

ARTIGO DE REVISÃO DE LITERATURA

ATIVIDADE FÍSICA COMO FORMA DE PREVENÇÃO DA SARCOPENIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

PHYSICAL ACTIVITY AS A MEANS OF PREVENTING SARCOPENIA: A SYSTEMATIC REVIEW

ACTIVIDAD FÍSICA COMO MEDIO DE PREVENCIÓN DE LA SARCOPENIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Lara Martins Pessoa  

Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, Montes Claros (MG), Brasil
E-mail: laararutis@gmail.com

Luana Cipriano Dias  

Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, Montes Claros (MG), Brasil
E-mail: luanadias1307@gmail.com

Letícia Gabrielle Gomes Silva  

Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, Montes Claros (MG), Brasil
E-mail: leticiagabriellegomess@gmail.com

Daniel Antunes Freitas  

Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, Montes Claros (MG), Brasil
E-mail: danielmestradounincor@yahoo.com.br

Wellington Danilo Soares  

Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, Montes Claros (MG), Brasil
E-mail: wdansoa@yahoo.com.br

Data de Submissão: 07/04/2022 - Data de Publicação: 29/08/2024

Como citar: PESSOA, L. M. *et al.* Atividade física como forma de prevenção da sarcopenia: uma revisão sistemática. **Revista Eletrônica Nacional de Educação Física** - RENEF, v. 15, n. 24, jun. 2024. <https://doi.org/10.46551/rn20241524000101>

RESUMO

A sarcopenia é um transtorno progressivo e degenerativo do músculo esquelético. Na sarcopenia há baixa massa muscular e baixa força muscular, o que resulta em perda de funções cotidianas e maior risco de quedas. A prevenção da ocorrência dessa condição é fundamental para garantia de maior qualidade de vida para os idosos. O objetivo deste trabalho é analisar a relevância da atividade física como meio de prevenção da sarcopenia. Trata-se de uma revisão sistemática conduzida conforme as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Review Protocols* (PRISMA), buscando responder: qual a relevância da atividade física para a prevenção e controle da sarcopenia e quais as indicações? A prática de treinos de resistência, associada com treinos aeróbicos são necessários para a prevenção da sarcopenia na população. A revisão destaca a necessidade de estratégias de intervenção eficazes ainda na juventude, visando melhorar a qualidade de vida a longo prazo e mitigar o desenvolvimento da sarcopenia. Há necessidade de individualizar as recomendações de exercícios físicos, principalmente em relação aos diferentes gêneros ou condições associadas dos indivíduos, como obesidade. Ainda, a prevenção da sarcopenia está alinhada com a prevenção de outras condições degenerativas do processo de envelhecimento, como a osteoporose.

Palavras-chave: Prevenção. Controle. Sarcopenia. Exercício. Atividade Física.

ABSTRACT

Sarcopenia is a progressive and generalized skeletal muscle disorder. In sarcopenia there is low muscle mass and low muscle strength, which results in loss of daily functions and increased risk of falls. Preventing the occurrence of this condition is essential to guarantee a higher quality of life for the elderly. The objective of this work is to analyze the relevance of physical activity as a means of preventing sarcopenia. It is a systematic review conducted according to the Preferred Reporting Items for Systematic Review Protocols (PRISMA) guidelines, seeking to answer: what is the relevance of physical activity for the prevention and control of sarcopenia and what are the indications? The practice of resistance training, associated with aerobic training, is necessary to prevent sarcopenia in the population. The review highlights the need for effective intervention strategies even in youth, aiming to improve long-term quality of life and mitigate the development of sarcopenia. There is a need to individualize physical exercise recommendations, especially in relation to different genders or associated conditions of individuals, such as obesity. Furthermore, the prevention of sarcopenia is aligned with the prevention of other degenerative conditions of the aging process, such as osteoporosis.

Keywords: Prevention. Control. Sarcopenia. Physical activity.

