



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS
LABORATÓRIO DE FISIOLOGIA ENDÓCRINA E EXERCÍCIO FÍSICO
(LAFEEX)**



Bruna Cavalcante dos Santos

**EXERCÍCIO FÍSICO COMO AGENTE DE PREVENÇÃO E TRATAMENTO DA
SARCOPENIA**

São Carlos - SP

2024

Bruna Cavalcante dos Santos

**EXERCÍCIO FÍSICO COMO AGENTE DE PREVENÇÃO E TRATAMENTO DA
SARCOPENIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Biológicas e Saúde da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Wladimir Rafael Beck

São Carlos - SP

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE

Folha de Aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de curso do candidato Bruna Cavalcante dos Santos, realizada em 22/03/2024:

Prof. Dr. Wladimir Rafael Beck

Laboratório de Fisiologia Endócrina e Exercício Físico LAFEEEx/Ufscar

Me. Taciane Maria Melges Pejon

Laboratório de Fisiologia Endócrina e Exercício Físico LAFEEEx/Ufscar

Prof. Dr. André Rangel Nascimento

Departamento de Botânica - UFSCar

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha vó Creuza, que daí do céu a senhora esteja muito orgulhosa de onde eu cheguei. É por você.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao meu professor orientador Wladimir Beck pelo acolhimento e direcionamento ao longo desse projeto. Agradeço também pela paciência, incentivo e alegria com a qual sempre me recebeu.

Aos meus pais, que sempre incentivaram meus sonhos e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui. Que me ensinaram a ser forte e independente para correr atrás daquilo que almejo, mas com a tranquilidade de que sempre encontrarei refúgio e apoio em seu amor incondicional.

Ao meu companheiro de vida, Lucas, que me acompanhou na reta final do curso, foi suporte para minha permanência acadêmica e sempre vibrou pelas minhas conquistas.

À minha família, que de diferentes formas me apoiou ao longo dessa trajetória.

À minha segunda família, a República Só Fadinhas, composta por grandes mulheres que tive a oportunidade de conhecer, viver e amar! Vocês foram fundamentais nessa jornada, obrigada por todo acolhimento, conversas, risadas, choros compartilhados e por terem feito essa fase ter sido incrível.

À minha melhor amiga Bia, que me acompanha desde quando eu me entendo por gente e mesmo que distante, sempre se fez presente em cada etapa da minha vida.

À minha amiga e fiel companheira de curso Milena, durante esses anos fomos a rocha uma da outra e espero te levar para a vida pós universidade.

Aos amigos que tive a oportunidade de conhecer ao longo desses 5 anos em São Carlos, seja no âmbito acadêmico, no trabalho ou na vida, vocês colaboraram com um pedacinho de quem eu sou.

Por fim, agradeço a mim mesma, pela persistência e por sempre querer o melhor de mim.

“Só o que é bom dura tempo o bastante para se tornar inesquecível.”

Charlie Brown Jr

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura científica publicada nos últimos cinco anos, focada no papel do exercício físico no tratamento da sarcopenia, uma condição patológica que se caracteriza pela perda progressiva e generalizada de massa muscular e força, comum em idosos. A sarcopenia é uma das principais causas de redução da mobilidade em idosos, aumentando significativamente o risco de quedas, fraturas e outras complicações, como distúrbios metabólicos e resistência à insulina. O diagnóstico da sarcopenia é realizado por meio de métodos como o Dual-energy X-ray (DEXA) e critérios estabelecidos como o proposto pelo European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP). O DEXA é um método não invasivo que utiliza radiações X de baixa intensidade para medir a densidade mineral óssea e a composição corporal, incluindo a massa muscular e a gordura corporal. Já o EWGSOP, além de considerar a DEXA, estabelece critérios adicionais para o diagnóstico da sarcopenia, como a força de preensão manual e testes de flexão/extensão do joelho. A revisão se concentra na análise de diferentes modalidades, intensidades e frequências de exercícios físicos e seus efeitos na manutenção da massa muscular, na melhoria da força muscular e na promoção da mobilidade em idosos. Os resultados indicam que o exercício físico, especialmente o treinamento resistido, é uma estratégia eficaz para o tratamento da sarcopenia. No entanto, a revisão também destaca a necessidade de estudos futuros com amostras maiores e metodologias mais refinadas para esclarecer as melhores práticas e períodos de intervenção, e para explorar a eficácia de outras modalidades de exercício no tratamento da sarcopenia.

Palavras-chave: Sarcopenia, Exercício Físico, Treinamento Resistido, Idosos, Diagnóstico da Sarcopenia.

ABSTRACT

This work is a rigorous systematic review of scientific literature published in the past five years. The focus of the review is on the pivotal role of physical exercise in treating sarcopenia, a debilitating condition that is prevalent among the elderly. Sarcopenia is characterized by the gradual loss of muscle mass and strength, leading to reduced mobility, falls, fractures, metabolic disorders, and insulin resistance. The diagnosis of sarcopenia is determined through a range of methods, including the Dual-energy X-ray (DEXA) technique, which measures bone mineral density, muscle mass, and body fat. Another method is the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) criteria, which includes handgrip strength and knee flexion/extension tests, are also used in the diagnosis. This review focuses on analyzing diverse modalities, intensities, and frequencies of physical exercise, with a key emphasis on resistance training. The review findings confirm that physical exercise, particularly resistance training, is a highly effective and promising approach to treating sarcopenia. The results demonstrate that physical exercise helps in maintaining muscle mass, improving muscle strength, and promoting mobility in the elderly. However, the review also highlights the need for future studies with larger samples and more refined methodologies to establish best practices and intervention periods, and to ascertain the efficacy of other exercise modalities in treating sarcopenia.

Keywords: Sarcopenia, Physical Exercise, Resistance Training, Elderly, Diagnosis of Sarcopenia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura das fibras musculares	7
Figura 2 - Músculos antagonistas	8
Figura 3 - O ciclo da contração muscular	10
Figura 4 - Estrutura PICOT	16
Figura 5 - Fluxograma PRISMA	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias de Sarcopenia e Efeitos	11
Tabela 2 - Categorias de Sarcopenia e Causas	12
Tabela 3 - Contrastes do processo de Fosforilação oxidativa em Pessoas Saudáveis e Pessoas Sarcopênicas	13
Tabela 4 - Resultados do treinamento físico sobre parâmetros de diagnóstico da sarcopenia	21
Tabela 5 - Compilação de medidas de aptidão física dos artigos analisados.	22

LISTA DE ABREVIATURAS

5TCS - Teste de Levantar da Cadeira 5 vezes
ACSM - American College of Sports Medicine
ASMM - do inglês, Massa Muscular Esquelética Apendicular
ASMMI - do inglês, Índice de Massa Muscular Esquelética Apendicular
AWGS - Asian Working Group for Sarcopenia
BIA - do inglês, Análise de Bioimpedância
DEXA - do inglês, Raio X de Dupla Energia
ECC - Excitação-Contração
EWGSOP - European Working Group on Sarcopenia in Older People
HGS - do inglês, Força de Preensão Manual.
HIRT - do inglês, Treinamento de Resistência de Alta Intensidade
IME - Índice Muscular Esquelético
IWGS - International Working Group on Sarcopenia
MRI - do inglês, Ressonância Magnética
RM - Repetição Máxima
RT - Treinamento Resistido
SMM - do inglês, Massa Muscular Esquelética
SMI - do inglês, Índice Muscular Esquelético
SPPB - do inglês, Bateria Curta de Desempenho Físico
TBF - do inglês, Gordura Corporal Total

SUMÁRIO

SUMÁRIO	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO CONCEITUAL	6
2.1 TECIDO MUSCULAR: ESTRUTURA E FUNÇÃO	6
2.2 TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO, SARCOPENIA E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS	8
2.3 DIAGNÓSTICO DA SARCOPENIA	11
3. OBJETIVOS	12
4. METODOLOGIA	12
5. RESULTADOS	14
5.1 PESQUISA DE LITERATURA E AVALIAÇÃO DE QUALIDADE	14
5.2 CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES	14
5.3 PROGRAMA DE TREINAMENTO E PERÍODO DE DURAÇÃO	16
5.5 RESULTADOS DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTO	17
6. DISCUSSÃO	20
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O processo de senescência em seres humanos é inevitável e, com ele, surgem diversas alterações fisiológicas no organismo. Entre essas mudanças, a redução da massa muscular esquelética, da força muscular e da mobilidade, são as características mais comumente observadas nos impactos causados na qualidade de vida dos idosos. Esses impactos refletem principalmente na mobilidade desses indivíduos, afetando a capacidade dos mesmos de se mover de forma independente, realizar atividades diárias e participar plenamente das diversas esferas da vida social (MARTINEZ; CAMELIER; CAMELIER; 2014).

Quando essa redução de massa muscular transcende o processo natural de envelhecimento, torna-se uma condição patológica, conhecida como Sarcopenia. A sarcopenia é caracterizada pela perda progressiva e generalizada da massa muscular, juntamente com a diminuição da força muscular. É uma das principais causas da redução da mobilidade em idosos, contribuindo significativamente para o aumento dos riscos de quedas e fraturas (CRUZ-JENTOFT, 2010).

Sob o ponto de vista fisiológico, a perda de massa muscular na sarcopenia é resultado de uma interação complexa entre vários mecanismos, incluindo a inatividade das células-satélite, processos apoptóticos, vias de degradação proteica como as proteases ativadas pelo cálcio, proteossomos e autofagia. Além disso, fatores como envelhecimento, distúrbios metabólicos e alterações na ativação das células-satélite também desempenham papéis significativos. (TEIXEIRA; FILIPPIN; XAVIER, 2012)

De acordo com o estudo SABE (Saúde, Bem-Estar e Envelhecimento) realizado em 2006 no estado de São Paulo, a prevalência de sarcopenia em 1.149 idosos acima de 60 anos é de 3,9% em homens e 20,5% em mulheres. Essa maior incidência em mulheres pode ser atribuída a fatores como menor massa muscular e força muscular quando comparadas aos homens, além de alterações hormonais que ocorrem durante a menopausa, que podem acelerar a perda de massa muscular. Os critérios de diagnóstico utilizados foram os do Grupo de Trabalho Europeu Sobre Sarcopenia em Pessoas Idosas (EWGSOP) (DA SILVA ALEXANDRE, 2014).

