



FMUC FACULDADE DE MEDICINA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA – TRABALHO FINAL

JOÃO GAIO PEREIRA

***Sarcopenia e Exercício Físico no Idoso***

ARTIGO DE REVISÃO

ÁREA CIENTÍFICA DE GERIATRIA

Trabalho realizado sob a orientação de:

PROFESSOR DOUTOR MANUEL TEIXEIRA MARQUES VERÍSSIMO

DOUTOR JOSÉ EDUARDO GRANADA MATEUS

JANEIRO/2019

## ***Sarcopenia e Exercício Físico no Idoso***

João Gaio Pereira<sup>1</sup>; José Eduardo Granada Mateus, MD<sup>2</sup>; Manuel Teixeira Marques Veríssimo, MD, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra (FMUC), Portugal.

<sup>2</sup> Departamento de Medicina Interna, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, EPE, Coimbra, Portugal.

Manuel Teixeira Marques Veríssimo, MD, PhD

Azinhaga de Santa Comba, 3000-548, Coimbra

[mtverissimo@gmail.com](mailto:mtverissimo@gmail.com)

# Índice

<b>Resumo</b> .....	2
<b>Abstract</b> .....	3
<b>Abreviaturas</b> .....	4
<b>Introdução</b> .....	5
<b>Materiais e Métodos</b> .....	6
<b>Resultados</b> .....	7
1. Sarcopenia .....	7
2. Atividade Física e Exercício .....	10
2.1. Conceitos gerais para a prática de Exercício Físico .....	10
2.2. Recomendações para a prática de exercício em idosos .....	11
2.3. Vias envolvidas .....	12
3. Sarcopenia e Exercício .....	15
4. Exercício e Nutrição - Efeito sinérgico.....	26
<b>Conclusão</b> .....	31
<b>Agradecimentos</b> .....	32
<b>Bibliografia</b> .....	33
<b>Anexos</b> .....	37

## **Resumo**

A sarcopenia define-se como uma perda progressiva da massa muscular, com o avançar da idade, causando fraqueza muscular. Os mecanismos envolvidos na sua progressão são vários e na maioria das vezes exacerbados ou desencadeados pelo envelhecimento. Os idosos ficam suscetíveis a lesões graves por quedas súbitas, fraturas e perda de independência funcional.

A sarcopenia é um problema significativo de saúde pública global, sobretudo nos dias de hoje, com o aumento da esperança média de vida. Há uma necessidade urgente de entender melhor os mecanismos subjacentes à perda de massa muscular relacionada com a idade e desenvolver estratégias que possam atenuar, prevenir ou, por fim, reverter o desgaste e fraqueza do músculo-esquelético.

O exercício físico aumenta a massa muscular em indivíduos que apresentam sarcopenia. Estudos recentes demonstram como o exercício físico pode alterar as propriedades musculares, assim como analisam o efeito clínico em indivíduos com sarcopenia. Os princípios que regem a prescrição de atividade física serão discutidos nesta dissertação.

### **Palavras-chave**

Sarcopenia, Exercício Físico, Atividade Física, Envelhecimento, Idoso.

## **Abstract**

Sarcopenia is defined as a progressive loss of muscle mass, resulting in muscle weakness, over the years. Several mechanisms are involved in its progression and most often are exacerbated or triggered by aging. The elderly are susceptible to severe lesions, ranging from sudden falls and fractures to the loss of their functional independence.

With the current increase of average life expectancy, sarcopenia has become a significant worldwide/global public health issue. There is an urgent need to better understand the mechanisms underlying age-related loss of muscle mass and therefore, to develop strategies that can attenuate, prevent, or ultimately reverse musculoskeletal wasting and weakness.

Physical exercise increases muscle mass in individuals with sarcopenia. Recent studies have been conducted both to demonstrate the way that physical exercise can alter the muscle properties, together with the clinical effects observed in individuals with sarcopenia. The principles that govern the prescription of physical activity will be discussed in this dissertation.

### **Key-words**

Sarcopenia, Exercise, Physical Activity, Aging, Elderly.

## Abreviaturas

Akt	Protein Kinase B
AF	Atividade Física
BIA	Bioelectrical Impedance Analysis
DXA	Dual-energy X-ray Absorptiometry
ER	Exercício Resistido
EWGSOP	European Working Group on Sarcopenia
IC	Intervalo de Confiança
IGF-I	Insulin-like Growth Factor 1
IL-6	Interleucina 6
IMC	Índice de Massa Corporal
GLFS-25	25-question Geriatric Locomotive Functional Scale
MAPKs	Mitogen-activated protein kinase
MET	Metabolic equivalents
mFABP	muscle Fatty Acid Binding Protein
mTOR	mammalian Target of Rapamycin
NF-kB	Factor nuclear kappa B
NSAR	Grupo sem sarcopenia ou com pré-sarcopenia
OR	Odds Ratio
PGC1 $\alpha$	Peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1 alpha
PI3K	Phosphatidylinositide 3-kinases
PPAR $\delta$	Peroxisome proliferator-activated receptor delta
PPT	Physical Performance Test
RET	Resistance Exercise Training
ROS	Reactive Oxygen Species
SAR	Grupo com sarcopenia
SARC-F	Questionário para avaliar presença de sarcopenia
SMI	Índice de Massa muscular Esquelética
SPPB	Short Physical Performance Battery
SPRINTT	Sarcopenia and Physical frailty IN older people: multicomponent Treatment strategies
TUG	Timed Up and Go test
TNF-alfa	Tumor Necrosis Factor alfa

## Introdução

*“Nobody really lives long enough to die of old age. We die from accidents, and most of all, disuse.”* — Walter Bortz, M.D.

O envelhecimento é um processo dinâmico e progressivo que não afeta de igual modo todos os indivíduos. Está associado a alterações fisiológicas que resultam na redução da capacidade funcional e na alteração da composição corporal. Tanto a quantidade de atividade física como a sua intensidade tendem a diminuir com a idade.

O exercício aeróbico e o resistido (anaeróbico ou de força) desempenham um papel importante na prevenção e tratamento de várias doenças como por exemplo, artrite, cancro, doença pulmonar obstrutiva crónica, insuficiência renal crónica, comprometimento cognitivo, insuficiência cardíaca congestiva, doença arterial coronária, depressão, hipertensão, obesidade, osteoporose, doença vascular periférica, acidente vascular cerebral e diabetes tipo 2.<sup>1</sup>

Com o envelhecimento das sociedades a progredir, a prevalência da sarcopenia na comunidade é de 4,1-11,5% para a população geral, 5-13% naqueles com mais de 65 anos de idade e 11-50% naqueles com mais de 80 anos. Assim, as estratégias para prevenir a sarcopenia entre idosos da comunidade são uma prioridade.<sup>2</sup>

A sarcopenia é um componente importante da síndrome de fragilidade e também é um forte preditor de incapacidade e mortalidade em idosos. Sem qualquer intervenção farmacológica disponível para a sarcopenia, as intervenções não farmacológicas são a única opção para prevenir os maus resultados. Entre essas intervenções, a atividade física com ou sem suplementação proteica demonstrou ser eficaz no aumento da massa e função muscular e na prevenção de incapacidade e fragilidade nos idosos.<sup>3</sup>

O objetivo desta revisão sistemática é avaliar a eficácia de diferentes abordagens terapêuticas baseadas em programas de exercício físico, na sua prevenção e tratamento.

## **Materiais e Métodos**

Para a elaboração deste artigo de revisão, a pesquisa foi realizada na base de dados *Medline* e *Pubmed*, onde se incluiu literatura publicada nos últimos 10 anos e se utilizou as seguintes palavras-chave: “Sarcopenia”, “Exercício”, “Atividade Física” e “Idoso”.

Foi ainda utilizada a *MeSH database* para aperfeiçoar a pesquisa.

Todos os artigos encontrados foram selecionados em função da sua relevância para o tema em causa.



# Resultados

## 1. Sarcopenia

### 1.1. Definição e Diagnóstico

Em 1989, Irwin Rosenberg introduziu o termo “sarcopenia” que deriva do grego “sarx” (carne) e “penia” (perda), significando pobreza de carne.<sup>4</sup> Em 2009, o EWGSOP (European Working Group on Sarcopenia in Older People) definiu sarcopenia como uma síndrome caracterizada pela perda progressiva e generalizada de massa muscular e força com inevitável aumento do risco de incapacidade física, má qualidade de vida e morte.<sup>4,5</sup>

**Tabela I.** Antigos critérios de diagnóstico da Sarcopenia. (Adaptado Cruz-Jentoft *et al.*, 2010)

<b>Critérios</b>	1. Massa muscular reduzida
	2. Força muscular reduzida
	3. Desempenho físico reduzido

De acordo com os critérios de 2010 da Tabela I, o diagnóstico requeria a presença do critério 1 e de pelo menos um de dois critérios de função muscular (critério 2 ou 3). A definição da sarcopenia apenas em termos de massa muscular é muito estreita e pode ter um valor clínico limitado daí se usar pelo menos dois critérios. Alguns autores argumentaram que o termo dinapenia é mais adequado para descrever a perda de força e função muscular associada à idade. No entanto, a sarcopenia já é um termo amplamente reconhecido, logo a sua substituição poderia levar a maior confusão.<sup>4</sup>

**Tabela II.** Nova definição de sarcopenia (2018). (Adaptado Cruz-Jentoft *et al.*, 2018)

<b>Critérios</b>	1. Força muscular reduzida
	2. Quantidade ou qualidade muscular reduzida
	3. Desempenho físico reduzido

A sarcopenia provável é identificada pelo critério 1. O Diagnóstico é confirmado pela documentação adicional do critério 2. Se critérios 1, 2 e 3 são todos conhecidos, a sarcopenia é considerada severa.