RESUMEN

La sarcopenia es un trastorno progresivo y degenerativo del músculo esquelético. En la sarcopenia hay baja masa muscular y baja fuerza muscular, lo que se traduce en pérdida de funciones diarias y mayor riesgo de caídas. Prevenir la aparición de esta afección es fundamental para garantizar una mayor calidad de vida a las personas mayores. El objetivo de este trabajo es analizar la relevancia de la actividad física como medio para prevenir la sarcopenia. Esta es una revisión sistemática realizada de acuerdo con las directrices de la Preferred Reporting Items for Systematic Review Protocols (PRISMA), buscando responder: ¿cuál es la relevancia de la actividad física para la prevención y control de la sarcopenia y cuáles son sus indicaciones? La práctica del entrenamiento de resistencia, asociado al entrenamiento aeróbico, es necesaria para prevenir la sarcopenia en la población. La revisión destaca la necesidad de estrategias de intervención efectivas incluso en los jóvenes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida a largo plazo y mitigar el desarrollo de sarcopenia. Existe la necesidad de individualizar las recomendaciones de ejercicio físico, especialmente en relación con diferentes géneros o condiciones asociadas de los individuos, como la obesidad. Además, la prevención de la sarcopenia está alineada con la prevención de otras afecciones degenerativas del proceso de envejecimiento, como la osteoporosis.

Palabras clave: Prevención. Control. Sarcopenia. Ejercicio. Actividad física

INTRODUÇÃO

A sarcopenia pode ser definida como um transtorno progressivo e generalizado do músculo esquelético que está associado à probabilidade de diversos resultados adversos, incluindo quedas, fraturas, incapacidade física e mortalidade (Sung *et al.*, 2022). Na sarcopenia há baixa massa muscular, que se traduz em baixa força muscular e perda de funções cotidianas.

O maior fator de risco para a ocorrência da sarcopenia é o próprio envelhecimento, uma vez que a massa muscular diminui aproximadamente 3-8% por década após os 30 anos de idade, diminuindo em uma taxa ainda maior após os 60 anos (Veen *et al.*, 2021). Além desse principal fator de risco, o sedentarismo, em qualquer idade, é um grande fator que pode levar à sarcopenia (Mena-Montes *et al.*, 2021).

A população acima dos 60 anos é estimada em 11% da população atualmente, sendo esperado dobrar esse número até 2050, atingindo 22% da população (Aragon; Tipton; Schoenfeld, 2023). Tal fato se torna um fator preocupante quando analisado que com o aumento do envelhecimento da população, há maior incidência de doenças crônicas que levam à morbidade, sendo a sarcopenia uma das mais estudadas atualmente e reconhecida pela Classificação Internacional de Doenças (CID-10M62.84) da Organização Mundial de Saúde (OMS) desde 2016.

A sarcopenia em si aumenta significativamente o risco de transtornos e eventos adversos, impactando a saúde das pessoas como um todo (Boccardi, 2024). Porém, ainda não há um tratamento farmacológico aprovado para uso em pacientes com disfunção muscular. Logo, assim que se desenvolve, a sarcopenia se torna desafiadora para contrariar a perda de músculo e queda progressiva funcional (Choe *et al.*, 2022). Assim, com o aumento expressivo da taxa de envelhecimento da população, aliada à iminência de sarcopenia nessas pessoas e redução funcional, a prevenção se torna a primeira resposta necessária para melhoria da qualidade de vida.

Atualmente, sabe-se que a prática de atividade física é a principal forma de prevenção, controle e tratamento da sarcopenia de acordo com os protocolos do *American College of Sports Medicine*. A adequação da dieta é importante para complementar a prevenção da evolução da sarcopenia, porém é a prática de exercícios que possui maior resposta no aumento da massa muscular e da taxa metabólica (Choi; Kim; Bae, 2021).

Assim, o presente estudo possui como objetivo revisar os estudos atuais acerca da relevância da prevenção da sarcopenia por meio da atividade física, sintetizando os principais resultados e fornecendo uma visão ampliada dessa forma de prevenção.

MÉTODO

O estudo consiste em uma revisão sistemática, um método de investigação científica observacional e retrospectivo. Para maior rigor metodológico, o estudo foi conduzido pelas normas do *Preferred Reporting Items for Systematic Review Protocols* (Protocolo PRISMA 2020), se atentando em responder qual a relevância da atividade física para a prevenção e controle da sarcopenia e quais as indicações?