A sarcopenia pode ainda intensificar os efeitos da síndrome de fragilidade, uma condição observada em diversos países. Essa síndrome é diagnosticada pela presença de pelo menos três dos cinco critérios a seguir: redução da força muscular, baixo nível de gasto energético, diminuição da velocidade ao caminhar, perda de cerca de 5% do peso corporal

involuntariamente em um ano e sensação subjetiva de exaustão (FRIED, et al., 2001). A base biológica subjacente a essa síndrome reside na diminuição das reservas e da capacidade de resistir a estresses físicos, culminando em uma considerável vulnerabilidade para incapacidade, comorbidades, quedas, hospitalização, institucionalização e até mesmo óbito. (CHIN, et al., 2008)

As consequências associadas à sarcopenia não se limitam apenas à redução da mobilidade e à fraqueza muscular. Os idosos que são afetados por essa condição também estão sujeitos a um maior risco de desenvolverem outras complicações, como distúrbios metabólicos, diminuição da densidade óssea e resistência à insulina, tornando-os mais vulneráveis à doenças crônicas. (PIERINE; NICOLA; OLIVEIRA, 2009)

Uma das formas de realizar o diagnóstico de sarcopenia é por meio do Dual-energy X-ray (Raio X de dupla energia, do inglês - DEXA), um método não invasivo, que utiliza radiações X de baixa intensidade para medir a densidade mineral óssea e a composição corporal, incluindo a massa muscular e a gordura corporal. A massa muscular esquelética apendicular (ASMM) é normalizada em relação à altura da pessoa, fornecendo então o índice de massa muscular esquelética apendicular (ASMMI). (COIN, 2013)

A partir desse índice, três critérios são empregados para o diagnóstico. O Critério A utiliza a abordagem de 2 desvios-padrão (2SD), envolvendo a subtração de 2 desvios-padrão do valor médio do ASMMI para uma população jovem e saudável, compreendida entre 20 e 39 anos. (BAUMGARTNER, et al., 1998). Por sua vez, o Critério B considera que indivíduos cuja ASMMI esteja no percentil 15 ou abaixo desse ponto são classificados como apresentando características compatíveis com a sarcopenia. Já o Critério C recorre ao percentil 20 das distribuições de ASMMI para a população idosa com mais de 65 anos. (DELMONICO, et al., 2007)

O método DEXA é amplamente reconhecido e utilizado, considerado um dos principais métodos para avaliar a massa muscular, oferecendo informações vitais para o diagnóstico e acompanhamento da sarcopenia. A precisão no diagnóstico desempenha um papel crucial, ao possibilitar intervenções oportunas e estratégias de tratamento destinadas a mitigar os efeitos da sarcopenia. (BAUMGARTNER, et al., 1998)

Um outro método de avaliação protocolado foi empregado pelo European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP), que, além de levar em consideração a DEXA, também estabelece critérios para o diagnóstico da sarcopenia. A força muscular é quantificada por meio da força de prensão manual e de testes de flexão/extensão do joelho. Adicionalmente, é realizada a Short Physical Performance Battery (SPPB), na qual

o indivíduo é submetido a uma série de testes para avaliar seu desempenho físico. (CRUZ-JENTOFT, 2010)

Como meios de amenizar os efeitos adversos da sarcopenia, diversas abordagens podem ser utilizadas, em especial aquelas que visam promover o fortalecimento muscular por meio de intervenções adequadas. O fortalecimento muscular é um dos pilares fundamentais para retardar ou prevenir a sarcopenia, possibilitando a manutenção da massa muscular, melhoria da força e aumento da mobilidade (HUNTER; MCCARTHY; BAMMAN, 2004).

O fortalecimento muscular ocorre como produto da atividade física, que é um conceito amplo que engloba todas as formas de movimento corporal, como caminhar, dançar, realizar atividades domésticas e de lazer. Uma das formas mais estruturadas e planejadas de atividade física é o exercício físico, que tem por objetivo específico melhorar o condicionamento físico, fortalecer a musculatura e aumentar a capacidade cardiorrespiratória, sendo o exercício resistido, o principal meio para obter a hipertrofia. (PETERSON; SEN; GORDON, 2011)

Do ponto de vista fisiológico, o processo de hipertrofia muscular não depende exclusivamente da presença de microlesões musculares, como anteriormente sugerido (HUNTER; MCCARTHY; BAMMAN, 2004). Atualmente, sabe-se que a hipertrofia pode ser alcançada mesmo sem a presença de dor pós-esforço ou microlesões. Durante a prática do exercício físico resistido, as fibras musculares se adaptam à carga aplicada, independentemente da geração de microlesões. Este processo de adaptação, por sua vez, conduz a um aumento na massa muscular, que é essencial para prevenir a sarcopenia. Embora a força seja um componente importante no processo, a ênfase aqui é na hipertrofia. Ademais, é relevante mencionar que o exercício resistido também se correlaciona com o potencial de incremento da densidade mineral óssea, otimização da funcionalidade articular e amplificação das capacidades aeróbica e anaeróbica. (DAMAS et al., 2015).

A falta de programas de exercícios indicados para tratar a sarcopenia ressalta a importância de aprofundar nossa compreensão sobre como o exercício afeta o tratamento dessa condição.

O objetivo deste trabalho é sintetizar as evidências científicas publicadas nos últimos cinco anos, sobre o papel do exercício físico no tratamento da sarcopenia, analisando suas diferentes modalidades, intensidades e frequências, bem como seus efeitos na manutenção e desenvolvimento da massa muscular por meio da hipertrofia, na melhoria da força muscular e na promoção da mobilidade em idosos. Ao compreender os benefícios e as

limitações do exercício físico como uma estratégia preventiva e terapêutica, será possível elaborar intervenções cada vez mais eficazes na abordagem da sarcopenia.

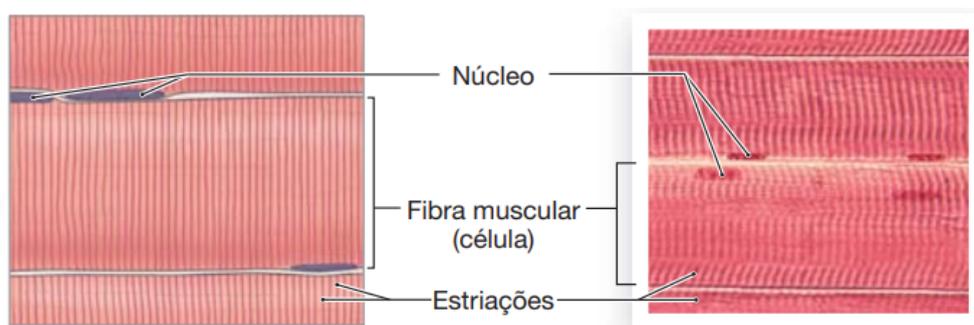
Dessa forma, esta revisão sistemática busca contribuir para o avanço do conhecimento científico na área, fornecendo informações relevantes para profissionais de saúde, pesquisadores e demais interessados em promover a saúde e o bem-estar da população idosa, através da preservação da mobilidade e da qualidade de vida.

2. REVISÃO CONCEITUAL

2.1 TECIDO MUSCULAR: ESTRUTURA E FUNÇÃO

O tecido muscular esquelético é o tecido responsável pelos movimentos voluntários do corpo, compondo cerca de 40% do peso corporal total. Ele é composto por células musculares alongadas, chamadas de fibras musculares, que são organizadas em feixes. Essas fibras musculares possuem a capacidade de se contrair e relaxar, o que permite a realização dos movimentos. As fibras musculares esqueléticas são multinucleadas (Figura 1), e seus núcleos estão localizados na periferia da fibra, permitindo uma maior eficiência na síntese de proteínas e na regeneração do tecido muscular. (SILVERTHORN, 2017)

Figura 1 - Estrutura das fibras musculares



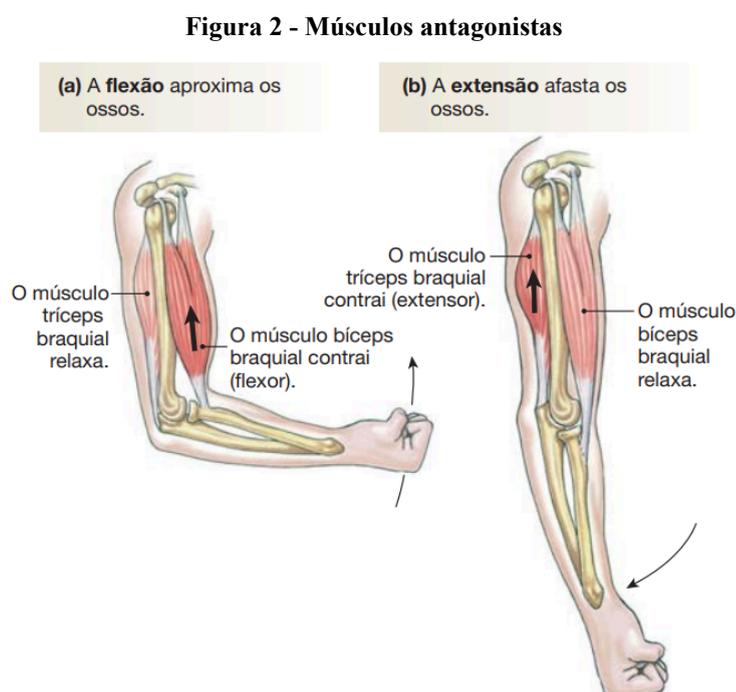
Legenda: À esquerda, uma representação esquemática das fibras musculares, à direita, uma imagem de microscopia.

Fonte: Silverthorn, 2017.

Quando ocorre a conexão entre os ossos fixados a um músculo por meio de uma articulação móvel, a contração muscular promove o deslocamento do esqueleto. Nesse contexto, um músculo é designado como flexor quando a região central dos ossos conectados se aproxima durante a contração, resultando em um movimento de flexão. Por outro lado,

quando os ossos se afastam durante a contração muscular, o músculo é denominado extensor, sendo o movimento associado conhecido como extensão.(SILVERTHORN, 2017)

A maioria das articulações do corpo depende da presença de músculos flexores e extensores, pois a contração de um desses músculos é capaz de puxar um osso em uma direção específica, porém, são incapazes de empurrá-lo na direção oposta. Esses pares de músculos extensores e flexores são identificados como músculos antagonistas (Figura 2), uma vez que exercem efeitos opostos. (SILVERTHORN, 2017)



Fonte: Silverthorn, 2017.