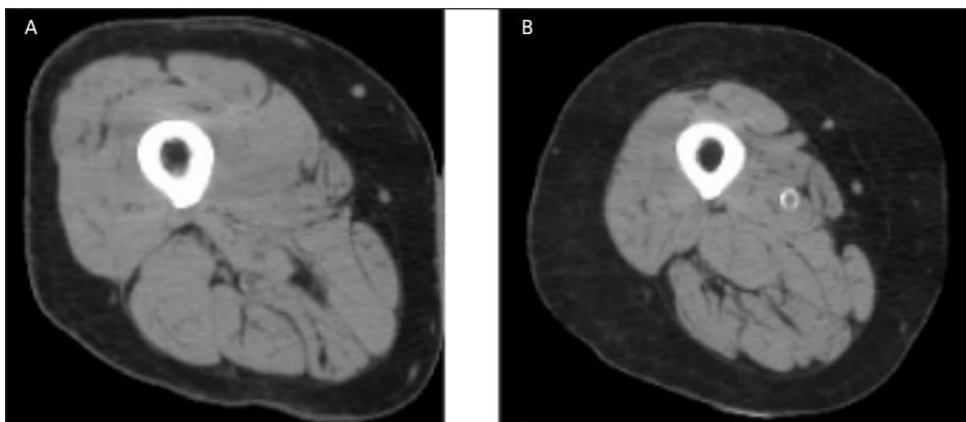
No início de 2018, o EWGSOP2 reuniu-se para atualizar a definição original de sarcopenia (Tabela II). Nesta nova definição, a força muscular reduzida passa a ser o parâmetro primário da sarcopenia, sendo atualmente a medida mais confiável da função muscular. Especificamente, a sarcopenia é provável quando a força muscular reduzida é detetada. Um

diagnóstico de sarcopenia é confirmado pela presença de quantidade ou qualidade muscular reduzidas. Quando os três critérios são todos detetados, a sarcopenia é considerada grave.<sup>6</sup>

A sarcopenia pode ser considerada "primária" (ou relacionada à idade) quando nenhuma outra causa é evidente, estando relacionada com o próprio envelhecimento. Já se for considerada "secundária" existe uma ou mais causas evidentes como por exemplo nutrição inadequada, nível de atividade física reduzido, doenças neuro-degenerativas, alterações endócrinas, etc.<sup>4,6</sup>

Na prática clínica, a descoberta de novos casos pode começar quando um doente relata sintomas ou sinais de sarcopenia (isto é, queda, sensação de fraqueza, velocidade lenta da marcha, dificuldade em se levantar de uma cadeira ou perda de peso/massa muscular). Nesses casos, recomendam-se mais testes de sarcopenia.<sup>6</sup>

Para avaliar a massa muscular, a absorciometria bifotónica (DXA) é considerada *gold standard*. Em alternativa são apontados outros métodos como a impedância bioelétrica (BIA), a tomografia computadorizada (Figura 1), a RM nuclear, além dos parâmetros antropométricos.<sup>7</sup>



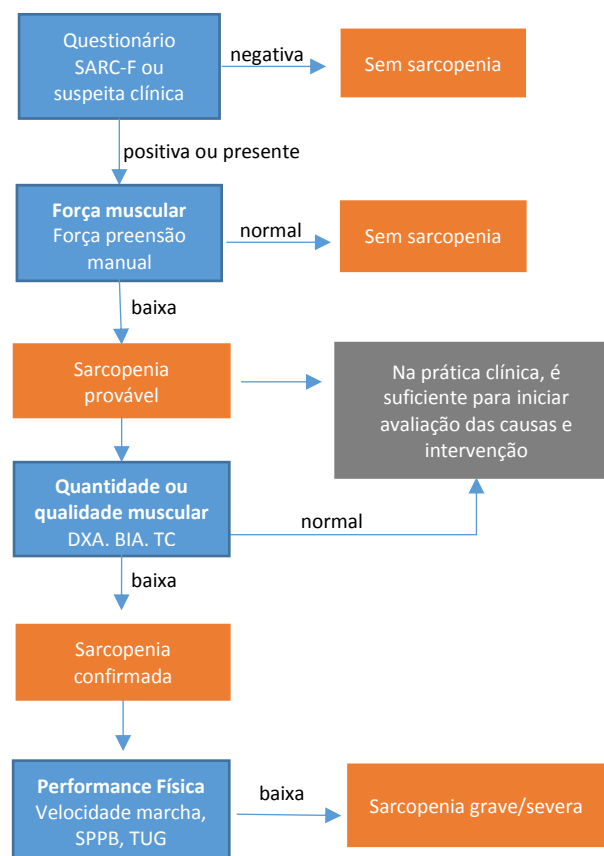
**Figura 1.** Tomografia computadorizada da coxa de duas mulheres com 72 anos: A) sem sarcopenia e B) com sarcopenia. Ambas com um índice de massa corporal de 25 kg/m<sup>2</sup>. (Adaptado Taaffe D., 2006).

Verifica-se uma utilização crescente da força de preensão como medida *standard* da força muscular, que tem mais sensibilidade que a medida da massa muscular como indicador de risco da morbidade e mortalidade na população idosa. Esta força pode ser medida facilmente com um ergómetro adequado.<sup>8</sup>

De acordo com o esquema da Figura 2. para identificar/avaliar os indivíduos com suspeita de sarcopenia, o EWGSOP recomenda o uso do questionário SARC-F. É um questionário

composto por 5 itens que permite avaliar o risco de sarcopenia. As respostas são baseadas na percepção do indivíduo e das suas limitações em força, capacidade de caminhar, de se levantar de uma cadeira, subir escadas e frequência em quedas. De seguida, para avaliar evidências de sarcopenia, recomenda-se o uso da força de prensão manual ou o *Chair Stand Test* (teste da cadeira). Para confirmar a sarcopenia avalia-se a quantidade e qualidade muscular (através de DXA por exemplo). A sarcopenia severa pode ser avaliada por medidas de desempenho físico (sendo elas velocidade da marcha, SPPB, TUG ou 400 metros de caminhada).<sup>6</sup>

O SPPB (*Short Physical Performance Battery*) consiste nas seguintes 3 tarefas: equilíbrio durante 10 segundos; caminhar uma distância de 4 metros a velocidade normal; e levantar-se de uma cadeira e voltar à posição de origem 5 vezes. Um máximo de 4 pontos pode ser atribuído a cada categoria, resultando numa pontuação máxima de 12 pontos. O TUG (*Timed "Get Up and Go" test*) representa o tempo que uma pessoa demora a levantar-se de uma cadeira, percorrer 3 metros, voltar para trás e sentar-se novamente.<sup>6</sup>



**Figura 2.** Algoritmo sugerido pela EWGSOP2 para avaliar indivíduos com sarcopenia. (Adaptado Cruz-Jentoft *et al.*, 2018. BIA, Impedância Bioelétrica; DXA, *Dual-energy X-ray Absorptiometry*; TC, Tomografia Computorizada; TUG, *Timed Up and Go test*; SPPB, *Short Physical Performance Battery*).

## 2. Atividade Física e Exercício

A atividade física (AF) é caracterizada por qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que resulte num aumento substancial de gasto energético acima dos valores de repouso (Bouchard *et al.*, 1994). Inclui lazer, atividades físicas diárias, o exercício intencionalmente praticado e desporto. De facto, a AF regular é considerada necessária para a manutenção da saúde e é recomendada para manter uma composição corporal saudável e/ou índice de massa corporal (IMC), perfil lipídico/lipoproteico, tolerância à glicose, pressão arterial e bem-estar psicológico entre idosos.<sup>1,9</sup>

Já o exercício físico é um tipo de AF associado a adaptações distintas a um determinado sistema fisiológico. O conceito de exercício físico é geralmente entendido como mais restrito, correspondendo a movimentos planeados e repetidos, que pretendem manter ou melhorar um ou mais componentes de condição física (intenção de perda de peso, saúde ou aumento da aptidão física).<sup>1</sup>

Além disso, enquanto a AF pode contribuir para a manutenção ou melhoria na saúde global e qualidade de vida entre os idosos, sabe-se que apenas certos tipos de exercício trazem benefícios profundos para os mecanismos e resultados específicos da sarcopenia. Em particular, o exercício individualizado é necessário para direcionar os componentes da capacidade física relacionada com a saúde, que incluem aptidão cardiorrespiratória, força e resistência muscular, composição corporal, flexibilidade e equilíbrio.<sup>1,10</sup>

### 2.1. Conceitos gerais para a prática de Exercício Físico

As recomendações para a AF baseiam-se em conceitos de frequência, duração, intensidade e tipo de atividade física.

A frequência corresponde ao número de vezes que um exercício ou atividade são realizados sendo expressa em sessões por semana.<sup>9</sup>

A duração é o período de tempo em que uma atividade ou exercício são executados e é habitualmente expressa em minutos.<sup>9</sup>

A intensidade refere-se à quantidade de esforço necessária para efetuar a atividade. É teoricamente classificada em equivalentes metabólicos (METs) sendo que 1 MET (consumo de oxigénio  $\pm 3,5\text{mL/kg/min}$ ) corresponde ao gasto energético quando em repouso. Desta forma as atividades podem ser classificadas em múltiplos de MET, ou seja, a atividade física moderada corresponde a 3 MET e a atividade física vigorosa corresponde a 6 MET.<sup>9</sup> Outra

forma de avaliar a intensidade é através da percentagem de 1-RM. RM é o número máximo de repetições que podem ser realizadas numa determinada intensidade de exercício e 1-RM é o peso máximo que pode ser levantado numa única vez de forma aceitável. A intensidade varia desde baixa (<60% de 1-RM), baixa/moderada (60-69% de 1-RM), moderada/alta (70-79 % de 1-RM) a alta ( $\geq$ 80% de 1-RM).<sup>11</sup>

Por ultimo, o tipo de atividade corresponde à forma como esta é realizada, podendo ser aeróbica, de força e flexibilidade.<sup>9</sup>

O exercício aeróbico é uma forma de AF estruturada caracterizada por movimentos rítmicos e repetitivos de grandes músculos, por períodos prolongados. É, portanto, qualquer AF contínua que dependa primariamente do uso de oxigênio para atender às necessidades de energia por meio do metabolismo aeróbico, e que seja estruturada e destinada a gerar melhorias na aptidão cardiorrespiratória, composição corporal e/ou saúde cardiometabólica. Como exemplos deste exercício tem-se a marcha, corrida, natação, remo ou ciclismo.<sup>12</sup>

O exercício resistido é uma forma de AF estruturada que geralmente é definida como exercício através do qual os músculos devem trabalhar contra, ou resistir à força de uma carga aplicada. O ER estruturado baseia-se no metabolismo anaeróbico para atender às necessidades de energia e é tipicamente prescrito com a intenção de melhorar a força e a resistência muscular, ou para induzir a hipertrofia do músculo-esquelético.<sup>13</sup> Pode ser considerado a principal estratégia preventiva ou de tratamento da sarcopenia.<sup>1</sup>

O treino de flexibilidade refere-se ao exercício que alonga os músculos para aumentar ou preservar a amplitude de movimento em torno de uma articulação. Os alongamentos podem ser estáticos, dinâmicos, ativos ou uma combinação.<sup>1</sup>

O treino de equilíbrio consiste em exercícios que ajudam a manter a estabilidade durante as atividades diárias, aumentando a força e potência dos membros inferiores (reduzindo risco de quedas e problemas de mobilidade).<sup>1</sup>

## **2.2. Recomendações para a prática de exercício em idosos**

Deverão ser consideradas algumas questões como preferências pessoais, histórico de exercícios, prontidão, motivação, autodisciplina e metas. O plano deve ser adaptado de acordo com condições crônicas e limitações de atividades, risco de quedas, habilidades individuais e capacidades físicas. Deve-se identificar os objetivos e tarefas específicas tendo especial cuidado como, quando e onde cada atividade será realizada. A atividade é iniciada

com duração e intensidade moderadas e só depois se progride gradualmente para minimizar o risco de lesão.<sup>1</sup>

Antes e depois da AF, são necessárias atividades de aquecimento e arrefecimento a uma velocidade mais lenta ou intensidade menor. Estes exercícios permitem um aumento ou diminuição gradual da frequência cardíaca e da respiração. Um aquecimento com atividade aeróbica geralmente consiste em intervalos curtos de movimento de baixa intensidade (por exemplo, caminhar por 5 minutos).<sup>1</sup>