A busca dos artigos foi realizada em julho de 2024 nas bases de dados da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e *Pubmed*. Para a pesquisa foram utilizados os seguintes descritores combinados “*Sarcopenia*”, “*Prevention and control*” e “*Exercise*”. Todos os descritores são reconhecidos como termos no *Medical Subject Headings* (MeSH) ou Descritores em Ciências da Saúde (DeCS).

Os filtros utilizados na plataforma BVS após a utilização de todos os descritores associados ao operador booleano “AND” foram: texto completo, assunto principal Sarcopenia, idioma inglês ou português e intervalo de publicação entre 2021 e 2024, resultando em 98 artigos para análise inicial. Já na *Pubmed* foram filtrados os estudos encontrados utilizando os mesmos descritores e operador booleano “AND”, pelos filtros: intervalo de tempo entre 2021 e 2024, texto completo e gratuito em idiomas inglês e português, resultando em 123 artigos para análise.

Os estudos selecionados para o processo de revisão após a aplicação dos filtros se basearam na análise dos artigos e busca de dados relevantes que complementassem a pesquisa. Inicialmente foram analisados os títulos e resumos e, caso se destacassem como relevantes para o objetivo do estudo, os artigos seriam selecionados para a leitura íntegra. Assim, tal triagem foi realizada por dois revisores independentes.

Os estudos selecionados para análise foram incluídos na revisão ao atender os seguintes critérios: texto completo disponível nos idiomas inglês e português, publicados entre 2021 e 2024 e possuindo como assunto principal a atividade física como forma de prevenção da sarcopenia.

A partir disso foram excluídos estudos que não estivessem entre os idiomas selecionados, cujo texto não estava disponível integralmente de forma gratuita ou que

fossem publicados anteriormente ao ano de 2021, artigos que não possuíam como assunto principal a atividade física como forma de prevenção da sarcopenia, artigos que estivessem duplicados nas bases de dados e artigos que possuíam como foco a prevenção da sarcopenia pela nutrição.

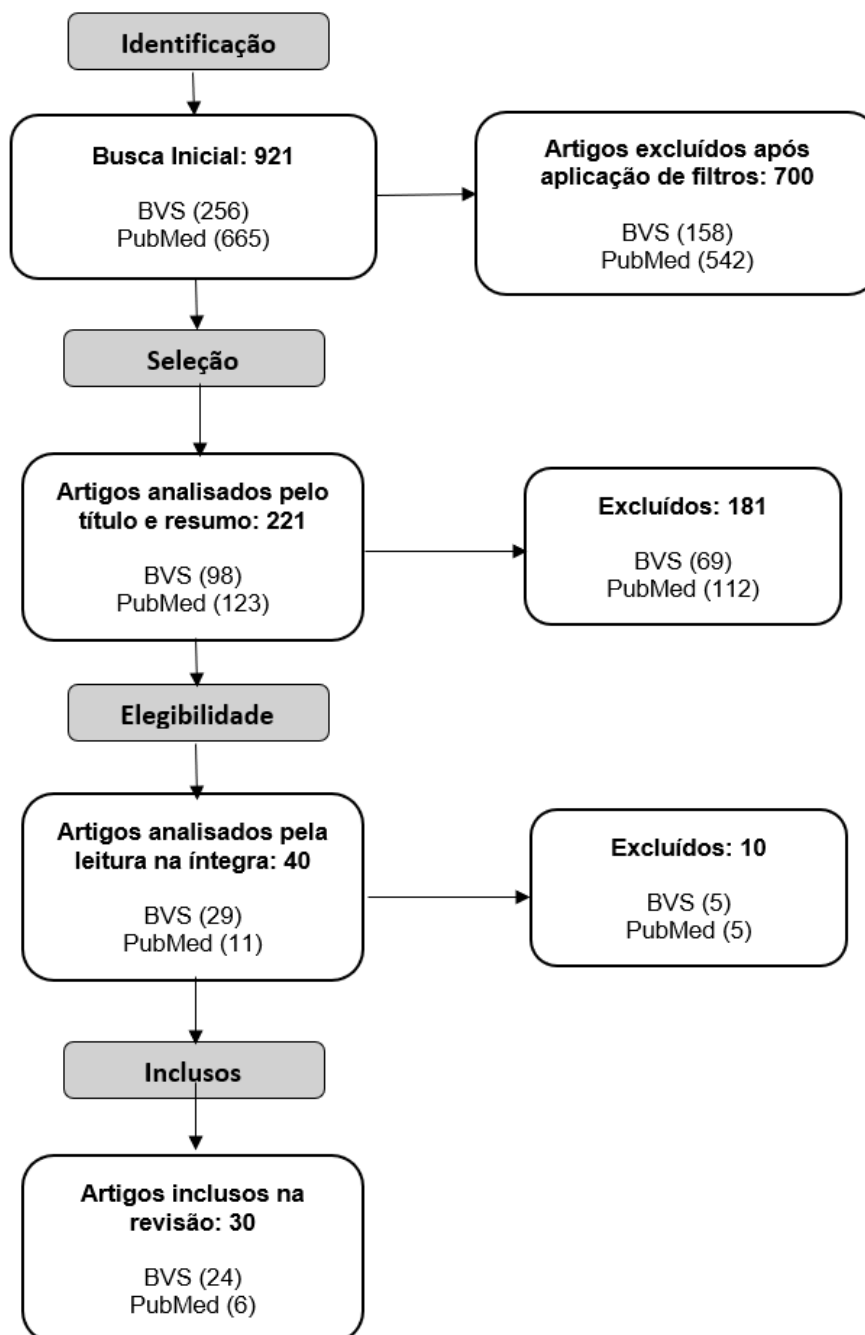
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa feita utilizando os descritores e sem os filtros resultou em 256 estudos na BVS e 665 na plataforma *Pubmed*, com um total de 921 estudos encontrados. Após a aplicação dos filtros, a BVS apresentou um total de 98 artigos e na plataforma *Pubmed* foram encontrados 123 artigos.