Os músculos esqueléticos possuem um retículo sarcoplasmático (RS) extenso, que tem por função concentrar e armazenar íons de cálcio (Ca^{2+}) com a ajuda de uma enzima chamada Ca^{2+} -ATPase, presente na membrana do RS. A liberação de cálcio a partir do RS desencadeia um sinal de cálcio que desempenha um papel crucial na contração de todos os tipos de músculos. (SILVERTHORN, 2017)

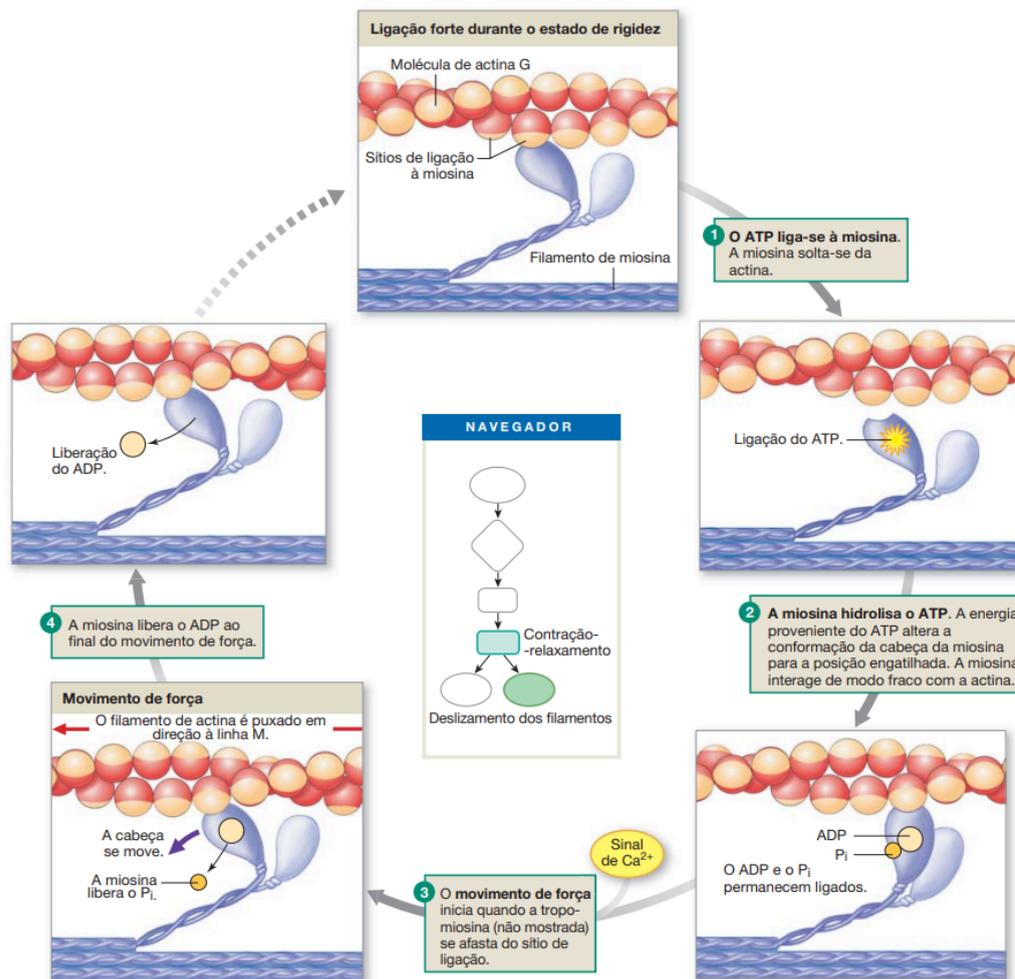
A contração muscular é um processo fisiológico complexo que ocorre no tecido muscular esquelético durante o esforço resistido. Durante a contração muscular, ocorrem uma série de eventos bioquímicos e elétricos que resultam na geração de força e movimento (MCARDLE, KATCH; KATCH, 2015). A contração muscular ocorre através de uma interação entre as proteínas actina e miosina presentes nas fibras musculares. A miosina se liga à actina formando uma ponte cruzada, que se desloca e puxa a actina, encurtando a fibra

muscular. Esse processo é repetido várias vezes, proporcionando a contração muscular (TORTORA, 2011).

A contração muscular ocorre através do processo de acoplamento excitação-contração (ECC). Durante o ECC, um impulso nervoso é gerado no sistema nervoso central e transmitido através do neurônio motor até a junção neuromuscular. Na junção neuromuscular, a acetilcolina é liberada e se liga a receptores de acetilcolina na membrana muscular, causando um influxo de íons sódio que desencadeia um potencial de ação na membrana muscular (sarcolema) (GORDON et. al, 2000). O potencial de ação se propaga ao longo do sarcolema e dos túbulos T até o RS. A chegada do potencial de ação ao RS provoca a liberação de íons cálcio no sarcoplasma, o líquido intracelular do músculo (EBASHI & ENDO, 1968).

Os íons cálcio liberados se ligam à troponina C, uma proteína que faz parte do complexo de troponina-tropomiosina, que controla a interação entre os filamentos de actina e miosina. A ligação do cálcio à troponina C desencadeia uma mudança conformacional que desloca a tropomiosina, expondo os sítios de ligação da miosina na actina (GEEVES & LEHRER, 2002). Uma vez expostos, os sítios de ligação da actina podem interagir com as cabeças de miosina, um processo que é acoplado à hidrólise de ATP. A hidrólise de ATP fornece a energia necessária para a cabeça de miosina se mover e puxar o filamento de actina (SILVERTHORN, 2017).

Figura 3 - O ciclo da contração muscular



Fonte: Silverthorn, 2017.

Ao final da contração, o cálcio é bombeado de volta para o RS, interrompendo a ligação entre a actina e a miosina, e o músculo relaxa. O grau de contração e relaxamento é determinado pela frequência e intensidade dos estímulos nervosos. Durante o exercício resistido, o consumo de ATP aumenta significativamente para suportar a contração muscular contínua. O ATP é gerado por várias vias metabólicas, incluindo a fosfocreatina, glicólise e fosforilação oxidativa, que são acionadas dependendo da intensidade e duração do exercício (ROBERGS et al., 2004).

A troponina é uma proteína encontrada nas fibras musculares, que desempenha um papel crucial na regulação da contração muscular. Ela controla o posicionamento da tropomiosina, uma proteína que cobre parcialmente os sítios de ligação da miosina na actina em um músculo em repouso. Quando o cálcio se liga à troponina, ocorre uma mudança conformacional que desloca a tropomiosina, expondo os sítios de ligação da miosina na

actina, permitindo a formação de ligações cruzadas e a contração muscular (SILVERTHORN, 2017).

A ligação do ATP à cabeça da miosina diminui a afinidade de ligação da miosina pela actina, permitindo que a miosina se solte da actina. A hidrólise do ATP fornece a energia necessária para a cabeça da miosina se inclinar e se ligar novamente à actina. A liberação do fosfato inorgânico (Pi) permite que a cabeça da miosina se desloque, puxando o filamento de actina e gerando o movimento de força (SILVERTHORN, 2017).

No relaxamento muscular, as concentrações citoplasmáticas de cálcio diminuem, e a troponina permite que a tropomiosina retorne à posição "desligada", recobrando os sítios de ligação da miosina na actina. Durante esse processo, os filamentos do sarcômero deslizam de volta às posições originais com a ajuda da titina e outros componentes elásticos do músculo (SILVERTHORN, 2017).

Durante o exercício físico resistido, o tecido muscular esquelético pode sofrer adaptações estruturais, como a hipertrofia. A hipertrofia muscular, ocorre principalmente devido ao aumento do tamanho das fibras musculares existentes. Durante o exercício físico resistido, ocorrem microlesões nas fibras musculares, que são reparadas e reconstruídas durante o período de descanso e recuperação. Esse processo de reparação e reconstrução envolve a síntese de novas proteínas contráteis e o aumento do conteúdo de proteínas nas fibras musculares, resultando no aumento do tamanho das fibras musculares (CAHUE, 2020).

2.2 TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO, SARCOPENIA E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS

Com o envelhecimento, há uma diminuição significativa da massa muscular e da força muscular. Isto é especialmente observado na atrofia desproporcional das fibras musculares do tipo IIa, responsáveis pela contração rápida. Essa atrofia muscular contribui para a diminuição da potência, definida como o produto da geração de força e a velocidade de contração muscular. Evidências sugerem que a diminuição da potência das pernas é responsável por grande parte do declínio funcional associado ao envelhecimento (MORLEY, 2001).

Um quarto de toda a síntese proteica do corpo ocorre nos músculos. Com o envelhecimento, ocorre uma diminuição na síntese de proteínas musculares, particularmente nas mitocôndrias. Essa diminuição na síntese proteica, juntamente com a degradação contínua

de proteína muscular, afeta o equilíbrio de renovação do tecido muscular, contribuindo para a sarcopenia (MORLEY, 20201).

As duas principais proteínas estruturais do músculo esquelético, actina e miosina, também apresentam uma taxa de síntese reduzida com o envelhecimento. Em particular, a síntese da cadeia pesada de miosina (MHC), que está fortemente correlacionada com a força muscular, diminui com a idade (MORLEY, 20201).

Além das alterações musculares, ocorrem alterações na unidade motora que inerva os músculos com o envelhecimento. Unidades motoras são conjuntos formados por um neurônio motor e todas as fibras musculares que ele inerva. Essa estrutura é fundamental para a contração muscular. Com o envelhecimento, há uma diminuição nas unidades motoras funcionais e um aumento na irregularidade no disparo das unidades musculares, contribuindo para a perda de coordenação e força muscular (MORLEY, 2020).