As deficiências sensoriais, como a perda auditiva, podem dificultar o ensino nos idosos. Porém, a palavra não deve ser gritante (o idoso sofre de presbiacusia e não ouve sons com alta frequência) e deve ser cadenciada (o idoso requer mais tempo para a intuir). Usar recursos visuais e demonstrar exercícios são técnicas que ajudam os idosos a tornarem-se ativos.<sup>1</sup>

Muitos idosos que iniciam a atividade física temem o risco de um evento cardíaco ou lesão músculo-esquelética. Os medos podem ser amenizados com supervisão adequada. Existem algumas contraindicações absolutas, como alterações recentes no ECG, enfarte agudo do miocárdio, angina instável, arritmias descontroladas, insuficiência renal aguda e doenças não cardíacas agudas que podem ser exacerbadas pelo exercício (infecção, tirotoxicose, etc.).<sup>1</sup>

### **2.3. Vias envolvidas**

Embora os benefícios do exercício físico sobre a função e estrutura dos miócitos envelhecidos sejam conhecidos, os mecanismos celulares e moleculares subjacentes a tais efeitos ainda não estão totalmente identificados.<sup>14</sup>

A sarcopenia está associada a alterações na biologia do músculo-esquelético (Tabela III). Esses mecanismos podem ser resumidos como metabólicos, celulares, vasculares e inflamatórios.<sup>15</sup>

**Tabela III.** Mecanismos envolvidos na sarcopenia. (Adaptado de Phu *et al.*, 2015).

<b>Sarcopenia</b>	<b>Exercício</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Diminuição unidades motoras</li><li>• Inflamação crônica (IL-6, TNF-<math>\alpha</math>, PCR)</li><li>• Aumento do <i>stress</i> oxidativo</li><li>• Diminuição células satélite (número, recrutamento e reparação)</li><li>• Infiltração de gordura (dentro e entre as miofibrinas)</li><li>• Diminuição PGC1<math>\alpha</math>, PPAR<math>\delta</math>, e mFABP</li><li>• Diminuição mTOR</li><li>• Resistência à insulina</li><li>• Aumento apoptose/dano no DNA</li><li>• Diminuição compartimento mitocondrial</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento unidades motoras</li><li>• Redução/regulação inflamação</li><li>• Regulação <i>stress</i> oxidativo</li><li>• Aumento do recrutamento e reparação das células satélite</li><li>• Diminuição da infiltração de gordura e prevenção lipotoxicidade</li><li>• Aumento PGC1<math>\alpha</math>, PPAR<math>\delta</math>, e mFABP</li><li>• Aumento mTOR</li><li>• Prevenção da resistência à insulina</li><li>• Aumento compartimento mitocondrial</li></ul>

Em termos de mecanismos **celulares**, a perda de unidades motoras e a atrofia das fibras, particularmente as fibras do tipo II, são a principal causa da sarcopenia.<sup>15,16</sup>

Além disso, o aumento do conteúdo lipídico das fibras musculares é um mecanismo celular de sarcopenia que foi recentemente explorado. A fisiopatologia desse fenômeno é explicada por alterações na diferenciação de células satélite com uma diferenciação predominante em adipócitos. O efeito dessa infiltração de gordura inclui a liberação de adipocinas tóxicas e de ácidos gordos que também afetam a diferenciação e a função das células na sua vizinhança, dando-se um processo conhecido como lipotoxicidade.<sup>15</sup>

Em termos dos mecanismos **vasculares** da sarcopenia, há uma redução na densidade capilar que está associada à baixa perfusão muscular, aumento do *stress* oxidativo e disfunção mitocondrial.<sup>15</sup>

Por fim, a sarcopenia também está associada a alterações **inflamatórias**. Essas alterações estão associadas a altos níveis de proteína C-Reativa, IL-6 e TNF- $\alpha$ . Altos níveis desses marcadores inflamatórios têm sido associados à redução da massa muscular e força.<sup>15</sup>

Curiosamente, como mostrado na Tabela II, o exercício tem um efeito sobre muitos mecanismos. O exercício ativa mTOR e, assim, induz a síntese de proteína muscular e ativa as células satélite. Além disso, evidências recentes demonstraram que o exercício diminui a infiltração de gordura no músculo. Em termos de função mitocondrial, o exercício também ativa os genes mitocondriais, otimizando a produção de energia.<sup>15</sup>

Está agora claramente estabelecido que o envelhecimento está associado à produção de ROS no músculo-esquelético, que causa dano oxidativo e ativa as vias de sinalização

intracelular envolvidas na sarcopenia.<sup>17</sup> Este *stress* oxidativo ocorre devido à maior geração de espécies reativas de oxigénio e menor geração de defesas antioxidantes.<sup>9</sup> A oxidação por ROS resulta na síntese de proteínas defeituosas, lipídios oxidados e mutações de DNA mitocondrial, que podem levar à disfunção celular e mitocondrial, bem como acelerar a apoptose nas células.<sup>18</sup>

As vias de sinalização redox mais relevantes que podem ser desequilibradas por ROS excessivas são NF- $\kappa$ B, MAPKs e PGC-1 $\alpha$  e Akt/mTOR. De facto, todas as vias são ativadas pelo exercício e um dos principais mecanismos da sua ativação depende do aumento dos níveis de peróxido de hidrogénio.<sup>19</sup> Os mesmos autores concluíram que tanto níveis baixos como altos de exercício físico ajudam a manter e a melhorar as defesas antioxidantes (superóxido dismutase, glutathione peroxidase e glutathione reductase) nos idosos.

No idoso, há uma menor atividade física e menor sensibilidade da síntese proteica relacionada com a ingestão de proteínas, daí, o risco de desequilíbrio entre o anabolismo e o catabolismo das proteínas musculares.<sup>19</sup>

Após ingestão dietética, a insulina estimula a hipertrofia muscular através da secreção do fator de crescimento de insulina 1 (IGF-1) e é seguida pela ativação da via PI3K-Akt-mTOR. O IGF-1 é um fator de crescimento anabólico que pode estimular a síntese proteica e a proliferação de células satélites.<sup>19</sup>

Existem pelo menos quatro vias principais proteolíticas do músculo-esquelético da degradação das proteínas. Estas incluem o sistema ubiquitina-proteossoma, a via calpaína, a via da caspase e a via autofagia-lisossomal. Além disso, evidências recentes mostram que o exercício físico induz a autofagia com efeitos benéficos metabólicos. Nos últimos anos, a autofagia foi reconhecida por desempenhar um papel importante na remoção seletiva de organelos danificados e na degradação de proteínas mal formadas.<sup>19</sup>



### 3. Sarcopenia e Exercício

É o exercício resistido que promove a hipertrofia muscular em indivíduos jovens e adultos, e cerca de duas décadas de perda de força e massa muscular associadas à idade podem ser recuperadas em 2 meses de treino resistido. O Colégio Americano de Medicina Desportiva e a “American Heart Association” sugeriram que treinar de 70% a 90% de 1-RM (repetição máxima) durante 20 a 30 minutos em 2 ou mais dias não consecutivos por semana é a intensidade de treino apropriada para produzir ganhos em tamanho e força muscular, mesmo em idosos frágeis. Também tem sido sugerido que a manutenção dos benefícios do treino resistido em idosos é possível com apenas uma sessão de exercícios por semana.<sup>9</sup>

O exercício aeróbico é melhor do que o resistido para desenvolver a capacidade de “endurance”. No entanto, este estudo também sugere que o exercício resistido e o treino aeróbico devem ser combinados para combater as questões globais da sarcopenia na população idosa.<sup>9</sup>

Num estudo de 2016, K. Maruya *et al.* selecionou aleatoriamente um grupo de 52 indivíduos com mais de 60 anos e que preencham os critérios diagnósticos com pré-sarcopenia ou sarcopenia. Em seguida foram divididos em dois grupos, um de intervenção e outro de controlo.<sup>20</sup>

O grupo de intervenção completou seis meses de programas de exercícios em casa, combinando caminhada com exercícios resistidos nos membros inferiores. Foram avaliados no início e no final da intervenção alguns dos seguintes parâmetros: IMC, força de preensão manual, tempo de apoio numa só perna, velocidade da caminhada (confortável e máxima) e força de extensão do joelho. A função locomotora e a independência dos participantes foram avaliadas recorrendo ao questionário GLFS-25 (*25-question Geriatric Locomotive Functional Scale*). O grupo de intervenção aumentou o tempo de apoio numa perna (*single-leg standing*) de 60,5 s para 77,2 s, aumentou a força de extensão do joelho de 1,38 Nm/kg para 1,69 Nm/kg e a força de preensão de 24,8 Kg para 26,1 Kg. No grupo de controlo, a velocidade máxima de caminhada diminuiu de 2,02 m/s para 1,86 m/s e a pontuação do GLFS-25 aumentou de 2,9 para 5,1 piorando a função locomotora, aumentando a dependência.<sup>20</sup>

Os resultados mostraram um aumento significativo na força de preensão manual, no tempo de apoio numa perna e na força de extensão do joelho. Assim, um programa de exercício “relativamente simples” é suficiente para melhorar a força muscular nos idosos.<sup>20</sup>

Foram utilizados os seguintes exercícios resistidos de membros inferiores e exercícios de equilíbrio: agachamento, apoio numa perna e elevação do calcanhar. No apoio de uma

perna os participantes foram instruídos a manter a postura por um minuto, usando um leve toque na mesa ou cadeira. Para o agachamento, os participantes foram orientados a mover-se lentamente de uma postura em pé para uma postura sentado durante um período de 6 segundos e, em seguida, retornar lentamente à posição em pé, com 6 repetições por série. Os levantamentos do calcanhar foram realizados, com 20 repetições por série. Os participantes foram instruídos a completar três séries completas por dia. Para o componente de caminhada do programa, os participantes foram instruídos a andar ritmicamente, mantendo uma postura correta da cabeça e do tronco, por 20 a 30 minutos por dia. Os participantes do grupo de controle foram instruídos a manter as suas atividades diárias habituais.<sup>20</sup>

Concluindo, um programa de exercícios domiciliares de 6 meses melhorou a função física nestes indivíduos. O treino de força muscular pode melhorar a condição de sarcopenia ou pré-sarcopenia e a função física geral. Os idosos são mais propensos a preferir métodos de exercícios resistidos que sejam "fáceis de realizar", e que não exijam equipamentos especiais ou supervisão. Os exercícios domiciliares podem fornecer uma solução, já que são tipicamente simples e seguros de realizar.<sup>20</sup>

Um outro estudo de 2017 conduzido por Liao *et al.* mostrou o efeito do exercício resistido (RET) elástico na composição corporal e capacidade física em mulheres idosas com obesidade sarcopénica. Para isso um grupo experimental foi submetido a RET elástico por 12 semanas e o grupo de controle não recebeu nenhuma intervenção RET.<sup>21</sup>

A obesidade, resultante de um aumento no tecido adiposo, é considerada uma causa crítica de perda de massa muscular esquelética que leva a um ciclo de ganho contínuo de gordura. A obesidade sarcopénica resulta em mais limitações físicas do que a sarcopenia ou a obesidade isoladas.<sup>21</sup>