Após a leitura dos títulos e resumos, extraiu-se 40 artigos para leitura integral e análise, sendo 29 artigos da plataforma BVS e 11 encontrados na *Pubmed*. Dos 98 artigos encontrados primeiramente na pesquisa da BVS, oito não estavam disponíveis gratuitamente e 61 não abordavam o assunto central selecionado para o presente estudo. Já relacionado aos 123 artigos encontrados na plataforma *Pubmed*, 22 estavam duplicados em relação aos selecionados na plataforma BVS e 90 não possuíam o assunto central selecionado para o estudo, assim foram selecionados 11 artigos da *Pubmed*.

Após a leitura dos 40 artigos selecionados, ainda foram excluídos mais 10 artigos, cinco da BVS e cinco da *Pubmed* por não apresentarem a sarcopenia como assunto principal do texto e das conclusões. Sendo assim, foram inclusos 30 artigos para o presente estudo.

Figura – Fluxograma de identificação, triagem e inclusão dos estudos selecionados:



Os estudos inclusos no presente artigo foram analisados de forma integral e completa. O quadro sintetiza os resultados encontrados após a leitura crítica dos artigos selecionados:

Quadro – Artigos analisados e selecionados para a revisão sistemática.

Autoria/ano	Título	Objetivo	Conclusões	Situação de exercício e variáveis
Aragon; Tipton; Schoenfeld (2023).	Age-related muscle anabolic resistance: inevitable or preventable?	Abordar os principais fatores e elementos contextuais envolvidos na redução da síntese proteica muscular aguda (MPS) associada ao envelhecimento e suas variadas consequências.	O aumento da suscetibilidade à resistência anabólica parece ser uma consequência inevitável da idade avançada. A diminuição do comprometimento da MPS relacionada à idade foi observada quando a nutrição e atividade física são adequados.	Exercício resistido com progressão de carga e frequência de 1-6 treinos por semana, 1-3 sets e 6-15 repetições.
Boccardi (2024).	Sarcopenia: A dive into metabolism to promote a multimodal, preventive and regenerative approach	Entender e identificar a sarcopenia para otimizar os resultados clínicos e aumentar a qualidade de vida no processo de envelhecimento.	Ao reconhecer a sarcopenia como uma condição vitalícia, fortalecer os músculos ou prevenir sua degradação representa a cura da sarcopenia.	Atividade física. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.
Agostini <i>et al.</i> (2023).	An Integrated Approach to Skeletal Muscle Health in Aging	Analisar variadas intervenções não-farmacológicas para propor uma intervenção individualizada e integrativa para preservar a saúde musculoesquelética.	Há necessidade de maior investimento para que ocorra uma prevenção e tratamento individualizado da sarcopenia.	Exercício resistido associado a treinos de Endurance de alta intensidade.