Em 2010, a perda progressiva e generalizada da força muscular que potencializa a incapacidade física, perda da qualidade de vida e pode ser fatal, foi reconhecida como Sarcopenia, pela EWGSOP. (CRUZ-JENTOFT, 2010) O termo Sarcopenia (grego ‘sarx’ ou carne + ‘penia’ ou perda) foi proposto pela primeira vez em 1989 por Irwin Rosemberg para descrever a diminuição de massa muscular relacionada à idade. (ROSERMBERG, 1989)

Como diagnóstico, foi definido pelo EWGSOP que é ideal a utilização de critérios como a diminuição de massa e da função muscular (força e/ou desempenho físico), permitindo um diagnóstico com maior valor clínico. As medidas de massa muscular devem ser precisas e comparadas com dados referentes às populações padrões. Esse cálculo comparativo envolve avaliar a massa muscular do indivíduo em relação a valores de referência estabelecidos a partir de estudos em adultos jovens saudáveis. Isso permite determinar se a massa muscular está significativamente reduzida, o que é um indicativo de sarcopenia.

Para além disso, foi definido também os estágios que caracterizam a evolução da Sarcopenia, sendo eles: “pré-sarcopenia”, “sarcopenia” e “sarcopenia grave” (Tabela 1).

Tabela 1 - Categorias de Sarcopenia e Efeitos

Estágio	Massa Muscular	Força Muscular	Performance Física
Pré Sarcopenia	↓		
Sarcopenia	↓	↓	ou ↓
Sarcopenia grave	↓	↓	↓

Fonte: Adaptado de CRUZ-JENTOFT, 2010.

Na fase inicial, é constatada apenas a diminuição da massa muscular que não impacta diretamente a força muscular ou desempenho físico do indivíduo, ou seja, o próprio envelhecimento. No segundo estágio, é quando as consequências da redução da massa muscular começam a aparecer, em forma de redução de força muscular ou desempenho físico (Tabela 2). O estágio considerado grave, é quando há de fato, a redução da força muscular e do desempenho físico.

Tabela 2 - Categorias de Sarcopenia e Causas

Pré-sarcopenia	
Sarcopenia relacionada exclusivamente ao processo de senescência	Não há nenhuma causa evidente além do próprio envelhecimento
Sarcopenia	
Sarcopenia relacionada à atividade	Pode ser resultado de longos períodos de repouso na cama ou vegetativo ou estilo de vida sedentário
Sarcopenia relacionado à doença	Associada a falência avançada de órgãos (coração, pulmão, fígado, rins e cérebro), doenças inflamatórias, malignidade ou doença endócrina
Sarcopenia relacionada à nutrição	Resulta da ingestão alimentar inadequada de energia e/ou proteína, como acontece com a má absorção, distúrbios gastrointestinais ou uso de medicamentos que causam anorexia

Fonte: Adaptado de CRUZ-JENTOFT, 2010.

Diversos mecanismos podem desempenhar papel no instigamento e avanço da sarcopenia. Estes mecanismos englobam, dentre outros aspectos, a síntese proteica e o processo de fosforilação oxidativa. Em um indivíduo acometido pela sarcopenia, diversos mecanismos podem interagir, com as contribuições relativas variando ao longo do curso temporal.

O músculo esquelético é sujeito a modificações fisiológicas distintas em indivíduos saudáveis e naqueles afetados pela sarcopenia. Em indivíduos saudáveis, o processo de fosforilação oxidativa, fundamental para a produção de adenosina trifosfato (ATP) nas mitocôndrias, é eficiente e sustentável, mantendo um equilíbrio entre as fibras musculares e assegurando a funcionalidade celular. Essas células exibem sistemas antioxidantes robustos, garantindo a neutralização adequada de radicais livres, além de uma capacidade de reparo do DNA mitocondrial eficiente. A regulação fina do gradiente de prótons e a renovação mitocondrial são preservadas, evitando estresse oxidativo excessivo e mantendo a homeostase celular. (LEITE, 2012)

Contrastando com esse estado (Tabela 3), a sarcopenia manifesta-se com uma perda seletiva de fibras musculares do tipo IIA, cuja dependência da fosforilação oxidativa a torna particularmente suscetível à disfunção mitocondrial. Indivíduos sarcopênicos podem apresentar uma capacidade reduzida de reparo do DNA mitocondrial, levando à acumulação de danos genéticos. O aumento do estresse oxidativo, muitas vezes associado a uma inflamação crônica, contribui para o desequilíbrio do gradiente de prótons, desregulando a produção de ATP e afetando a função muscular. A interrupção na renovação e reparo mitocondrial resulta na presença de mitocôndrias disfuncionais, exacerbando a degeneração muscular e a perda de força observadas na sarcopenia. (LEITE, 2012)

Tabela 3 - Contrastes do processo de Fosforilação oxidativa em Pessoas Saudáveis e Pessoas Sarcopênicas

Fatores	Pessoas Saudáveis	Pessoas Sarcopênicas
Fibras Musculares	Equilibrado e saudável	Perda de fibras musculares, especialmente do tipo IIA
Fosforilação Oxidativa	Eficiente e sustentável	Comprometida devido à disfunção mitocondrial
ATPase e Produção de ATP	Normal e eficiente	Podem ser prejudicadas pela disfunção mitocondrial
Sistemas Antioxidantes	Eficientes na neutralização de radicais livres	Pode haver aumento do estresse oxidativo
Capacidade de Reparo do DNA	Elevada, mantendo a integridade do DNA mitocondrial	Reduzida, resultando na acumulação de danos
Regulação do Gradiente de Prótons	Controlada para evitar estresse oxidativo excessivo	Desregulada, contribuindo para o estresse oxidativo
Renovação e Reparo Mitocondrial	Eficientes na substituição de mitocôndrias danificadas	Reduzidas, levando à acumulação de mitocôndrias disfuncionais
Inflamação	Níveis normais ou baixos	Inflamação crônica pode estar presente
Função Muscular	Mantida, sem perda significativa de massa muscular	Degeneração muscular, perda de força e função

Fonte: Bruna C Santos, 2023.

2.3 DIAGNÓSTICO DA SARCOPENIA

O diagnóstico da sarcopenia envolve a utilização de várias técnicas de avaliação. O EWGSOP publicou um consenso sobre a definição e diagnóstico da sarcopenia, que é amplamente utilizado, nele constam diversos recursos que podem ser usados para medir variáveis da massa muscular, força muscular e desempenho físico, e a partir delas, definir a presença e estágio da sarcopenia (CRUZ-JENTOFT, 2010). Para medir a massa muscular, são utilizadas técnicas como tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (MRI), absorciometria de raios X de dupla energia (DEXA) e análise de bioimpedância (BIA). A TC

e a MRI são consideradas padrões ouro para estimar a massa muscular em pesquisas, mas seu uso na prática clínica é limitado devido ao alto custo e à disponibilidade limitada do equipamento. O DEXA é uma alternativa atraente para pesquisa e uso clínico, pois permite distinguir entre gordura, minerais ósseos e tecidos magros. A BIA também pode ser uma alternativa portátil ao DEXA, sendo uma técnica barata, fácil de usar e reproduzível. (CHIEN, Meng-Yueh; HUANG, Ta-Yi; WU, Ying-Tai, 2008; CRUZ-JENTOFT, 2010).

Para medir a força muscular, a força de preensão manual é amplamente utilizada e está bem correlacionada com os resultados relevantes. A força de preensão manual isométrica é um marcador clínico de má mobilidade e um bom preditor de resultados clínicos. Além disso, testes de flexão/extensão do joelho e pico de fluxo expiratório também podem ser utilizados para medir a força muscular, mas seu uso na prática clínica é limitado devido à necessidade de equipamentos e treinamento especiais. (CRUZ-JENTOFT, 2010; LAURETANI, 2003).

Para avaliar a performance física, o Short Physical Performance Battery (SPPB) é uma medida composta que avalia o equilíbrio, a marcha, a força e a resistência. O SPPB é amplamente utilizado tanto para pesquisa quanto para prática clínica. Além disso, a velocidade habitual da marcha também pode ser utilizada como um parâmetro único para avaliar a performance física. Outros testes, como o teste de levantamento e partida cronometrado e o teste de potência para subir escadas, podem ser úteis em alguns ambientes de pesquisa. (CRUZ-JENTOFT, 2010).

Os pontos de corte para o diagnóstico da sarcopenia dependem da técnica de medição utilizada e da disponibilidade de estudos de referência. As recomendações incluem o uso de populações de referência normativas e a definição de pontos de corte em dois desvios padrão abaixo do valor médio de referência. Mais pesquisas são necessárias para estabelecer valores de referência para diferentes populações. Alguns exemplos de pontos de corte incluem o índice de massa muscular esquelética (SMI) medido por DEXA ou BIA, a força de preensão manual, a pontuação do SPPB e a velocidade habitual da marcha. (CRUZ-JENTOFT, 2010)

3. OBJETIVOS

O objetivo desta monografia é analisar e sintetizar as evidências científicas dos últimos cinco anos sobre o impacto do exercício físico no tratamento e prevenção da sarcopenia. Serão exploradas diferentes modalidades, intensidades e frequências de exercício,

assim como seus efeitos sobre a massa muscular, no aumento da força muscular e na promoção da mobilidade em idosos.

4. METODOLOGIA

O presente estudo envolve uma revisão sistemática embasada no protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), um conjunto de diretrizes reconhecido internacionalmente para a condução de revisões sistemáticas, que permite aos pesquisadores elaborar de forma clara e completa os passos e critérios utilizados ao longo do processo de revisão através de um fluxograma (PAGE, 2021). Além disso, foi utilizado o método PEDro (Physiotherapy Evidence Database), uma escala que avalia a qualidade metodológica de estudos clínicos em fisioterapia, focando em aspectos como randomização e cegamento, para garantir a confiabilidade dos estudos incluídos. O Design de População, Intervenção, Comparação, Resultados e Tempo (PICOT) foi adotado como critério de elegibilidade (Figura 4) (CARO; FERREIRA; PATINO, 2020).

Figura 4 - Estrutura PICOT

P	I	C	O	T
Humanos idosos	Exercício físico no tratamento de sarcopenia	Sem tratamento	Melhora física em relação à sarcopenia	RCT and CT

Fonte: Bruna C Santos, 2023.

