 10: 213–25. 2012
2. Cruz AJ, Triana FC, Gómez-Cabrera MC, López-Soto A, Masanés F, Martín PM, et al. La eclosión de la sarcopenia: Informe preliminar del Observatorio de la Sarcopenia de la Sociedad Española de Geriatria y Gerontología. *Rev Esp Geriatr Gerontol*; 46:100–10. 2011
3. García I BE, Saldaña A, Ii B, Saldaña L, Iii G. El estrés oxidativo y los antioxidantes en la prevención del cáncer Oxidative stress and antioxidants in cancer prevention. *Rev Habanera Ciencias Médicas*; 1212:187–96. 2012.
4. Avila JA, Aguilar-Navarro S, Melano E. Frailty, an enigmatic and controversial concept in geriatrics. The biological perspective. *Gac Med Mex*; 144: 255–62. 2008.
5. Romano AD, Serviddio G, de Matthaes A, Bellanti F, Vendemiale G. Oxidative stress and aging. *J Nephrol*; 23: 29-36. 2010.
6. Wang CH, Wu SB, Wu YT, Wey YH. Oxidative stress response elicited by mitochondrial dysfunction: implication in the pathophysiology of aging. *Exp Biol Med*; 238: 450-60. 2013
7. Organización Mundial de la Salud [sede Web]. Suiza: 2015. Envejecimiento y salud [1]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs404/es/>
8. Critchley M. The neurology of old age. *Lancet*; 1: 1221-30. 1931.
9. Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *Clin Geriatr Med*. 2011 Aug; 27(3): 337-9.
10. Cruz AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia : consenso europeo sobre su definición y diagnóstico Informe del Grupo europeo de trabajo sobre la sarcopenia en personas de edad avanzada. *Age Ageing*; 44: 412–23. 2010.
11. Ordoñez F, Medrano I, Elvar J., Moral S, Marcos JF, Da Silva ME. Entrenamiento de la fuerza y sarcopenia. Evidencias actuales. *J Sport Heal Res*; 5: 7–24. 2013.
12. Velázquez MC, Irigoyen ME, Lazarevich I, Delgadillo J. Sarcopenia : biological bases. *Cirugía y cirujanos*; 84: 36–42. 2017.
13. Fuenmayor C RE, Villabón G, Saba T. Sarcopenia - visión clínica de una entidad poco conocida y mucho menos buscada. *Rev Venez Endocrinol y Metab*; 5: 03–7. 2007
14. Padilla CJ, Sanchez P, Cuevas MJ. Benefits of strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. *Nutr Hosp*; 29: 979–88. 2014

15. Masanés F, Navarro M, Sacanella E, López A. ¿Qué es la sarcopenia? *Semin la Fund Española Reumatol*; 11: 14–23. 2010.
16. Yu J. The etiology and exercise implications of sarcopenia in the elderly. *Int J Nurs Sci*; 2: 199–203. 2015.
17. Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: Etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int*; 21: 543–59. 2010.
18. Ryall JG, Schertzer JD, Lynch GS. Cellular and molecular mechanisms underlying age-related skeletal muscle wasting and weakness. *Biogerontology*; 9: 213–28. 2008.
19. Narici M V., Maffulli N. Sarcopenia: Characteristics, mechanisms and functional significance. *Br Med Bull*; 95: 139–59. 2010.
20. Serra JA. Consecuencias clínicas de la sarcopenia. *Nutr Hosp*; 21: 46–50. 2006.
21. Padilla C. Efectos de un entrenamiento de fuerza y de la utilización de creatina en la prevención de la sarcopenia en personas de edad avanzada. Tesis Doctoral. ULE. 2014.
22. Candow DG, Forbes SC, Little JP, Cornish SM, Pinkoski C, Chilibeck PD. Effect of nutritional interventions and resistance exercise on aging muscle mass and strength. *Biogerontology*; 13: 345–58. 2012.
23. Forbes SC, Little JP, Candow DG. Exercise and nutritional interventions for improving aging muscle health. *Endocrine*; 42: 29–38. 2012.
24. Córdova A. *Fisiología Deportiva*. Madrid: Editorial Síntesis; 2013.
25. Cofré C, Sánchez P, Zafra E, Espinoza A. Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio. *Rev Univ Ind Santander Salud*; 48: 275-284. 2016.
26. Zembron A, Dziubek W, Rogowski Ł, Skorupka E, Dabrowska G. Sarcopenia: Monitoring, Molecular Mechanisms, and Physical Intervention. *Physiol. Res*; 8408: 683–91. 2014.
27. Beyer I, Mets T, Bautmans I. Chronic low-grade inflammation and age-related sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*; 15: 12–22. 2012.
28. Montoro MVP, Montilla JAP, Aguilera EL, Checa MA. Intervención en la sarcopenia con entrenamiento de resistencia progresiva y suplementos nutricionales proteicos. *Nutr Hosp*; 31:1481–90. 2015.
29. Vingren J, Kraemer WJ, Ratamess NA, Anderson J, Volek J, Maresh CM. Testosterone physiology in resistance exercise and training: The up-stream regulatory elements. *Sports Med*; 40 : 1037-1053. 2010.

30. Tschopp M, Sattelmayer MK, Hilfiker R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons. A meta-analysis. *Age Aging* ; 0:1-8. 2011.
31. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Research Reviews*; 9: 226-237. 2010.
32. Peterson MD, Sen A, Gordon PM. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*; 43: 249-258. 2011.
33. Ciolac EG, Brech GC, Greve JM. Age does not affect exercise intensity progression among women. *J Strength Cond Res*; 24: 3023-31. 2010
34. Ciolac EG, Garcez Leme LE, Greve JM. Resistance exercise intensity progression in older men. *Int J Sports Med*; 31: 433-8. 2010.
35. Strasser B, Keinrad M, Haber P, Schobersberger W. Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults a randomized controlled trial. *Wien Klin Wochenschr* 121, 757-764. 2009.
36. Liu CJ, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009.
37. Burton L, Sumukadas D (2010). Optimal management of sarcopenia. *Clin Interv Aging* 5, 217-228.
38. Steib S, Schoene D, Pfeifer K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 42, 902-914. (2010).
39. Onambele G, Breen L, Stewart C. Influence of exercise intensity in older persons with unchanged habitual nutritional intake: skeletal muscle and endocrine adaptations; 32: 139–153. 2010.
40. Kemmler W, von Stengel S, Engelke K, Häberle L, Mayhew JL, Kalender WA. Exercise, body composition, and functional ability: A randomized controlled trial. *Am J Prev Med*; 38: 279-87. 2009.
41. Taaffe DR, Henwood TR, Nalls MA, Walker DG, Lang TF, Harris TB. Alterations in muscle attenuation following detraining and retraining in resistance-trained older adults. *Gerontology*; 55: 217-23. 2009.
42. Mueller M, Breil FA, Vogt M, Steiner R, Lippuner K, Popp A, et al. Different response to eccentric and concentric training in older men and women. *Eur J Appl Physiol*; 107: 145- 53. 2009.
43. Marsh AP, Miller ME, Rejeski WJ, Hutton SL, Kritchevsky SB. Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *J Aging Phys Act*; 17:416-43. 2009.

44. Caserotti P, Aagaard P, Larsen JB, Puggaard L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports*; 18: 773-82. 2008.
45. Reid KF, Callahan DM, Carabello RJ, Phillips EM, Frontera WR, Fielding RA. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res*; 20: 337-43. 2008.