D'Onofrio <i>et al.</i> (2023).	Musculoskeletal exercise: Its role in promoting health and longevity	Analisar os aspectos primários e secundários do envelhecimento que afetam o funcionamento do tecido musculoesquelético e como afeta a mobilidade.	A implementação de treinamentos de resistência com progressão de carga, com o auxílio de ajuda profissional, é a melhor forma de proteção da saúde musculoesquelética.	Exercício resistido de 2-3 vezes por semana, com 8-10 exercícios que consiga direcionar cada grande grupo muscular, com 2-3 sets e 8-12 repetições. Progressão de carga importante.
Flor-Rufino <i>et al.</i> (2023).	Fat infiltration and muscle	Avaliar as medidas entre atividade física	Seis meses de treinamento resistido	Exercício resistido de alta

	hydration improve after high-intensity resistance training in women with sarcopenia. A randomized clinical trial	intensa sarcopenia em mulheres.	de alta intensidade levaram à remissão da sarcopenia em metade das mulheres que receberam a intervenção. A composição corporal e função muscular foram melhoradas.	intensidade por um período de 6 meses.
Zhang <i>et al.</i> (2023).	Physical Activity, Sedentary Behavior, Fruit and Vegetable Consumption, and Sarcopenia in Older Chinese Adults: A Cross-Sectional Study	Examinar a relação entre Moderate to Vigorous Physical Activity (MVPA), comportamento sedentário, ingestão de frutas e o risco de sarcopenia em adultos chineses mais velhos	Adotar um estilo de vida saudável é uma forma eficaz de prevenir a sarcopenia em adultos, praticando atividade física moderada a vigorosa.	Exercício resistido associado com exercício aeróbico. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.
Maier <i>et al.</i> (2023).	Strengthening Muscle Health of Community-Dwelling Older Adults in Singapore: Evidence Towards Clinical Implementation	Sintetizar o entendimento da epidemiologia, diagnóstico e manejo da sarcopenia.	Há necessidade de incentivo multiprofissional em educação em saúde para ocorrer a prevenção e detecção precoce da sarcopenia.	Atividade física de moderada-intensa por 150 minutos por semana.
Sung <i>et al.</i> (2022).	The association of aerobic, resistance, and combined exercises with the handgrip strength of middle-aged and elderly Korean adults: a nationwide cross-sectional study	Investigar a associação entre diferentes tipos de atividade física e força do aperto de mão (FAM).	Pacientes que faziam a combinação de exercício aeróbico e treinamento de resistência possuíram a força do aperto de mão mais preservada.	Atividade física de alta intensidade. Combinação de exercício aeróbico e resistido.
Yasuda (2022).	Selected Methods of Resistance Training for Prevention and Treatment of Sarcopenia	Estudar a associação entre carga, intensidade e efeitos fisiológicos do treinamento de resistência contra a sarcopenia.	Os quatro tipos de treinos diferentes abordaram efeitos positivos sobre a prevenção e controle da sarcopenia, sendo importante individualizar a escolha do método de treino.	Exercício resistido com uso de cargas leves e alta densidade.
Sun <i>et al.</i> (2023).	Exercise intervention mitigates zebrafish age-	Investigar os efeitos da atividade física na melhora da	Atividade física aumentou a via AMPK do peixe-zebra, melhorando	Atividade física. Dados sobre as variáveis estruturais e de