Para selecionar os estudos relevantes, foram aplicados dois filtros booleanos nas bases de dados PubMed, Science Direct (Elsevier) e Web of Science no período entre setembro e outubro de 2023. Os filtros incluíam os termos "sarcopenia" AND "exercise", "sarcopenia" AND "resistance" presentes no título. Esta estratégia de busca foi aplicada para garantir a inclusão de estudos que se concentrassem na relação entre sarcopenia e diferentes tipos de exercício (resistido, funcional, etc). A especificação dos termos de busca para estarem presentes no título do artigo foi deliberada com o intuito de garantir a especificidade da pesquisa. Esta decisão foi motivada pelo fato de que muitos estudos abordam a sarcopenia em associação com o tema investigado, porém não a têm como foco principal da pesquisa.

Além disso, foram estabelecidos critérios adicionais para inclusão dos estudos na revisão sistemática. Primeiramente, os artigos selecionados precisavam estar disponíveis em texto e idioma acessíveis (inglês ou português), fornecendo informações completas sobre o

estudo conduzido. As duplicatas entre as bases foram excluídas. Além disso, os estudos deveriam ter sido publicados nos últimos 5 anos, garantindo assim a relevância atual das informações apresentadas. A pesquisa se limitou a artigos concluídos de ensaios clínicos randomizados envolvendo participantes humanos previamente diagnosticados com sarcopenia a partir de algum protocolo reconhecido, que fosse composto por pelo menos um teste funcional ou de imagem. Essa seleção específica visava assegurar que os resultados se baseassem em evidências provenientes de pesquisas controladas e randomizadas, que fornecessem dados tanto do antes quanto do após treino, e que os resultados fossem aplicáveis à sarcopenia.

Para evitar a influência de variáveis externas, como a intervenção com dieta, ou a presença de doenças atreladas ao estudo, como obesidade, osteopenia, câncer, diabetes, insuficiência renal, hipertensão e cirrose, somente os estudos que não foram afetados por essas condições foram considerados nesta revisão. Os participantes poderiam ser de qualquer sexo, desde que tivessem mais de 60 anos de idade. Além disso, os artigos selecionados foram exigidos a apresentar um protocolo de treinamento claramente definido e avaliar o impacto deste protocolo de maneira individualizada. Isso permitiu uma análise específica do efeito dos diferentes protocolos de exercícios em pacientes diagnosticados com sarcopenia, excluindo assim a interferência de outras doenças relacionadas.

5. RESULTADOS

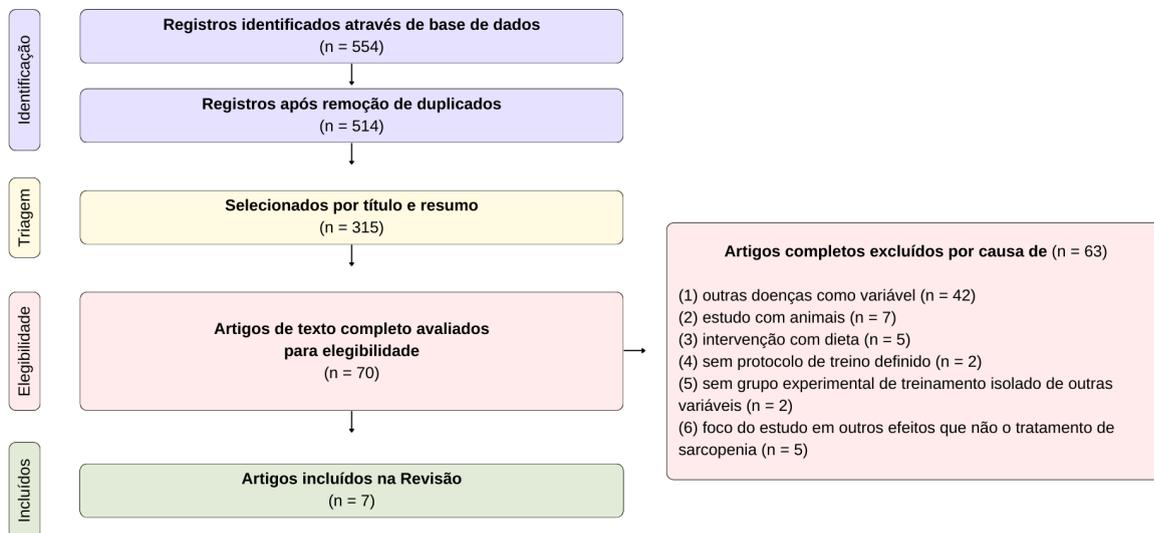
5.1 PESQUISA DE LITERATURA E AVALIAÇÃO DE QUALIDADE

Inicialmente, uma busca abrangente resultou em 554 artigos relevantes, dos quais 40 foram identificados como duplicados e, portanto, excluídos da análise. Posteriormente, uma triagem focada no título, resumo e texto completo foi conduzida segundo o protocolo PRISMA (Figura 5), restando apenas 7 artigos que foram considerados elegíveis para inclusão nesta pesquisa. É relevante notar que essa seleção abrangeu um período de tempo recente, de 2019 a 2023, garantindo uma análise atualizada das fontes disponíveis.

Nesta revisão sistemática, foi aplicada uma avaliação do score PEDro para cada um dos estudos incluídos. A escala PEDro é composta por 11 critérios, mas três deles foram desconsiderados neste estudo, pois não eram aplicáveis ao tipo de pesquisa. A média geral dos scores PEDro para os artigos avaliados foi de 7,83 com um desvio padrão de 0,41. Cinco dos

artigos avaliados obtiveram um score PEDro de 8, enquanto dois artigos receberam um score de 7.

Figura 5 - Fluxograma PRISMA



Fonte: Bruna C Santos, 2023.

5.2 CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES

Os estudos analisados totalizaram 398 indivíduos, com idades variando de 60 a 70 anos. Os experimentos utilizaram diferentes configurações de grupos, incluindo treinamento resistido misto com exercícios específicos, grupos de treinamento resistido, e grupos de controle. Houve variação no número de participantes que concluíram os estudos, com alguns estudos relatando desistências ao longo do período experimental.

No estudo conduzido por Wei et al. (2022), 90 participantes foram distribuídos em três grupos: Grupo de Treinamento Resistido Misto com Exercícios de Yi Jin Jing (YR), Grupo de Treinamento Resistido (TR) e Grupo Controle (GC). Cada grupo consistiu em 30 participantes, todos com idade superior a 60 anos. Para avaliação corporal e diagnóstico da sarcopenia empregaram uma análise de Bioimpedância Portátil (BIA), associada a critérios específicos de velocidade da marcha e força de preensão manual (HGS), conforme estabelecidos pelo Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS).

No estudo de Chen et al. (2023), um total de 60 participantes foram inicialmente envolvidos, divididos em Experimental (n=25) e Controle (n=24). No entanto, 11 participantes desistiram ao longo do experimento. Todos os participantes tinham idade acima de 60 anos. Como forma de diagnóstico, também utilizaram os critérios estabelecidos pela AWGS, avaliando fatores como a Massa Muscular (SMI) por meio da Área de Secção

Transversal do Músculo ajustada com a altura, medida por BIA, além da força de preensão manual e componentes de performance física, como velocidade de marcha e o teste de cadeira.

O estudo de Vikberg et al. (2019) envolveu 64 participantes, com 31 no grupo experimental e 34 no grupo controle (um participante não concluiu o estudo). Todos os participantes tinham cerca de 70 anos. Para avaliação dos participantes, utilizaram-se critérios de pré-sarcopenia e sarcopenia estabelecidos pelo EWGSOP.

No estudo conduzido por Seo et al (2021), 22 participantes foram distribuídos entre os grupos experimental (n=12) e controle (n=10), todos com idade superior a 65 anos. Diagnosticaram a sarcopenia com base nos critérios do International Working Group on Sarcopenia (IWGS) e EWGSOP, envolvendo avaliações de velocidade de marcha, força de preensão e outros critérios relacionados à obesidade e osteoporose.

Silva et al. (2023) recrutou 74 participantes, com 37 em cada grupo experimental e controle. A idade mínima para a participação foi de 60 anos. Para avaliação da sarcopenia utilizaram testes de força isométrica, força dinâmica máxima, BIA para medir massa muscular e percentual de gordura, além de testes funcionais como o Five Times Sit to Stand e o Time Up and Go Test.

Mori e Tokuda (2022) incluíram um total de 81 participantes distribuídos em três grupos: Treinamento (n=27), Proteína (n=27) e Treinamento + Proteína (n=27). Em cada grupo, alguns participantes não finalizaram o estudo. No diagnóstico da sarcopenia, seguiram os critérios da AWGS de 2014, incluindo baixa força de preensão manual, velocidade habitual de caminhada lenta e baixa velocidade apendicular.

Finalmente, no estudo de Flor-Rufino et al. (2023), 51 participantes foram inicialmente incluídos, com 27 no grupo experimental e 24 no grupo controle. Apenas 38 participantes concluíram o experimento, sendo 20 no grupo experimental e 18 no grupo controle. Como diagnóstico, adotaram os critérios estabelecidos pelo EWGSOP, considerando baixa massa muscular, fraqueza e/ou baixo desempenho funcional para o diagnóstico de sarcopenia.

5.3 PROGRAMA DE TREINAMENTO E PERÍODO DE DURAÇÃO

No que diz respeito aos programas de treinamento e seus períodos de duração, uma análise detalhada revelou uma variedade de abordagens utilizadas nos estudos incluídos

neste trabalho. No estudo conduzido por WEI, Meiqi et al, os participantes foram submetidos a um programa de 24 semanas que envolveu a prática de exercícios de Yi Jin Jing, exercício híbrido baseado no Exercício Tradicional Chinês (CTE), com a quantidade de exercícios aumentando progressivamente na segunda fase. Além disso, um treinamento resistido foi implementado ao longo de três fases, utilizando exercícios como elevações de pernas e rosca direta para bíceps, com variação na intensidade e no número de repetições em cada fase.

Já em Chen et al (2023), um programa de 8 semanas foi conduzido, incorporando o Tai Chi simplificado de 24 formas e exercícios resistido progressivo usando faixas elásticas. O Tai Chi, com seus movimentos fluidos e controlados, foi praticado em duas séries em cada sessão. Paralelamente, os participantes realizaram exercícios resistido progressivo com faixas elásticas, variando a intensidade e o número de repetições em cada sessão.