O referido estudo evidenciou que o exercício resistido aliviou a atrofia fenotípica da miofibra tipo II. Dentro das 12 semanas, todos os indivíduos do grupo experimental participaram em três sessões de treino semanalmente e foram supervisionados por um fisioterapeuta. Cada sessão de exercício envolveu um aquecimento geral de 10 minutos, seguido de exercícios de treino resistido (35 a 40 minutos), terminando com a realização de alongamentos. Para os exercícios utilizaram-se produtos *Theraband* (bandas elásticas) com diferentes cores, nomeadamente amarelo, vermelho, verde, azul, preto e prata, indicando o grau de elasticidade e o aumento do nível de resistência, respetivamente.<sup>21</sup>

Foi avaliada a composição corporal por DXA, força muscular através da força de preensão, qualidade muscular (através do cálculo de divisão da força de preensão manual pela massa

magra do braço) e desempenho/performance física através de testes como por exemplo: apoio numa só perna; velocidade de marcha e *Timed "Get Up and Go" test*.<sup>21</sup>

O RET elástico exerceu benefícios sobre a composição corporal, qualidade muscular e desempenho físico em pacientes com obesidade sarcopénica. Comparando com o grupo controlo, o grupo experimental relevou um aumento da massa magra e diminuição da massa gorda. A performance física também mostrou melhorias em todos os testes realizados.<sup>21</sup>

Em termos de frequência, um programa de exercícios regulares deve envolver pelo menos três sessões por semana com duração mínima de 30 minutos por pelo menos 6 meses. Para os exercícios resistidos, a recomendação é de 8 a 10 exercícios visando diferentes grupos musculares, com 8 e 12 repetições, realizadas duas vezes por semana em dias não consecutivos. Finalmente, os exercícios de equilíbrio são eficazes em doentes com instabilidade postural, o que é uma situação comum na sarcopenia.<sup>21</sup>

Um estudo de 2016 conduzido por Stoeber *et al.* revela também a influência do exercício resistido nos indivíduos obesos com sarcopenia. Os participantes eram fisicamente inativos, adultos com mais de 65 anos e obesos, IMC > 30 kg/m<sup>2</sup>. A intervenção consistiu em exercícios resistidos progressivos, realizados duas vezes por semana durante 16 semanas, aumentando para 80% a 85% da força máxima com 3 séries de 8 a 12 repetições. Estes indivíduos foram divididos em 2 grupos SAR (com sarcopenia) e NSAR (sem sarcopenia ou com pré-sarcopenia).<sup>22</sup>

Após o treino, os participantes do grupo SAR foram capazes de aumentar significativamente o seu desempenho na força de preensão manual em 9%, na velocidade de marcha em 5%, na pontuação do SPPB em 13% e na pontuação do PPT\* modificado em 11%. Os participantes do grupo NSAR também foram capazes de melhorar o seu desempenho, os dois testes de função física após o treino aumentaram 10% na pontuação SPPB e 7% na PPT modificado.<sup>22</sup>

\*PPT (*Physical Performance Test*) modificado: inclui 9 tarefas (caminhada, vestir e despir um casaco, pegar numa moeda, levantar uma cadeira, levantar um livro, subir escadas, rodar 360° e testar o equilíbrio). A pontuação de cada tarefa varia de 0 a 4. Sendo a pontuação máxima de 36. Os participantes têm uma fragilidade leve a moderada se obtiverem uma pontuação entre 18 e 32.

Concluindo, os participantes de ambos os grupos melhoraram o seu desempenho físico em vários parâmetros após o treino. Os resultados também mostraram que idosos obesos com sarcopenia foram beneficiados pelo exercício resistido. O aumento da função muscular pode ajudá-los a ter uma vida com independência funcional, e a reduzir o risco de incapacitação e quedas.<sup>22</sup> Uma sessão consistiu num aquecimento durante 10 minutos na bicicleta. Seguiu-se de 7 exercícios para os principais grupos musculares (extensores e flexores dos

membros, músculos peitorais, adutores e abdutores da coxa, abdominais e músculos do dorso). Para o pós-treino, os participantes completaram cerca de 5 minutos na bicicleta ergométrica.<sup>22</sup>

Uma recente revisão sistemática (de 2017) realizada por Marzetti *et al.* caracterizou as associações entre atividade física, exercício, fragilidade e sarcopenia. As intervenções com exercício resistido por si só aumentaram a massa muscular em dois de quatro estudos e a força muscular em três.<sup>12</sup>

Goodpaster *et al.* comparou os efeitos de uma combinação de programas de exercícios (aeróbico, resistido, flexibilidade e treino de equilíbrio) com um programa educacional de envelhecimento saudável em 42 sedentários. Após 12 meses, os participantes do grupo do programa educacional apresentaram uma diminuição significativa de força muscular que foi completamente prevenida pelo programa de exercícios. Além disso, um aumento na infiltração de gordura muscular foi documentado no grupo controle, mas não no de intervenção ativa.<sup>12</sup>

Fielding *et al.* avaliou dois programas de exercícios diferentes em mulheres idosas frágeis com incapacidade física referida (30 participantes com média de idade de 73 anos). Quinze participantes foram selecionados aleatoriamente para um programa de exercício resistido de alta velocidade de 16 semanas, enquanto os restantes inscritos foram atribuídos para 16 semanas de treino resistido tradicional de baixa velocidade. Observou-se que há um maior aumento da força muscular dos membros inferiores no grupo de alta intensidade, apesar de também se verificar um aumento da força muscular nos dois grupos.<sup>12</sup>

Campbell *et al.* examinou 29 pessoas sedentárias e selecionou-as aleatoriamente para três intervenções diferentes durante 14 semanas: um grupo que foi sujeito a exercícios resistidos apenas nos membros inferiores, outro com os mesmos exercícios mas em todo o corpo e um grupo de controle sedentário. Os dois programas de exercício aumentaram a força muscular e a área da coxa. A falta de diferença na resposta entre os grupos que praticaram exercício resistido sugere que o número de grupos musculares treinados não influenciou a hipertrofia muscular induzida pelo exercício.<sup>12</sup>

Marques *et al.* demonstrou que um programa de treino com exercícios de sustentação de peso por 8 meses diminuiu a massa gorda e aumentou a força muscular, melhorou o equilíbrio postural e também aumentou a densidade mineral óssea numa amostra de 60 mulheres com idade entre os 60 e os 95 anos. Assim, essa intervenção foi eficaz na melhoria dos potenciais fatores de risco para quedas e fraturas relacionadas.<sup>12</sup>

Outro estudo de 2017, de título SPRINTT, inclui um programa de atividade física com exercícios aeróbicos, de força, flexibilidade e equilíbrio. É um ensaio clínico de fase 3 que envolve 1500 idosos com sarcopenia, seguidos durante 36 meses.

Usando a escala de Borg (que varia de 6 a 20), os participantes são solicitados a caminhar numa intensidade de 13 (percepção da atividade “um pouco difícil”). O ritmo de caminhada é o principal modo de atividade no SPRINTT e é promovido em intensidade moderada. Os exercícios de força nos membros inferiores são realizados a uma intensidade de 15 a 16 (difícil). O programa de atividade física consiste em sessões de exercício em grupo duas vezes por semana e uma progressão da atividade física domiciliar para 3 a 4 vezes por semana.<sup>23</sup> O treino de força concentra-se principalmente em cinco exercícios de extremidade inferior (Tabela IV). Pesos ajustáveis do tornozelo foram fornecidos a todos os participantes. O objetivo é incluir três sessões de treino de força (intensidade 15-16) durante a intervenção. Cada exercício de força inclui dois conjuntos de dez repetições cada, com 1 min de descanso entre eles.<sup>12</sup>

**Tabela IV.** Exercícios no SPRINTT (parte inferior do corpo). (Adaptado Marzetti *et al.*, 2017).

<b>Exercício</b>	<b>Modo execução</b>
<b>Grupo 1</b> Agachamento	O participante fica como se estivesse sentado numa cadeira, baixa-se, pode fazer uma pausa para respirar e, de seguida, levanta-se lentamente, centrando o apoio nos calcanhares.
<b>Grupo 2</b> (com peso nos tornozelos) Flexão da perna  Extensão da Anca  Flexão da Anca	O participante está atrás de uma cadeira, levanta o pé em direção à face posterior da coxa até formar um ângulo de 90° (2 séries de 10 repetições para cada perna).  O participante fica atrás de uma cadeira com as mãos apoiadas nela. Levanta lentamente uma perna para trás sem dobrar o joelho e mantém a posição por 1 segundo (2 séries de 10 repetições para cada perna).  O participante fica na mesma posição que o exercício de extensão da anca. Flete lentamente o joelho em direção ao tórax, sem dobrar a cintura e mantém a posição por 1 segundo (2 séries de 10 repetições para cada perna).
<b>Grupo 3</b> (com pesos nos tornozelos) Extensão da perna	O participante deve estar sentado numa cadeira. Levanta uma perna até que esteja totalmente estendida (2 séries de 10 repetições para cada perna).
<b>Grupo 4</b> Elevação lateral da Anca  Círculos com a perna	O participante fica em pé com os pés juntos e as mãos apoiadas numa cadeira por exemplo. O participante levanta uma perna para o lado até que o pé esteja a 15–20 cm do chão (2 séries de 10 repetições para cada perna).  Semelhante ao anterior mas faz grandes círculos no sentido horário, mantendo o pé levantado e a perna estendida (5 a 10 círculos para cada perna).
<b>Grupo 5</b> Apoio nas pontas do pé	O participante fica em pé com os pés juntos e as mãos apoiadas numa cadeira. O participante levanta lentamente o corpo o mais alto possível com as pontas dos pés (2 séries de 10 repetições).