No experimento conduzido por Vikberg et al (2019), um programa de treinamento de 24 semanas foi implementado, enfatizando exercícios funcionais que visavam fortalecer os músculos dos membros inferiores, incluindo exercícios como agachamentos, flexões de panturrilha, levantar e sentar de uma cadeira, afundo, remo de bíceps, flexões e pontes. A intensidade variou, começando com duas séries de 12 repetições e progredindo para quatro séries de 10 repetições. O uso de faixas de suspensão foi predominante, proporcionando suporte aos exercícios realizados. Além disso, foi oferecido um suplemento líquido proteico aos participantes, porém não era obrigatório o consumo, ainda assim 84% dos indivíduos optaram por consumir.

Em Seo et al (2021), um programa de 16 semanas foi desenvolvido, incorporando uma ampla variedade de atividades, desde exercícios resistidos para diferentes grupos musculares até movimentos corporais lentos, como agachamentos e flexões. A intensidade foi ajustada de acordo com a escala de esforço OMNI para músculos ativos (OMNI-RES AM, 0-extremamente fácil a 10-extremamente difícil), variando de 4 a 8. A duração total dos exercícios resistidos foi de aproximadamente 50 minutos.

No estudo de Silva et al (2023), um programa de 12 semanas foi conduzido, focando exercícios que ativam os principais grupos musculares, incluindo o abdômen e o quadril de forma dinâmica e isométrica. A intensidade foi progressivamente aumentada de 60% para 85% da carga de 1RM (repetição máxima) ao longo das semanas. A execução dos exercícios foi padronizada, com cada repetição tendo 2 segundos de duração na fase excêntrica e 2 segundos na fase concêntrica.

Já em Mori & Tokuda (2022), um programa de 24 semanas foi implementado, utilizando faixas elásticas para exercícios resistido e treinamento corporal para os músculos

dos membros inferiores. A intensidade variou, começando com 50% da carga máxima para os exercícios com faixas elásticas e progredindo para 60-70% da carga máxima para os exercícios corporais. O número de repetições e séries variou ao longo das semanas, com ajustes na intensidade e volume do treinamento.

Por fim, Flor-Rufino et al (2023) empregou o Treinamento Resistido de Alta Intensidade (HIRT, do inglês), envolvendo leg press e extensão de joelhos em máquinas de musculação específicas. A intensidade foi fixada em pelo menos 70% de 1RM, com os participantes realizando três séries de 10 a 15 repetições até a falha momentânea em cada exercício.

5.5 RESULTADOS DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTO

Os estudos analisados evidenciam consistentemente a eficácia do treinamento resistido (RT) na melhoria da condição sarcopênica, aumento da massa muscular (Tabela 4), força de prensão manual, velocidade da marcha e desempenho físico geral. Esta tendência é corroborada por WEI, Meiqi et al. (2022), que relataram uma reversão da sarcopenia em 52,0% dos participantes no grupo de treinamento resistido misto com exercícios de Yi Jin Jing (YR) e 48,0% no grupo de treinamento resistido (RT). Ambos os grupos apresentaram aumentos significativos no índice muscular esquelético (SMI, sigla em inglês, kg/m²), que avalia a massa muscular esquelética em proporção ao quadrado da altura do indivíduo, sendo o do grupo YR de 32,95% e no grupo RT de 25%. Similarmente, Chen et al (2023) observaram ganhos significativos no índice de massa muscular apendicular (ASMM, do inglês, kg) de 1,89%, no índice de massa muscular esquelética (SMI, do inglês, kg/m²) de 1,90% e na massa muscular esquelética (SMM, do inglês, kg) de 0,94%. O aumento no ASMM também foi avaliado por Seo et al (2021), com uma melhoria de 0,81% no grupo experimental.

Tabela 4 - Resultados do treinamento físico sobre parâmetros de diagnóstico da sarcopenia

Medida	Pré Treinamento	Pós Treinamento	Diferença %*	Período de Treinamento (semanas)	Referência
ASMMI (kg/m ²)	5,3	5,4	1,7%	24	Mori & Tokuda (2022)
ASMMI (kg/m ²)	6,2	6,4	3,7%	24	Vikberg et al (2019)
ASMM (kg)	13,7	14	1,9%	8	Chen et al (2023)
ASMM (kg)	12,3	12,4	0,8%	16	Seo et al (2021)
Massa magra (kg)	31,6	31,9	0,9%	16	Seo et al (2021)
Massa magra (kg)	40,8	41,9	2,7%	24	Vikberg et al (2019)
Peso corporal (kg)	76,6	75,8	-1,0%	12	Silva et al (2023)
SMI (kg/m ²)	5,3	5,4	1,9%	8	Chen et al (2023)
SMI (kg/m ²)	5,6	6,0	6,9%	24	Flor-Rufino et al (2023)
SMI (kg/m ²)	5,3	7,0	32,9%	24	Wei et al (2022)
SMM (kg)	19,1	19,3	0,9%	8	Chen et al (2023)
SMM (kg)	35,2	36,3	3,1%	24	Flor-Rufino et al (2023)
TBF (%)	37,1	33,9	-8,4%	12	Silva et al (2023)

Legenda: Os índices dizem respeito à média das medidas dos participantes de cada estudo. ASMMI (Índice de massa muscular esquelética apendicular); ASMM (Massa muscular esquelética apendicular); SMI (Índice muscular esquelético); SMM (Massa muscular esquelética) e TBF (Gordura Corporal Total). * $p < 0,05$.

Fonte: Bruna C Santos, 2023.

Mori et al. (2022) e Vikberg et al (2019) apresentaram um aumento no índice de massa muscular esquelética apendicular (ASMMI, kg/m²), uma métrica que avalia a musculatura dos membros superiores e inferiores em relação à altura do indivíduo, de 1,70% e 3,73%, respectivamente.

A massa magra também foi alvo de avaliação em alguns estudos, Seo et al (2021) registraram um aumento de 0,95% na massa magra ao passo que Vikberg et al. (2019) registrou um aumento de 2,70%. Além disso, Flor-Rufino et al (2023) apresentou uma redução de 8,45% no percentual de gordura corporal com uma queda de apenas 1,03% no peso corporal. Também avaliou um aumento na massa muscular esquelética (SMM, do inglês, kg) de 3,12%.

No que tange à avaliação da aptidão física (Tabela 5), uma das medidas utilizadas é a força de preensão manual (HGS, do inglês, kg), em que todos os estudos que a avaliaram registraram melhorias após a intervenção. Por exemplo, o estudo de Mori & Tokuda (2022) relatou um aumento de aproximadamente 2,44% na força de preensão manual após a intervenção, enquanto o estudo de Vikberg et al (2019) observou um aumento médio de 1,30 kg (4,3%) no grupo de intervenção. Flor-Rufino et al (2023) e Seo et al (2019) apresentaram os maiores aumentos, 9,83% e 16,83%, respectivamente. Já Chen et al (2023), Wei et al (2022) e Silva et al (2023) apresentaram melhoras semelhantes, com 5,02%, 7,66% e 7,86% respectivamente.

Tabela 5 - Compilação de medidas de aptidão física dos artigos analisados.

Medida	Pré Treinamento	Pós Treinamento	Diferença %	Período de Treino (semanas)	Referência
HGS (kg)	15,94	16,74	5,02%	8	Chen et al (2023)
HGS (kg)	17,8	19,55	9,83%	24	Flor-Rufino et al (2023)
HGS (kg)	16,4	16,8	2,44%	24	Mori & Tokuda (2022)
HGS (kg)	20,8	24,3	16,83%	16	Seo et al (2021)
HGS (kg)	28	30,2	7,86%	12	Silva et al (2023)
HGS (kg)	30,7	32	4,23%	24	Vikberg et al (2019)
HGS (kg)	19,7	21,21	7,66%	24	Wei et al (2022)
Sit to stand (s)	9,43	8,25	-12,51%	24	Vikberg et al (2019)
5TCS (s)	11,27	11	-2,40%	8	Chen et al (2023)
5TCS (s)	2,35	3	27,66%	24	Flor-Rufino et al (2023)
5TCS (s)	14	12	-14,29%	12	Silva et al (2023)
velocidade de marcha (s)	1,2	1,25	4,17%	8	Chen et al (2023)
velocidade de marcha (s)	0,79	0,85	7,59%	24	Flor-Rufino et al (2023)
velocidade de marcha (s)	1,03	1,03	0,00%	24	Mori & Tokuda (2022)
velocidade de marcha (s)	0,96	1,14	18,75%	16	Seo et al (2021)
velocidade de marcha (s)	3,29	3,09	-6,08%	24	Vikberg et al (2019)

Legenda: HGS (Força de preensão manual); 5TCS (Teste de Levantar da Cadeira 5 vezes).

Fonte: Bruna C Santos, 2023.

Em relação ao desempenho físico, os estudos indicam uma melhoria na velocidade da marcha e na capacidade de levantar-se de uma posição sentada. Por exemplo, Vikberg et al. (2019) relataram uma diminuição de 0,2 segundos (6,1%) no teste de caminhada, indicando aprimoramento na velocidade, e uma redução de 1,18 segundos (12,5%) no teste de levantar-se de uma posição sentada, sugerindo ganhos na força das extremidades inferiores.

A melhora na velocidade de marcha também foi observada por Flor-Rufino et al (2023) e Seo et al (2019), que registraram uma diminuição de 7,59% e 18,75%, respectivamente, nos metros por segundo percorridos pelos participantes. Mori & Tokuda (2022) por outro lado, não encontraram alterações na velocidade de marcha dos indivíduos. Em contraste com os dados acima, Chen et al (2023) registrou um aumento no tempo, em segundos, de deslocamento dos indivíduos de 4,17%.

Outro teste realizado com os participantes foi o teste de sentar-se e levantar-se da cadeira 5 vezes (5TCS, do inglês). Chen et al (2023) e Silva et al (2023) registraram uma melhora de 2,40% e 14,29%, respectivamente no tempo de teste, ao passo que Flor-Rufino et al (2023) apontou um aumento de 27,7% no tempo necessário para realizar o teste.

6. DISCUSSÃO

Nos últimos cinco anos, foram realizadas várias descobertas acerca dos potenciais tratamentos para a sarcopenia. Apesar da ausência de consenso, observa-se que os exercícios físicos, especialmente aqueles relacionados ao treinamento resistido, têm evidenciado resultados promissores na mitigação dessa condição, em relação a melhoria da aptidão física e aumento na massa muscular dos indivíduos.

Seo et al (2021) e Flor-Rufino et al (2023) observaram melhorias significativas tanto na força de preensão manual quanto na velocidade da marcha após a implementação de tais protocolos. No entanto, é importante notar que os protocolos utilizados por esses dois grupos de pesquisa foram distintos, o que pode ter influenciado os resultados. Além disso, Silva et al. (2023) relataram uma melhora na força de preensão manual, mas não na velocidade da marcha, após um treinamento resistido de 12 semanas. Essas discrepâncias nos resultados levantam questões sobre a eficácia dos diferentes protocolos de Treinamento Resistido e o tempo necessário para observar melhorias significativas. Embora não possamos afirmar definitivamente que o período de treinamento tenha interferido nos resultados, a

relevância clínica de um estudo que investigou os efeitos de um mesmo protocolo em diferentes períodos de tempo é inegável.

A combinação de treinamentos resistidos com outros tipos de exercícios tem sido explorada em estudos recentes como uma estratégia potencialmente eficaz para tratar a sarcopenia em idosos. Wei et al (2022), por exemplo, implementaram uma abordagem híbrida que combinava o Exercício Resistido (RET) e o Yi Jin Jing, um exercício baseado no Exercício Tradicional Chinês (CTE). Embora a intervenção tenha mostrado melhorias significativas em medidas como o SMI (do inglês, índice muscular esquelético) e a HGS (do inglês, força de prensão manual), especialmente no grupo que combinou RET e Yi Jin Jing, a intervenção não conseguiu reverter o acúmulo de gordura intersticial. Isso sugere que a intensidade do exercício pode não ter sido suficiente, levantando questões sobre a necessidade de ajustar a intensidade ou a combinação de exercícios em futuros protocolos.

Chen et al (2023) também exploraram a eficácia de um protocolo combinado, neste caso, incorporando o Treinamento Resistido Progressivo de Thera Band e a arte marcial chinesa Tai Chi. Os resultados mostraram melhorias no desempenho físico, ASMM e força de prensão manual. Além disso, Chen et al (2023) destacaram a importância de considerar o impacto da saúde mental em idosos com sarcopenia e como o exercício físico pode contribuir para melhorar a satisfação, autoeficácia e qualidade de vida desses indivíduos. Esse aspecto da pesquisa sugere que a eficácia dos protocolos de exercícios pode não estar limitada apenas a melhorias físicas, mas também pode ter implicações significativas para a saúde mental e o bem-estar geral dos idosos com sarcopenia.

Vikberg et al (2019) realizaram um estudo com indivíduos diagnosticados com pré-sarcopenia, nesse contexto, há a diminuição da massa muscular no indivíduo decorrente do envelhecimento, porém não causa impactos significativos na força muscular ou na aptidão física do idoso. Neste estudo, exercícios funcionais destinados a fortalecer os músculos dos membros inferiores foram implementados, utilizando o próprio peso do corpo e faixas de suspensão. Os resultados mostraram melhorias notáveis em várias métricas, incluindo o ASMMI, a massa magra e a força de prensão manual. Além disso, uma diminuição no tempo necessário para realizar o teste de sentar-se e levantar-se sugere um aumento na força das pernas. Esses resultados reforçam a ideia de que o exercício físico pode ser uma ferramenta eficaz na prevenção da sarcopenia, com potencial para reduzir a perda de força muscular e promover o aumento da massa muscular. Isso sugere a necessidade de mais pesquisas para otimizar estratégias de exercícios para a prevenção e o tratamento da sarcopenia.

Uma alternativa de tratamento consiste em abordagens vinculadas a intervenções nutricionais específicas. Na presente revisão, foram excluídos os estudos que empregaram essa modalidade de tratamento sem a constituição de um grupo experimental exclusivamente dedicado ao exercício físico. Apenas um artigo que fazia uma ação combinada de treinamento e intervenção nutricional foi selecionado. Mori & Tokuda (2022) oferecem uma perspectiva única ao analisar o destreinamento após uma intervenção combinada de suplementação de proteína de soro de leite enriquecida com leucina e treinamento resistido. Embora os efeitos do destreinamento não tenham sido considerados nesta revisão, os resultados do grupo experimental que se submeteu apenas ao treinamento mostraram melhorias no HGS e no ASMMI, mas não na velocidade de marcha. Isso sugere a necessidade de incorporar métodos de treinamento de marcha em futuros protocolos. Além disso, o estudo de Mori & Tokuda (2022) indica que a ingestão de proteínas pode ter efeitos benéficos a longo prazo, especialmente durante o período de destreinamento, embora não tenha havido diferenças significativas entre os grupos experimentais durante o período de treino. Esses achados destacam a complexidade das abordagens de tratamento para a sarcopenia e a necessidade de mais pesquisas para otimizar as estratégias de intervenção.

Em relação à composição corporal, o treinamento resistido demonstra efeitos positivos significativos na massa muscular, massa magra e percentual de gordura. Os estudos de Chen et al. (2023) e Seo et al. (2021) destacam a influência que diferentes protocolos de treinamento resistido podem ter na composição corporal. É interessante notar que, apesar de um período de treinamento mais curto, o estudo de Chen et al., que combinou Tai Chi com treinamento resistido, relatou uma melhora maior na ASMM em comparação com o estudo de Seo et al., que utilizou exclusivamente o treinamento resistido. Essa observação sugere que não apenas a duração do treinamento, mas também os protocolos de treinamento adotados, desempenham um papel importante nos resultados obtidos. Esses achados reforçam a necessidade de mais pesquisas para entender melhor como otimizar protocolos de treinamento resistido e possíveis combinações com outras modalidades de exercício para melhorar a composição corporal e combater a sarcopenia.

No mesmo contexto, tanto Vikberg et al. (2019) quanto Mori & Tokuda (2022) observaram um aumento significativo no ASMMI em seus respectivos estudos. Interessantemente, o estudo de Vikberg et al. (2019) relatou um incremento maior no ASMMI em comparação com o estudo de Mori & Tokuda (2022). Esses resultados foram obtidos através de regimes de treinamento semelhantes, com foco nos membros inferiores e incorporação de faixas elásticas, durante um período de 24 semanas. Essas descobertas

reforçam a hipótese de que certos protocolos de treinamento podem ser mais eficazes na promoção do aumento e fortalecimento da massa muscular. Vikberg et al. (2019) utilizaram exercícios como agachamentos, flexões de panturrilha, levantar e sentar de uma cadeira, afundo, remo de bíceps, flexões e pontes. Já Mori & Tokuda (2022) empregaram exercícios específicos, como pressão de peito sentado, remada sentada, extensões de joelho, agachamentos, elevação de joelhos, levantar e sentar de uma cadeira, e extensões de perna.

O Índice Muscular Esquelético (do inglês, SMI) tem sido um foco de análise em várias pesquisas recentes. Chen et al (2023), Flor-Rufino et al (2023) e Wei et al (2023) relataram aumentos notáveis neste índice em seus respectivos estudos. No entanto, é importante observar que, Chen et al. apresentou um aumento menor comparado aos outros dois estudos, uma diferença que pode ser atribuída ao seu menor período de duração, de 8 semanas. Além disso, apesar de Flor-Rufino et al e Wei et al terem conduzido seus protocolos pelo mesmo período de 24 semanas, a diferença entre os resultados obtidos por cada estudo foi bastante significativa. Essas observações destacam a complexidade dos efeitos do treinamento resistido no Índice Muscular Esquelético e a necessidade de mais pesquisas para otimizar as estratégias de intervenção.

Apesar dessa diferença temporal, Wei et al (2023) observaram um aumento notável no IME, mesmo em comparação com Flor-Rufino et al (2023) que adotou o mesmo período de treino. O aumento foi maior no grupo com o exercício combinado em comparação ao grupo somente com treinamento resistido. No entanto, os autores alertam para uma interpretação cautelosa desses resultados, dado que o mecanismo de ação do Yi Jin Jing ainda não está completamente elucidado. Adicionalmente, sugerem que a incorporação de treinamento aeróbico à rotina de exercícios pode trazer benefícios à aptidão física, como aprimoramento do metabolismo de gordura. Essa melhoria está associada ao aumento do volume/densidade mitocondrial do músculo esquelético, o que resulta em uma maior oxidação de gordura nos músculos, tanto em repouso quanto em atividades de baixa intensidade.

Por outro lado, Silva et al (2023) não encontraram alterações no Índice de Massa Muscular (IMM, kg) após 12 semanas de treinamento. No entanto, os resultados mostraram uma redução significativa no percentual de gordura corporal, enquanto o peso corporal apresentou uma redução menor. Esses achados sugerem que, apesar da ausência de alterações no IMM, houve uma melhora na composição corporal dos participantes, com uma diminuição significativa da gordura corporal e possivelmente um aumento correspondente na massa muscular. Esses resultados, segundo Silva et al (2023) são consistentes com estudos anteriores que demonstraram os efeitos positivos do treinamento resistido na redução da gordura

corporal e no aumento da massa muscular, no entanto, contrasta com o estudo de SEO, Myong-Won et al (2021), que encontrou uma redução pequena na massa gorda no grupo de treinamento. Apesar disso, os achados de Silva et al. (2023) estão em linha com os estudos de Vikberg et al (2019) que encontraram um aumento na massa magra dos indivíduos submetidos ao protocolo de treinamento.

Os estudos incluídos nesta revisão revelam um aumento na força de preensão manual, um resultado alinhado com as expectativas de treinamentos físicos para idosos, conforme sugerido pelo American College of Sports Medicine (ACSM). De acordo com o ACSM, o fortalecimento muscular pode gerar um incremento na força e resistência muscular, aspectos fundamentais para preservar a funcionalidade e a independência física nessa faixa etária (NELSON et al., 2007).