Os exercícios da parte superior do corpo são incorporados no final da sessão (Tabela V). A cada mês, um exercício na parte superior do corpo é escolhido pelo treinador e realizado no final da sessão de grupo.<sup>12</sup>

De facto, estudos mais recentes recomendam que pessoas de todas as idades incluam um mínimo de 30 minutos de atividade física de intensidade moderada (como caminhada rápida) na maioria ou em todos os dias da semana. O SPRINTT será o maior e mais longo ensaio realizado na Europa e espera-se que os resultados promovam avanços significativos no tratamento de idosos com sarcopenia.<sup>23</sup>

**Tabela V.** Exercícios no SPRINTT (parte superior do corpo). (Adaptado Marzetti *et al.*, 2017).

<b>Exercício</b>	<b>Modo execução</b>
Exercício 1: <i>Wall push-up</i>	O participante está em posição ortostática, de frente para a parede, aproximadamente a 60 cm de distância. Coloca as palmas das mãos na parede, inclinando-se em direção a esta, mantendo os cotovelos para dentro durante 1 segundo. Em seguida, retorna à posição inicial (10 repetições).
Exercício 2: Flexão bíceps	O participante fica em pé ou sentado, segurando num peso em cada mão, com a palma virada para a frente. Mantendo a mão e antebraço reto, o participante levanta o antebraço em direção ao peito e mantém essa posição por 1 segundo. Em seguida, volta à posição inicial (10 repetições).
Exercício 3: <i>Arm Raise</i>	O participante, em pé, segura num peso em cada mão. Levanta ambos os braços para a frente em posição "Y" com os polegares voltados para cima. Após manter essa posição por 1 segundo, retorna à posição inicial (10 repetições).
Exercício 4: Extensão tríceps	O participante senta-se numa cadeira com braços. Agarra os braços da cadeira com cada mão e exerce força na cadeira, levantando-se. Após manter essa posição por 1 segundo, o participante retorna à posição inicial (10 repetições).
Exercício 5: <i>Triceps kickback</i>	O participante segura um peso em cada mão, traz o braço para trás, lentamente, passando pela anca, mantendo o cotovelo esticado. Após manter essa posição por 1 s, o participante retorna à posição inicial (10 repetições).
Exercício 6: Apertar a bola de ténis	O participante senta-se e segura uma bola de ténis numa mão. Aperta suavemente a bola de ténis e mantém a posição por 5 segundos (10 repetições).
Exercício 7: Alongamento cervical	O participante senta-se numa cadeira, vira a cabeça lentamente para a direita, e depois para esquerda, tanto quanto é confortável. Deve manter a posição por 1 segundo pelo menos em cada lado (5 repetições).

Outro estudo realizado por Mijnders *et al.*, analisou a relação entre atividade física e incidência de sarcopenia. A proporção de incidência de sarcopenia em 5 anos foi de 14,8% nos indivíduos menos ativos e 9,0% nos indivíduos mais ativos.<sup>24</sup>

Yu *et al.* também constatou que níveis mais baixos de atividade física estavam associados a maior incidência de sarcopenia, embora a atividade física não estivesse associada à reversibilidade da sarcopenia.<sup>24</sup>

Murphy *et al.* no seu estudo longitudinal mostrou que uma maior atividade física habitual (avaliada como o número de passos realizados por dia e a duração diária do exercício de intensidade moderada-vigorosa) diminuiu o risco de desenvolver sarcopenia.<sup>24</sup>

Em contraste, num estudo de Volpato *et al.* não foi encontrada associação entre atividade física e sarcopenia. Isto pode ser explicado pelo método usado para avaliar a massa muscular, ou seja, a impedância bioelétrica, que pode ter levado a uma estimativa elevada da massa muscular e, assim, levar a resultados alterados.<sup>24</sup>

Um estudo de 2016 conduzido por P. Rodriguez *et al.* analisou a relação entre os testes de função e volume muscular nos participantes do sexo masculino e feminino, mostrando que a atividade física protege os homens e não as mulheres do desenvolvimento da sarcopenia.<sup>3</sup>

Este estudo foi conduzido com indivíduos saudáveis (50 homens e 47 mulheres) entre as idades de 20 e 94 anos. O grupo de estudo dividiu-se em idosos ativos, jovens sedentários e jovens atletas. O volume muscular foi determinado por tomografia e a função muscular por testes como 4 metros de marcha (mede o tempo gasto para andar 4 metros a passo normal), teste da cadeira (onde o participante se senta e levanta 5 vezes com os braços cruzados ao peito) e teste de preensão manual. Uma análise de correlação entre os grupos foi realizada.<sup>3</sup>

Demonstrou-se que diferenças relacionadas com o sexo foram observadas entre as variáveis. Nos homens, o volume muscular e os parâmetros funcionais estavam intimamente relacionados com a idade e a atividade física, enquanto no sexo feminino, esses valores não estavam relacionados de forma alguma. O maior aumento do volume muscular nos indivíduos do sexo masculino pertenceu aos jovens atletas. Os resultados suportam a importância do exercício físico para manter o volume muscular. Menor volume muscular conduz à diminuição da força muscular. Os testes de desempenho muscular mostraram resultados como seriam de esperar entre idosos e atletas e não encontraram diferenças entre idosos ativos e jovens sedentários.<sup>3</sup>

No sexo feminino, a diferença no volume muscular nos 3 grupos (p-valor significativo) foi observada. A AF não tem o mesmo impacto para o sexo feminino como para o masculino. A força muscular apenas mostrou diferenças no grupo atlético (a força do idoso ativo e do jovem sedentário foram similares). Isto mostrou que o volume muscular não tem efeito direto

na força muscular. O volume muscular e força são independentes da atividade física. Já os testes de desempenho não revelaram diferenças.<sup>3</sup>

Embora as mulheres apresentem perda muscular e diferenças significativas no volume mantêm um bom desempenho muscular e funcional durante as suas vidas. Esse fenômeno poderia explicar o melhor desempenho e longevidade da população feminina. A perda muscular é mais rápida em homens que em mulheres, mediada principalmente por fatores hormonais.<sup>3</sup> Estas diferenças observadas entre os sexos são alvo de estudos futuros e sabe-se que alguns testes usados para avaliar o desempenho muscular não são totalmente confiáveis. Concluindo, o volume e o desempenho muscular masculino e feminino demonstram fortes diferenças, que devem ser consideradas durante as avaliações clínicas da sarcopenia.<sup>3</sup>

As *guidelines* atuais afirmam que a inatividade física ou a diminuição do nível de atividade física fazem parte dos mecanismos subjacentes da sarcopenia e, portanto, a atividade física pode ser vista como um fator importante para reverter ou modificar o desenvolvimento da sarcopenia.<sup>13</sup>

Noutro estudo, Freiburger *et al.* revelou que a maioria dos benefícios para a saúde ocorreu com pelo menos 150 minutos por semana (2h e 30 min) de AF de intensidade moderada a vigorosa, como caminhada rápida, e são recomendados tanto exercícios aeróbicos como de força (Tabela VI).<sup>10</sup>

**Tabela VI.** Recomendações para a prática de atividade física nos idosos. (Adaptado de Chodzko-Zajko *et al.*, 2009).

	<b>Frequência</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Duração</b>	<b>Tipo</b>
<b>Exercício Aeróbico</b>	Para atividades de intensidade moderada, perfazer 150-300 min por semana. Para atividades de intensidade vigorosa perfazer 75-150 min por semana.	Numa escala de 0 a 10, 5-6 para intensidade moderada e 7-8 para intensidade vigorosa.	Para atividades moderadas mínimo 30 min por dia e 20 min para atividades vigorosas.	Caminhadas, natação e bicicleta por exemplo.
<b>Força</b>	No mínimo 2 dias por semana.	Entre intensidade moderada (5-6) e vigorosa (7-8).		Treino de força progressivo com 8-10 exercícios envolvendo os principais grupos musculares de 8-12 repetições cada.
<b>Flexibilidade</b>	No mínimo 2 min por dia.	Intensidade moderada (5-6)		Qualquer atividade que mantenha ou aumente a flexibilidade (alongamentos).
<b>Equilíbrio</b>	Não há recomendações específicas			



Outra revisão sistemática de 2017 confirma a influência benéfica da AF na prevenção da sarcopenia. A OR foi calculada através do efeito da AF na sarcopenia. Uma OR menor que 1 favorece a AF, indicando que diminui o risco de desenvolver sarcopenia, e uma OR maior que 1 sugere que a AF aumenta esse risco.<sup>25</sup>

Para os homens (IC de 95% e n=3,881) OR de 0,46 (0,37-0,58) e para as mulheres (n = 6.234) OR de 0,65 (0,52-0,81), indicou que a AF reduziu a probabilidade dos homens e das mulheres desenvolverem sarcopenia. Ao juntar homens e mulheres em 9 estudos, apresentou uma maior estimativa com OR (IC 95%) de 0,45 (0,37 a 0,55) que mostrou resultados semelhantes.<sup>25</sup>

No estudo de 2017 que se segue Law *et al.* reconheceu o papel que o treino, com exercícios resistidos progressivos, pode ter no aumento da força muscular, tamanho muscular e capacidade funcional em idosos. O RET progressivo de alta intensidade, vulgarmente chamado de “treino de força” é uma das estratégias intervencionistas mais eficazes para aumentar o tamanho e a força muscular em idosos.<sup>13</sup>

Relativamente à frequência, dois a quatro dias por semana são habitualmente recomendados, sendo normalmente realizado em dias alternados. Em geral, a maioria das sessões devem ter a duração de 30 minutos a uma hora. Em relação ao intervalo de descanso estabelecido, o Colégio Americano de Medicina Desportiva recomenda atualmente intervalos de 1 a 2 min para programas de treino destinados a estimular a hipertrofia muscular.<sup>13</sup>

Os exercícios são comumente classificados como multi-articulares ou uni-articulares. Os exercícios multi-articulares são aqueles em que mais de uma articulação está envolvida no exercício, como *chest press* (treino peitoral) e *leg press* (flexão da perna). Exercícios uni-articulares são aqueles em que apenas uma articulação está envolvida, como por exemplo extensão da perna ou flexão do braço. Para os idosos, exercícios multi-articulares devem ser preferidos. Adicionalmente, máquinas de exercício resistido são recomendadas para o idoso principiante relativamente aos pesos livres (halteres), pois as restrições de movimento das máquinas proporcionam maior segurança ao usuário.<sup>13</sup>

Os exercícios específicos a serem executados podem ser altamente variáveis dependendo da disponibilidade de equipamentos, mas um programa de RET completo deve incluir exercícios que envolvam todos os “principais grupos musculares”. Esses grupos musculares são usualmente definidos como peitorais, costas, braços, ombros, coxas (quadríceps, isquiotibiais e glúteos) e pernas. Exemplos de exercícios diferentes para cada um desses principais grupos musculares são fornecidos em Anexo I.<sup>13</sup>

Recomenda-se que um indivíduo comece com um período de familiarização de uma a duas semanas em que um conjunto de cada exercício seja realizado com segurança. Em seguida, dependendo da necessidade individual, a progressão até três séries na fase inicial é razoável quando considerada apropriada.<sup>13</sup>

Numerosos estudos já mostraram que o RET de alta intensidade (por exemplo, 80 % de 1-RM) é tolerado nos idosos. Assim, sugerimos que a intensidade RET deva ir progredindo para "alta intensidade", conforme permitido. No entanto, intensidades de 65% a 75% do máximo também aumentam a força muscular, e devem ser utilizadas como tentativa de diminuir o risco de lesão músculo-esquelética (Willoughby, 2015). O número de repetições que se deve realizar está inversamente relacionado com a intensidade do exercício, ou seja, quanto maior a intensidade, menos repetições devem ser realizadas. Se um indivíduo está a fazer exercício a 60% da sua força máxima, provavelmente será capaz de executar entre 18 e 32 repetições até à "falha" usando pesos livres. A 80% da força máxima do indivíduo, o número de repetições até à "falha" é geralmente entre 8 e 15 e, em 90%, é de 4 a 12 repetições.<sup>13</sup> A progressão deve ser um processo gradual com ajustes feitos mensalmente. É importante que o profissional de exercício esteja ciente das limitações médicas dos pacientes.

Nos Anexos II-V, apresenta-se um exemplo de programa RET progressivo. Este programa é projetado para um idoso, sem quaisquer contra-indicações. A progressão pode ser variada (acelerada ou retardada) dependendo da adaptação individual. Há certamente indivíduos que não poderão executar o tipo de programa RET conforme descrito devido ao acesso limitado a equipamentos de ginásio. Os exercícios que são sugeridos nos Anexos II-V também podem ser adaptados para o domicílio com apenas alguns halteres, utensílios domésticos (por exemplo, garrafas de água) e fitas elásticas.<sup>13</sup>

Conclui-se com este estudo que um programa de treino de exercício resistido progressivo bem planeado exerce efeitos positivos nos sistemas nervoso e muscular e, em última instância, resulta em profundo aumento na massa e na força muscular. Consequentemente, este treino deve ser considerado uma estratégia de tratamento de primeira linha para a prevenção da sarcopenia.<sup>13</sup>

Na revisão sistemática realizada por Manal A. Naseeb e Stella L. Volpe é resumido o papel do exercício na prevenção da sarcopenia:

Leenders *et al.* comparou o efeito de 6 meses de exercício resistido, 3 vezes por semana, em mulheres saudáveis (n=24) e homens (n=24) com 70 anos ou mais. O treino consistiu num aquecimento de 5 minutos na bicicleta, seguido por 4 séries de exercícios de flexão e extensão das pernas. Além disso, três séries foram realizadas incluindo exercícios de

peitoral, costas, ombro, bicípites, tricípites e abdominais. Isto foi seguido por um período de arrefecimento de 5 minutos na bicicleta. O exercício resistido preveniu a perda de massa muscular e aumentou a força muscular com a idade em homens e mulheres.<sup>26</sup>

Fragala *et al.* examinou se o índice de qualidade muscular mudaria em resposta ao treino e ao destreino. O estudo teve a duração de 6 semanas, o exercício aplicado era resistido com a frequência de 2 vezes por semana e duração de 1-1.5h. O exercício resistido em 6 semanas nos idosos aumentou a qualidade muscular em 22%. Relativamente ao destreino não houve alterações.<sup>26</sup>

Liu *et al.* relatou a vantagem das intervenções da AF no desempenho físico em idosos com sarcopenia. A atividade física incluía exercício aeróbico, de força, equilíbrio e flexibilidade por 12-18 meses.<sup>26</sup>

Zampieri *et al.* comparou a estrutura e a função muscular em 3 grupos: idoso bem treinado (praticando regularmente exercício mais de 3 vezes por semana); idoso sedentário saudável (realizou apenas atividades diárias de rotina); jovem (praticando exercício regularmente 3 a 5 vezes por semana). A atividade física regular atenuou a perda de estrutura e função muscular relacionada à idade.<sup>26</sup>

Crane *et al.* investigou os efeitos a longo prazo do exercício aeróbico sobre a força muscular em 3 grupos etários, 20 a 39 anos, 40 a 64 anos e 65 a 86 anos. Concluindo que o exercício aeróbico a longo prazo diminuiu a redução da força muscular relacionada à idade ( $p < 0,05$ ).<sup>26</sup>

#### 4. Exercício e Nutrição - Efeito sinérgico

Como destacado por Cruz-Jentoft *et al.*, avaliar o possível efeito sinérgico do exercício com a suplementação nutricional/proteica sobre as propriedades musculares é uma tarefa desafiadora.

O desequilíbrio entre a síntese de proteínas e a sua degradação é um dos principais problemas. A síntese de proteína muscular é regulada por vários estímulos anabólicos, incluindo atividade física e ingestão de alimentos. Os aminoácidos essenciais são os “inputs” nutricionais mais importantes para a síntese de proteínas. A este respeito, a leucina é considerada o principal regulador nutricional do anabolismo proteico muscular, devido à sua capacidade de estimular a via mTOR e inibir o proteossoma.<sup>27</sup> Elevadas doses de aminoácidos (10 a 15 g com o mínimo de 3 g de leucina) são suficientes para induzir uma resposta proteica anabólica. Portanto, é recomendado que pessoas mais velhas consumam fontes de proteína com maiores proporções de aminoácidos, tais como carne magra e outros alimentos ricos em leucina (por exemplo, soja, amendoim, feijão e lentilhas).<sup>28</sup>

Recentemente, artigos consensuais e de opinião, bem como ensaios clínicos de pequena escala, mostraram que a ingestão proteica acima do valor diário recomendado (0,8 g/kg/dia) pode ser solicitada para manter a saúde muscular no final da vida. Portanto, parece apropriado promover o consumo de proteína de 1,0 a 1,2 g/kg/dia, enquanto que 1,2 a 1,5 g/kg/dia de proteína podem ser necessários em idosos com doenças agudas ou crônicas. Pessoas mais velhas com doenças graves ou em desnutrição podem precisar de até 2,0 g/kg/dia de proteína.<sup>28</sup>

Acredita-se que a ativação e o recrutamento de células satélites representem uma importante adaptação ao exercício. A ativação é influenciada por vários fatores, incluindo idade, estado nutricional, tipo e intensidade do exercício físico.<sup>28</sup>

Tieland *et al.* mostrou que a suplementação proteica durante 24 semanas combinada com exercício resistido aumentou a massa muscular, a força e o desempenho físico em idosos frágeis. A combinação de proteína e exercício permitiu maiores ganhos de massa muscular em relação ao exercício sozinho.<sup>13</sup>

O estado nutricional deficiente, representado principalmente pela baixa ingestão de cálcio e proteína e baixos níveis de vitamina D, é comumente encontrado em idosos frágeis com sarcopenia.

Em termos do efeito da suplementação proteica e do exercício físico sobre a perda muscular, há crescentes evidências biológicas e clínicas mostrando que essas intervenções

poderiam ter um efeito benéfico aditivo. A intervenção nutricional (incluindo proteína na dieta +/- suplementos proteicos) fornece uma importante estratégia terapêutica para aumentar o número de células satélite e melhorar a sua função.<sup>15</sup>

No entanto, uma questão que permanece sem solução é o momento ideal de consumo de proteína em relação ao exercício. Considerando que o melhor benefício anabólico do exercício ocorre dentro de 60 minutos após o exercício, é durante esse período de tempo pós-exercício que os pacientes devem consumir os seus suplementos proteicos, o que se espera que aumente a disponibilidade dos aminoácidos necessários durante o processo anabólico.<sup>15</sup>

Em vários estudos (Fielding *et al*; Campbell *et al*; Paillard *et al*; Goodpaster *et al*.) foi investigado que a suplementação de 24 semanas com 15g de proteína láctea duas vezes ao dia melhorou a força muscular e o desempenho físico, mas não aumentou a massa muscular. Pelo contrário, uma suplementação proteica similar aumentou a massa muscular quando combinada com exercícios resistidos (força).<sup>29</sup>

O seguinte estudo de Mason *et al*. tem como objetivo investigar o efeito de 12 meses de dieta e/ou exercício aeróbico na massa magra em mulheres na pós-menopausa. Foram selecionadas aleatoriamente 439 mulheres, na pós-menopausa com excesso de peso e obesas, distribuídas em 4 grupos: modificações na dieta (n=118); prática de exercício (n=117), modificações na dieta adicionando a prática de exercício (n=117), e um grupo controlo (n=87). A intervenção na dieta foi um programa com uma meta de 10% de perda de peso. A intervenção do exercício foi de 45 minutos por dia, 5 dias por semana de atividade aeróbica de intensidade moderada a vigorosa. A massa magra foi quantificada por DXA no início do estudo e após 12 meses. Um índice de massa muscular esquelética (SMI) e a prevalência de sarcopenia (SMI<5,67 kg/m<sup>2</sup>) foram calculados.<sup>30</sup>

Neste estudo de mulheres pós-menopáusicas com excesso de peso e obesas, 12 meses de exercício aeróbico resultaram num aumento pequeno, mas significativo, da massa magra e do SMI, em comparação com o controlo. Em contrapartida, 12 meses de perda de peso através da dieta (sem exercício) resultaram numa redução significativa na massa magra e SMI. A combinação de perda de peso dietética + exercício atenuou a perda de massa magra e SMI comparado à dieta isolada.<sup>30</sup>

Para Bosaeus, a dose de vitamina D recomendada para adultos é de 20 µg/d (superior a 5-10 µg do recomendado para a população adulta jovem) e um tecido alvo importante é o músculo. Tem sido demonstrado que menores níveis de 25-hidroxivitamina D e níveis mais elevados de hormona paratiroide estão associados a risco de sarcopenia em idosos.<sup>31</sup>

A proteína é necessária para a síntese de massa magra, para processos metabólicos e, também, para evitar condições inflamatórias e catabólicas associadas a doenças crónicas e agudas que ocorrem com o envelhecimento. Uma recente revisão sistemática sugere uma ingestão segura de pelo menos 1,2-1,5 g proteína/kg de peso corporal/d.<sup>31</sup>

A *whey protein* (proteína de soro) é considerada como tendo vantagens visto que consumir uma quantidade adequada de proteínas de alta qualidade a cada refeição, em combinação com a atividade física, previne o aparecimento ou retarda a progressão da sarcopenia. Três recomendações que representam uma estratégia promissora para prevenir ou retardar o início da sarcopenia estão representadas na Tabela VII.<sup>31</sup>

**Tabela VII.** Recomendações para prevenir ou retardar o início da sarcopenia. (Adaptado Bosaeus *et al.*, 2016).

Consumir habitualmente de 25 a 30 g de proteína ao pequeno-almoço, almoço e jantar.
Incluir uma variedade de proteínas de alta qualidade em cada refeição.
Realizar atividade física próxima a uma refeição rica em proteína.

Num outro estudo de 2013, um grupo de 53 idosos, homens e mulheres, saudáveis foram suplementados com 15 g de proteína diária ou com um placebo, durante 6 meses de treino com exercícios de força intensa. Como especulado, observou-se um maior benefício da suplementação proteica no aumento da massa corporal magra após 6 meses de exercício físico resistido ( $\pm 0,3$  kg comparado com a condição placebo).<sup>32</sup> De facto, não se observou aumento da massa corporal magra no grupo placebo, apesar do tipo de exercício resistido ser uma intervenção bem conhecida para aumentar a massa magra em idosos saudáveis.<sup>32</sup>

Dois estudos examinaram os efeitos da suplementação de creatina combinada com o exercício físico sobre o músculo. Estes estudos diferem na duração, sendo um de 14 semanas e outro de 6 meses. A dose de creatina mono-hidratada incluída nos suplementos diários foi a mesma (5 g) em ambos os estudos, contudo no estudo de suplementação de 6 meses o suplemento também continha ácido linoleico conjugado (6 g). Ambos os estudos mediram a força muscular e o desempenho físico.<sup>33</sup>

No geral, houve uma melhoria/aumento dos parâmetros avaliados nos participantes suplementados com creatina em relação ao grupo placebo. A suplementação com ácido linoleico conjugado (estudo de 6 meses) aumentou ainda mais a força de extensão no joelho nos indivíduos que foram suplementados.<sup>33</sup>

A descoberta de maiores benefícios do exercício físico quando combinado com a suplementação dietética em alguns ensaios destaca o seu potencial como uma estratégia para a prevenção e tratamento da sarcopenia. No entanto, a evidência existente é baseada em populações que diferem em idade, fragilidade e estado nutricional e os achados são inconsistentes.<sup>33</sup>

Na revisão sistemática realizada por Manal A. Naseeb e Stella L. Volpe é também resumido o papel da suplementação proteica associada ao exercício na sarcopenia. Esta revisão sistemática resumiu os resultados de 20 artigos publicados nos últimos 5 anos.