O ACSM também destaca que a prática de treinos de resistência pode impulsionar o aumento da massa muscular magra, que auxilia na diminuição de gordura corporal, resultando em uma composição corporal mais saudável. A rotina de fortalecimento muscular pode incrementar a massa muscular, elemento essencial para a manutenção da força, funcionalidade e metabolismo em pessoas mais velhas. Além dos ganhos musculares, o treinamento de força pode melhorar a densidade óssea, diminuindo o risco de osteoporose e fraturas nessa população. A manutenção da massa muscular magra, que tende a reduzir com o avanço da idade, pode ser favorecida pelos exercícios de resistência, contribuindo para uma estrutura corporal mais saudável e funcional (NELSON et al., 2007).

Já a melhora nos índices de massa muscular esquelética e na composição corporal podem ser explicados pelos fatores fisiológicos. O treinamento resistido leva à hipertrofia muscular, um processo que amplia o tamanho das fibras musculares tipos I e II. Adicionalmente, as adaptações ao treinamento resistido são mediadas pelas respostas hormonais agudas ao exercício. Uma combinação de resposta hormonal aguda a uma sessão de exercício e estímulos mecânicos da contração muscular promove o crescimento e a remodelação muscular, culminando em aumentos na força e na hipertrofia muscular (FRAGALA et al., 2019).

Essas adaptações fisiológicas e endócrinas resultantes do treinamento resistido não apenas melhoram a massa muscular esquelética e a composição corporal, mas também têm um impacto significativo na remissão da sarcopenia. Ao aumentar a força e o tamanho muscular, e promover o crescimento e a remodelação muscular, o treinamento resistido pode ajudar a combater a perda de massa muscular e a fraqueza associadas à sarcopenia. Portanto, o treinamento resistido é uma estratégia eficaz para melhorar a saúde muscular em indivíduos

idosos, contribuindo para a melhora e potencial reversão da sarcopenia (FRAGALA et al., 2019).

Ainda que haja diversas estratégias que se mostram eficazes para a reversão parcial ou completa da sarcopenia, ainda há lacunas a serem preenchidas. Wei et al (2022) apresenta que mesmo o programa de exercícios híbridos tenha mostrado melhora na força e resistência muscular, ainda apresenta limitações em termos de gordura muscular.

Chen et al (2023) trouxeram que o estudo carece de separação de subgrupos de intensidade para determinar a frequência/tempo ideal. Além disso, a importância crescente da saúde mental em idosos com sarcopenia sugere a necessidade de mais estudos para analisar os efeitos do exercício na satisfação, autoeficácia e qualidade de vida.

Seo et al (2021), Vikberg et al (2019) e Mori & Tokuda (2022) colocaram que a principal limitação do estudo é o tamanho amostral, que poderia ter influenciado os resultados. Além disso, no estudo dirigido por Vikberg et al (2019) foi oferecido um suplemento nutricional opcional aos participantes, dos quais 84% optaram por consumir, porém não houve grupos amostrais específicos para o consumo ou não do suplemento, logo não foi possível determinar se os efeitos observados da intervenção foram devidos ao programa de treinamento e/ou à bebida de recuperação.

Este estudo encontrou algumas limitações. A definição de um intervalo de publicação estreito, com o propósito de assegurar a relevância dos resultados, resultou em uma escassez de artigos que se adequavam aos critérios estipulados. No entanto, a escassez é um reflexo da aplicação de critérios rigorosos que garantiram um alto padrão de qualidade no trabalho. Através dos critérios de exclusão, buscou-se minimizar a interferência de outras variáveis, como comorbidades associadas à sarcopenia e outras estratégias terapêuticas, como a suplementação nutricional.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática da literatura científica dos últimos cinco anos indica que o exercício físico possui um papel importante na mitigação da sarcopenia. Os estudos analisados mostraram melhorias na força de preensão manual, na velocidade da marcha, na massa muscular e no desempenho físico de indivíduos idosos sarcopênicos que participaram de programas de exercícios. Mesmo que as variações apresentadas por alguns trabalhos tenham sido baixas, é importante destacar que nessa fase da vida, é esperado que haja um declínio na força e massa muscular, bem como no desempenho físico. Portanto, o fato de os

protocolos terem conseguido manter esses indicadores estáveis, ao invés de observar uma redução, é um fator de relevância significativa. Há evidências de que diferentes modalidades de exercício podem ter impactos variados. Em especial, alguns artigos que traziam treinamentos resistidos isolados e/ou combinados com outras modalidades se mostraram mais capazes de produzir aumentos significativos em indicadores como a Força de Preensão Manual (do inglês, HGS) e o Índice Muscular Esquelético (do inglês, SMI). Estudos também destacam a relevância da duração do programa de exercícios e a variedade dos protocolos utilizados, os quais podem influenciar os resultados obtidos. A presente revisão conclui que, apesar de os desafios persistirem, o exercício físico, em especial o treinamento resistido, se mostra como uma estratégia capaz de promover a manutenção e desenvolvimento da massa muscular, aumento da força muscular e na mobilidade em idosos com sarcopenia. Estudos futuros, com amostras maiores e metodologias mais refinadas, são necessários para esclarecer as melhores práticas, períodos de intervenção e para explorar a eficácia de outras modalidades de exercício no tratamento da sarcopenia.

REFERÊNCIAS

BAUMGARTNER, Richard N. et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. **American journal of epidemiology**, v. 147, n. 8, p. 755-763, 1998.

CAHUE, Fabio et al. Mecanismos Intracelulares da Hipertrofia Muscular: Por que o Músculo Aumenta de Tamanho quando Realizamos Exercícios com Pesos? Uma Revisão de Literatura: Intracellular Mechanisms of Muscle Hypertrophy: Why Does Muscle Increase in Size When Exercing with Weights? A Literature Review. **JIM-Jornal de Investigação Médica**, v. 1, n. 1, p. 14-25, 2020.

CALO, Natalia Causada; FERREIRA, Juliana Carvalho; PATINO, Cecilia Maria. Revisões sistemáticas: uma breve visão geral. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 46, p. e20200475, 2020.

CHEN, Bo-yuan et al. Effect of a moderate-intensity comprehensive exercise program on body composition, muscle strength, and physical performance in elderly females with sarcopenia. **Heliyon**, v. 9, n. 8, 2023.

CRUZ-JENTOFT, Alfonso J. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. **Age and ageing**, v. 39, n. 4, p. 412-423, 2010.

COIN, Alessandra et al. Prevalence of sarcopenia based on different diagnostic criteria using DEXA and appendicular skeletal muscle mass reference values in an Italian population aged 20 to 80. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 14, n. 7, p. 507-512, 2013.

CHIEN, Meng-Yueh; HUANG, Ta-Yi; WU, Ying-Tai. Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 56, n. 9, p. 1710-1715, 2008.

DAMAS, Felipe et al. A review of resistance training-induced changes in skeletal muscle protein synthesis and their contribution to hypertrophy. **Sports medicine**, v. 45, p. 801-807, 2015.

DA SILVA ALEXANDRE, Tiago et al. Prevalence and associated factors of sarcopenia among elderly in Brazil: findings from the SABE study. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 18, p. 284-290, 2014.

DELMONICO, Matthew J. et al. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 55, n. 5, p. 769-774, 2007.

FLOR-RUFINO, Cristina et al. Fat infiltration and muscle hydration improve after high-intensity resistance training in women with sarcopenia. A randomized clinical trial. **Maturitas**, v. 168, p. 29-36, 2023.

FRAGALA, Maren S. et al. Treinamento de resistência para idosos: declaração de posição da associação nacional de força e condicionamento. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 8, 2019.

FRIED, Linda P. et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 56, n. 3, p. M146-M157, 2001.

HUNTER, Gary R.; MCCARTHY, John P.; BAMMAN, Marcos M. Effects of resistance training on older adults. **Sports medicine**, v. 34, p. 329-348, 2004.

LAURETANI, Fulvio et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. **Journal of applied physiology**, v. 95, n. 5, p. 1851-1860, 2003.

LEITE, Leni Everson de Araújo et al. Envelhecimento, estresse oxidativo e sarcopenia: uma abordagem sistêmica. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 15, p. 365-380, 2012.

MARTINEZ, Bruno Prata; CAMELIER, Fernanda Warken Rosa; CAMELIER, Aquiles Assunção. Sarcopenia em idosos: um estudo de revisão. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 4, n. 1, p. 62-70, 2014.

MORI, Hiroyasu; TOKUDA, Y. De-Training Effects Following Leucine-Enriched Whey Protein Supplementation and Resistance Training in Older Adults with Sarcopenia: A Randomized Controlled Trial with 24 Weeks of Follow-Up. *The journal of nutrition, health & aging*, v. 26, n. 11, p. 994-1002, 2022.

MORLEY, John E. et al. Sarcopenia. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 137, n. 4, p. 231-243, 2001.

NELSON, Miriam E. et al. Atividade física e saúde pública em idosos: recomendação do **American College of Sports Medicine e da American Heart Association**. *Circulação*, v. 116, n. 9, pág. 1094, 2007.

PETERSON, Mark D.; SEN, Ananda; GORDON, Paul M. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 2, p. 249, 2011.

PIERINE, Damiana Tortolero; NICOLA, Marina; OLIVEIRA, Érick Prado. Sarcopenia: alterações metabólicas e consequências no envelhecimento. **Revista brasileira de Ciência e Movimento**, v. 17, n. 3, p. 96-103, 2009.

SILVA, Ana Carolina et al. 12 weeks of resistance training with progressive intensity improves the diagnostic parameters of sarcopenia in individuals of advanced age. **Geriatric Nursing**, v. 54, p. 60-65, 2023.

SEO, Myong-Won et al. Effects of 16 weeks of resistance training on muscle quality and muscle growth factors in older adult women with sarcopenia: a randomized controlled trial. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 13, p. 6762, 2021.

TEIXEIRA, Vivian de Oliveira Nunes; FILIPPIN, Lidiane Isabel; XAVIER, Ricardo Machado. Mechanisms of muscle wasting in sarcopenia. **Revista brasileira de reumatologia**, v. 52, p. 252-259, 2012.

VIKBERG, Sanna et al. Effects of resistance training on functional strength and muscle mass in 70-year-old individuals with pre-sarcopenia: a randomized controlled trial. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 20, n. 1, p. 28-34, 2019.

WEI, Meiqi et al. Hybrid exercise program for sarcopenia in older adults: the effectiveness of explainable artificial intelligence-based clinical assistance in assessing skeletal muscle area. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 16, p. 9952, 2022.