Tieland *et al.* (2012) descobriu que a massa corporal magra aumentou de 42,2 kg para 48,5 kg no grupo com suplementação de proteínas em comparação com o grupo placebo. A suplementação proteica dietética de 1,4 g/kg/d é segura e resultou num ganho de massa muscular durante o exercício físico sem declínio da função renal (suplementação proteica 15 g por dia com exercício resistido, 2 vezes por semana, durante 24 semanas).<sup>26</sup>

Daly *et al.* (2014) relatou que a combinação de uma dieta rica em proteínas (1,3 g/kg/d) com exercício resistido reduziu significativamente as concentrações de interleucina-6 circulante, aumentou a massa corporal magra (0,45 kg;  $p < 0,05$ ), aumentou a força muscular (0,34 kg;  $p < 0,05$ ), diminuiu a massa gorda e a percentagem de gordura corporal em mulheres idosas.<sup>34</sup>

Aguiar *et al.* (2013) referiu que o desempenho funcional total do corpo, força muscular, massa magra e massa muscular revelaram um aumento significativo com a suplementação de creatina e exercício resistido ( $p < 0,05$ ).<sup>26</sup>

Gualano *et al.* (2014) relatou que a suplementação de creatina com RT melhorou a massa magra apendicular em 1,31% ( $p < 0,05$ ) e a força e função muscular em 19,9%.<sup>26</sup>

Os artigos mencionaram os efeitos da suplementação com proteínas ou aminoácidos e exercício físico sobre as alterações musculares relacionadas à idade na população idosa. Com base nesta revisão, parece que o aumento da ingestão de proteína na dieta ou suplementação de proteína aumenta a massa muscular, diminui a taxa de perda muscular, estimula a síntese de proteína e melhora o desempenho físico. Uma ingestão diária de proteína de 1,3 a 1,4 g/kg/d é considerada segura e eficaz para um idoso saudável. Além disso, o exercício aeróbico a longo prazo atenua a redução da força muscular relacionada à

idade. Já o exercício resistido, combinado com proteína dietética ou suplementação de aminoácidos ou proteínas, representa uma estratégia eficaz para melhorar a força muscular, a massa muscular, o desempenho físico e atenuar as alterações musculares relacionadas à idade na população idosa.<sup>26</sup>

Os estudos incluídos têm várias limitações que devem ser consideradas. Por exemplo, a definição de sarcopenia variou entre eles e alguns destes estudos usaram a BIA para medir a composição corporal e a massa muscular, o que não é tão preciso quanto outros métodos, como o DXA.<sup>26,35</sup>



## Conclusão

É possível concluir que a intervenção mais eficaz na prevenção da sarcopenia, do seu desenvolvimento, e da redução das suas consequências é o exercício físico. O exercício também tem efeitos positivos noutros sistemas, nomeadamente metabólico e cardiovascular. Além disso, o exercício melhora a qualidade de vida, a saúde psicológica e está associado a melhor saúde mental e integração social, melhora a ansiedade, a depressão e a autoeficácia em idosos.

A inatividade física está claramente ligada a perdas de massa e força muscular, e níveis crescentes de atividade física têm efeitos protetores.

Quatro tipos de exercício físico são recomendados nos idosos para prevenir a sarcopenia: o exercício aeróbico, exercício resistido, treino de flexibilidade e equilíbrio.<sup>17</sup> O treino com exercícios resistidos é o mais eficaz no aumento da massa e força muscular, enquanto o exercício aeróbico é superior para manter e melhorar a potência aeróbica máxima. Além disso, o exercício acompanhado de uma ingestão alimentar adequada e combinado com uma dieta proteica representa a estratégia mais eficaz.

O estudo mais apropriado para um programa de treino resistido para tratar ou prevenir a sarcopenia e prevenir a diminuição da função física e a incapacidade de mobilidade em idosos continua a não estar definido, portanto, mais estudos de alta qualidade são necessários.

Dada a elevada prevalência desta patologia no idoso, o exercício físico assume nos dias de hoje um papel relevante. É fundamental que o médico, consciente desta importância, tenha um papel ativo na promoção e prescrição do exercício.

O exercício é uma solução simples, barata, prontamente acessível e eficaz. Uma ou duas vezes por semana o treino dos principais grupos musculares em intensidade moderada é suficiente para mostrar melhoria.<sup>7</sup>

## **Agradecimentos**

Agradeço ao meu orientador Professor Manuel Veríssimo, pelo seu profissionalismo, apoio e orientação ao longo da elaboração deste trabalho.

Ao Doutor José Eduardo Mateus, meu coorientador, pela ajuda e revisão científica do presente trabalho.

Aos meus pais e irmãos por incansavelmente me acompanharem em todos os momentos.

Aos meus amigos e colegas pelo apoio ao longo da minha vida académica.

## Bibliografia

1. Cruz-Jentoft AJ, Morley JE. Sarcopenia. 1st ed. Chichester, UK: Wiley-Blackwell; 2012. 257–267 p.
2. Miyazaki R, Takeshima T, Kotani K. Exercise Intervention for Anti-Sarcopenia in Community-Dwelling Older People. *J Clin Med Res.* 2016;8(12):848–53.
3. Rivera J de J, Fonseca-Sanchez MA, Rodriguez P, Garcia JM, Palma I, Aristi G, et al. Physical Activity Protects Men but Not Women for Sarcopenia Development. *Gerontol Geriatr Med.* 2016;2:233372141666787.
4. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T. Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Oxford Univ Press behalf Br Geriatr Soc. 2010;39:412–23.
5. Akune T, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, et al. Exercise habits during middle age are associated with lower prevalence of sarcopenia: The ROAD study. *Osteoporos Int.* 2014;25(3):1081–8.
6. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2018;39(4):412–23.
7. Taaffe DR. Sarcopenia: exercise as a treatment strategy. *Aust Fam Physician.* 2006;35(3):130–4.
8. Lozano-Montoya I, Correa-Pérez A, Abraha I, Soiza RL, Cherubini A, O'Mahony D, et al. Nonpharmacological interventions to treat physical frailty and sarcopenia in older patients: A systematic overview – the SENATOR project ONTOP series. *Clin Interv Aging.* 2017;12:721–40.
9. Pillard F, Laoudj-Chenivresse D, Carnac G, Mercier J, Rami J, Rivière D, et al. Physical activity and sarcopenia. *Clin Geriatr Med.* 2011;27(3):449–70.
10. Freiberger E, Sieber C, Pfeifer K. Physical activity, exercise, and sarcopenia - Future challenges. *Wiener Medizinische Wochenschrift.* 2011;161(17–18):416–25.
11. Livro Verde da Atividade Física. Instituto. Lisboa; 2011.
12. Marzetti E, Calvani R, Tosato M, Cesari M, Di Bari M, Cherubini A, et al. Physical

- activity and exercise as countermeasures to physical frailty and sarcopenia. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(1):35–42.
13. Law T, Clark L, Clark B. Resistance Exercise to Prevent and Manage Sarcopenia and Dynapenia. 2017;36(1):1–21.
  14. Ziaaldini MM, Marzetti E, Picca A, Murlasits Z. Biochemical Pathways of Sarcopenia and Their Modulation by Physical Exercise: A Narrative Review. *Front Med.* 2017;4(October).
  15. Phu S, Boersma D, Duque G. Exercise and Sarcopenia. *J Clin Densitom.* 2015;18(4):488–92.
  16. Iolascon G, Di Pietro G, Gimigliano F, Mauro L. Physical exercise and sarcopenia in older people: position paper of the Italian Society of Orthopedics and Medicine. *Clin Cases Miner Bone Metab.* 2014;11(3):215–21.
  17. Brioché T, Lemoine-Morel S. Oxidative Stress, Sarcopenia, Antioxidant Strategies and Exercise: Molecular Aspects. *Curr Pharm Des.* 2016;22(18):2664–78.
  18. Zembroń-Łacny A, Dziubek W, Rogowski, Skorupka E, Dabrowska G. Sarcopenia: Monitoring, molecular mechanisms, and physical intervention. *Physiol Res.* 2014;63(6):683–91.
  19. Lenk K, Schuler G, Adams V. Skeletal muscle wasting in cachexia and sarcopenia: Molecular pathophysiology and impact of exercise training. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2010;1(1):9–21.
  20. Maruya K, Asakawa Y, Ishibashi H, Fujita H, Arai T, Yamaguchi H. Effect of a simple and adherent home exercise program on the physical function of community dwelling adults sixty years of age and older with pre-sarcopenia or sarcopenia. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(11):3183–8.
  21. Liao C-D, Tsao J-Y, Lin L-F, Huang S-W, Ku J-W, Chou L-C, et al. Effects of elastic resistance exercise on body composition and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: A CONSORT-compliant prospective randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(23):8.
  22. Stoeber K, Heber A, Eichberg S, Brixius K. Influences of Resistance Training on Physical Function in Older, Obese Men and Women With Sarcopenia. *J Geriatr Phys Ther.* 2016;1.
  23. Landi F, Cesari M, Calvani R, Cherubini A, Di Bari M, Bejuit R, et al. The “Sarcopenia

- and Physical frailty IN older people: multi-component Treatment strategies” (SPRINTT) randomized controlled trial: design and methods. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(1):89–100.
24. Mijnders DM, Koster A, Schols JMGA, Meijers JMM, Halfens RJG, Gudnason V, et al. Physical activity and incidence of sarcopenia: The population-based AGES-Reykjavik Study. *Age Ageing.* 2016;45(5):614–21.
  25. Steffl M, Bohannon RW, Sontakova L, Tufano JJ, Shiells K, Holmerova I. Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: A systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging.* 2017;12:835–45.
  26. Naseeb MA, Volpe SL. Protein and exercise in the prevention of sarcopenia and aging. *Nutr Res.* 2017;40:1–20.
  27. Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Schneider SM, Zúñiga C, Arai H, Boirie Y, et al. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: A systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing.* 2014;43(6):48–759.
  28. Martone AM, Marzetti E, Calvani R, Picca A, Tosato M, Santoro L, et al. Exercise and Protein Intake: A Synergistic Approach against Sarcopenia. *Biomed Res Int.* 2017.
  29. Landi F, Marzetti E, Martone AM, Bernabei R, Onder G. Exercise as a remedy for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2014;17(1):25–31.
  30. Mason C, Xiao L, Imayama I, Duggan CR, Foster-Schubert KE, Kong A, et al. Influence of diet, exercise, and serum vitamin D on sarcopenia in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(4):607–14.
  31. Bosaeus I, Rothenberg E. Nutrition and physical activity for the prevention and treatment of age-related sarcopenia. *Proc Nutr Soc.* 2016;75(2):174–80.
  32. Cruz-Jentoft AJ. Perspective: Protein and Exercise for Frailty and Sarcopenia: Still Learning. *J Am Med Dir Assoc.* 2013;14(1):69–71.
  33. Denison HJ, Cooper C, Sayer AA, Robinson SM. Prevention and optimal management of sarcopenia: A review of combined exercise and nutrition interventions to improve muscle outcomes in older people. *Clin Interv Aging.* 2015;10:859–69.
  34. Daly RM, Connell SLO, Mundell NL, Grimes CA, Dunstan DW, Nowson CA. Protein-enriched diet , with the use of lean red meat , combined with progressive resistance training enhances lean tissue mass and muscle strength and reduces circulating IL-6

concentrations in elderly women: a cluster randomized controlled trial 1 – 4. 2014;899–910.

35. Kim H, Suzuki T, Saito K, Yoshida H. Effects of exercise and tea catechins on muscle mass, strength and walking ability in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int.* 2013;13:458–65.

## Anexos

**Anexo I.** Exemplo de exercícios de grandes grupos musculares. (Adaptado Law T *et al.*, 2017).

<b>Grupo Muscular</b>	<b>Exercícios</b>
<b>Peito</b>	<i>Flat Chest Press</i> (máquina* ou haltere**) <i>Chest Flyes</i> , designado “voo” (máquina* ou haltere**) Inclinado ou Declinado <i>Chest Press</i> (máquina* ou haltere**) <i>Push-Ups</i> (Modificado com os joelhos no chão* ou não modificado com os pés no chão**)
<b>Costas</b>	<i>Pull Downs</i> (máquina*) <i>Chest Supported Rows</i> (máquina* ou haltere**) <i>Pull-Ups</i> (com peso corporal auxiliar da máquina* ou sem assistência ao peso corporal**) <i>Shrugs</i> (máquina* ou haltere**)
<b>Braços</b>	<i>Seated Curls</i> (máquina* ou haltere**) <i>Hammer</i> ou <i>Preacher Curls</i> (haltere**) Extensão dos Tríceps (Máquina* ou haltere**) <i>Bent Over Triceps Extension 'Kick Backs'</i> (haltere**)
<b>Ombro</b>	<i>Overhead Press</i> (máquina* ou haltere**) <i>Upright Rows</i> (máquina* ou haltere**) Elevações laterais (máquina* ou haltere**) <i>Deltóide Rows / Flyes</i> (máquina*, ou haltere**)
<b>Perna (parte mais superior)</b>	<i>Leg Press</i> (máquina*) Extensões da perna (quadríceps) e flexões (isquiotibiais) (máquina*) <i>Lunges</i> (sem peso* ou haltere**) Agachamento na máquina**
<b>Perna (parte mais inferior)</b>	<i>Standing Calf Raises</i> (sem peso* ou com halteres**) <i>Seated Calf Raises</i> (máquina*)

Exercícios indicados com um asterisco (\*) são recomendados para o principiante. Exercícios anotados com dois asteriscos (\*\*) são recomendados para um nível intermediário ou avançado. Máquinas de exercícios de resistência são recomendadas para o principiante relativamente aos pesos livres.

**Anexo II.** Exemplo de programa progressivo de exercícios resistidos para iniciantes (1-8 semanas).  
(Adaptado Law T *et al.*, 2017).

Principiante: Fase I		
50-60% de 1-RM; 2x/semana		1-2 Semanas
Parte Corpo	Exercício	Séries x Repetições
Peito	<i>Chest Press</i>	1 x 15-12
Costas	<i>Seated Cable Row</i>	1 x 15-12
	<i>Seated Cable Pull Down</i>	1 x 15-12
Braços	<i>Biceps Curl</i>	1 x 15-12
	<i>Triceps Extension</i>	1 x 15-12
Ombro	<i>Overhead Press</i>	1 x 15-12
Perna (parte superior)	<i>Leg Extensions</i>	1 x 15-12
	<i>Leg Curl</i>	1 x 15-12
Perna (parte inferior)	<i>Calf Raise</i>	1 x 15-12
	<i>Calf Raise</i>	1 x 15-12
Descanso entre séries: 2 minutos (conforme necessário)		Total séries:10

Principiante: Fase II		
60-69% de 1-RM; 2x/semana		3-8 Semanas
Parte Corpo	Exercício	Séries x Repetições
Peito	<i>Chest Press</i>	1 x 12-18
	<i>Wall Push-Ups</i>	1 x 12-18
Costas	<i>Seated Cable Row</i>	1 x 12-18
	<i>Seated Cable Pull Down</i>	1 x 12-18
Braços	<i>Biceps Curl</i>	1 x 12-18
	<i>Triceps Extension</i>	1 x 12-18
Ombro	<i>Overhead Press</i>	1 x 12-18
Perna (parte superior)	<i>Leg Extensions</i>	1 x 12-18
	<i>Leg Curl</i>	1 x 12-18
Perna (parte inferior)	<i>Calf Raise</i>	1 x 12-18
	<i>Calf Raise</i>	1 x 12-18
Descanso entre séries: 90 segundos		Total séries:11



**Anexo III.** Exemplo de programa de treino intermédio de exercícios resistidos progressivos (9-24 semanas). (Adaptado Law T *et al.*, 2017).

Intermédio: Fase I		
60-69% de 1-RM; 2x/semana		9-16 Semanas
Parte Corpo	Exercício	Séries x Repetições
Peito	<i>Chest Press</i>	2 x 12-18
	<i>Wall Push-Ups</i>	2 x 12-18
	<i>Chest Flyes</i>	2 x 12-18
Costas	<i>Seated Cable Row</i>	2 x 12-18
	<i>Seated Cable Pull Down</i>	2 x 12-18
Braços	<i>Biceps Curl</i>	2 x 12-18
	<i>Triceps Extension</i>	2 x 12-18
Ombro	<i>Overhead Press</i>	2 x 12-18
	<i>Lateral Raises</i>	2 x 12-18
Perna (parte superior)	<i>Leg Press</i>	2 x 12-18
	<i>Leg Extensions</i>	2 x 12-18
	<i>Leg Curl</i>	2 x 12-18
Perna (parte inferior)	<i>Calf Raise</i>	2 x 12-18
	<i>Calf Raise</i>	2 x 12-18
Descanso entre séries: 90 segundos		Total séries: 28

Intermédio: Fase II		
70-79% de 1-RM; 3x/semana		17-24 Semanas
Parte Corpo	Exercício	Séries x Repetições
Peito	<i>Chest Press</i>	2 x 10-15
	<i>Chest Flyes</i>	2 x 10-15
	<i>Push-Ups</i>	2 x 10-15
Costas	<i>Chest Supported Rows</i>	2 x 10-15
	<i>Pull-Ups</i>	2 x 10-15
Braços	<i>Biceps Curl</i>	2 x 10-15
	<i>Triceps Extension</i>	2 x 10-15
	<i>Triceps Kick Backs</i>	2 x 10-15
Ombro	<i>Overhead Press</i>	2 x 10-15
	<i>Lateral Raises</i>	2 x 10-15
	<i>Upright Rows</i>	2 x 10-15
Perna (parte superior)	<i>Leg Press</i>	2 x 10-15
	<i>Leg Extensions</i>	2 x 10-15
	<i>Lunges</i>	2 x 10-15
	<i>Leg Curl</i>	2 x 10-15
Perna (parte inferior)	<i>Calf Raise</i>	2 x 10-15
	<i>Calf Raise</i>	2 x 10-15
Descanso entre séries: 90 segundos		Total séries: 34

**Anexo IV.** Exemplo de programa de treino avançado (Fase I) de exercícios resistidos progressivos (25-32 semanas). (Adaptado Law T *et al.*, 2017).

Avançado: Fase I		
>80% de 1-RM; 3x/semana		25-32 Semanas
Parte Corpo	Exercício	Séries x Repetições
Peito	<i>Chest Press</i>	2 x 8-12
	<i>Chest Flyes</i>	2 x 8-12
	<i>Incline Chest Press</i>	2 x 8-12
	<i>Push-Ups</i>	2 x 8-12
Costas	<i>Chest Supported Rows</i>	2 x 8-12
	<i>Pull-Ups</i>	2 x 8-12
	<i>Shoulder Shrugs</i>	2 x 8-12
Braços	<i>Biceps Curl</i>	2 x 8-12
	<i>Hammer Curls</i>	2 x 8-12
	<i>Triceps Extension</i>	2 x 8-12
	<i>Triceps Kick Backs</i>	2 x 8-12
Ombro	<i>Overhead Press</i>	2 x 8-12
	<i>Lateral Raises</i>	2 x 8-12
	<i>Real Deltoid Flyes</i>	2 x 8-12
	<i>Upright Rows</i>	2 x 8-12
Perna (parte superior)	<i>Leg Press</i>	2 x 8-12
	<i>Leg Extensions</i>	2 x 8-12
	<i>Lunges</i>	2 x 8-12
	<i>Leg Curl</i>	2 x 8-12
Perna (parte inferior)	<i>Calf Raise</i>	2 x 8-12
	<i>Calf Raise</i>	2 x 8-12
Descanso entre séries: 60-90 segundos		Total séries: 42

**Anexo V.** Exemplo de programa de treino avançado (Fase II) de exercícios resistidos progressivos (+32 semanas). (Adaptado Law T *et al.*, 2017).

Avançado: Fase II		
>80% de 1-RM; 4x/semana		+32 Semanas
Parte Corpo	Exercício	Séries x Repetições
<b>Segunda e Quinta-feira</b>		
Peito	<i>Chest Press</i>	3 x 6-10
	<i>Chest Flyes</i>	3 x 6-10
	<i>Incline Chest Press</i>	3 x 6-10
	<i>Push-Ups</i>	3 x 6-10
Costas	<i>Chest Supported Rows</i>	3 x 6-10
	<i>Pull-Ups</i>	3 x 6-10
	<i>Shoulder Shrugs</i>	3 x 6-10
Perna (parte superior)	<i>Leg Press</i>	3 x 6-10
	<i>Leg Extensions</i>	3 x 6-10
	<i>Lunges</i>	3 x 6-10
	<i>Leg Curl</i>	3 x 6-10
<b>Terça e Sexta-feira</b>		
Braços	<i>Biceps Curl (em pé)</i>	3 x 6-10
	<i>Biceps Curl (sentado)</i>	3 x 6-10
	<i>Hammer Curls</i>	3 x 6-10
	<i>Triceps Extension</i>	3 x 6-10
	<i>Triceps Kick Backs</i>	3 x 6-10
Ombro	<i>Overhead Press</i>	3 x 6-10
	<i>Lateral Raises</i>	3 x 6-10
	<i>Real Deltoid Flyes</i>	3 x 6-10
	<i>Upright Rows</i>	3 x 6-10
Perna (parte inferior)	<i>Calf Raise</i>	3 x 6-10
	<i>Calf Raise</i>	3 x 6-10
Descanso entre séries: 60 segundos		Total séries: 33 séries/dia