	related sarcopenia via alleviating mitochondrial dysfunction	sarcopenia em peixes-zebra.	função mitocondrial e aliviando a sarcopenia.	carga não mencionados no estudo.
Mende <i>et al.</i> (2022).	Progressive machine-based resistance training for prevention and treatment of sarcopenia in the oldest old: A systematic review and meta-analysis	Aumentar o conhecimento da composição e efeitos do treino de resistência em máquinas na prevenção e terapia da sarcopenia em idosos.	Atividade física por meio de máquinas promoveram melhores níveis no Teste Sentar Levantar (TSL), porém não ocorreram mudanças significativas na Força do Aperto de Mão (FAM).	Exercício resistido com uso de máquinas por 12 semanas. Progressão de carga.
Rodrigues <i>et al.</i> (2022).	A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adult	Conceituar sarcopenia, associá-la com quedas e discutir o efeito do treino de resistência em idosos.	Atividade física deve ser visto como prevenção da sarcopenia. Necessário maior acompanhamento de profissionais para o acompanhamento de idosos praticando atividade física.	Exercício resistido de 2-3 vezes por semana, com 1-2 exercícios por grupo muscular com 2-3 sets e 5-8 repetições.
Seo; Lee (2022).	Association of physical activity with sarcopenia evaluated based on muscle mass and strength in older adults: 2008–2011 and 2014 – 2018 Korea National Health and Nutrition Examination Surveys	Investigar a relação entre quantidade de atividade física e massa muscular em pessoas mais velhas.	Alta intensidade de atividade física está diretamente ligada a efeitos protetivos para sarcopenia. Em homens ocorreu maior diferença entre os testes de forças, enquanto nas mulheres aumento na força de aperto de mão.	Atividade física de alta intensidade com associação de exercício resistido e exercício aeróbico.
Papadopoulou <i>et al.</i> (2021).	Exercise and nutrition impact on osteoporosis and sarcopenia—the incidence of osteosarcopenia: A narrative review	Sublinhar os efeitos da atividade física e nutrição na osteoporose e sarcopenia e incidência da osteosarcopenia.	Os efeitos da atividade física e nutrição na osteosarcopenia podem sugerir novas perspectivas na redução de biomarcadores que são secretados em ambas as síndromes sinergicamente.	Atividade física pelo período de 8 semanas. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.
Liang <i>et al.</i> (2023).	MicroRNA profiling of different exercise interventions for alleviating	Promover novas ideias sobre a prevenção, tratamento e reabilitação	A relação próxima entre microRNA e genes hub com os músculos esqueléticos	Atividade física. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não

	skeletal muscle atrophy in naturally aging rats	daqueles que possuem sarcopenia.	envelhecidos é crucial para aliviar e tratar atrofia muscular com atividade física.	mencionados no estudo.
Kemp; Piber; Ribeiro (2021).	Can physical activity levels and relationships with energy expenditure change the clinical aspects of sarcopenia and perceptions of falls among elderly women? Observational cross-sectional study	Verificar os efeitos de diferentes níveis de prática de atividade física entre idosas e sua relação com gasto de energia.	Idosas com altos níveis de AF apresentaram melhorias na sarcopenia, força de preensão manual, desempenho físico e percepção do risco de queda. O gasto de energia das idosas com AF alta e moderada foi associada a melhores resultados.	Atividade física moderada a intensa. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.
Veen <i>et al.</i> (2021).	Engagement in muscle-strengthening activities lowers sarcopenia risk in older adults already adhering to the aerobic physical activity guidelines	Determinar se o engajamento em atividades de fortalecimento muscular é associado ao risco de sarcopenia em adultos que praticam 150 minutos de atividade aeróbica por semana.	Fazer atividades de fortalecimento pelo menos duas vezes na semana, associando com 150 minutos de aeróbica resulta em maior massa muscular e performance física, independentemente da quantidade de ingestão de proteína.	Atividade física de fortalecimento muscular por 2x na semana associado com 150 minutos de exercício aeróbico por semana.
Mena-Montes <i>et al.</i> (2021).	Low-Intensity Exercise Routine for a Long Period of Time Prevents Osteosarcopenic Obesity in Sedentary Old Female Rats, by Decreasing Inflammation and Oxidative Stress and Increasing GDF-11	Estudar os efeitos de atividade física de baixa intensidade por longos períodos em ratas fêmeas.	Atividade física de baixa intensidade por longos períodos possuíram uma resposta favorável, pois ocorreu aumento de massa magra, podendo ser performada em pessoas com baixa capacidade física.	Atividade física de baixa intensidade por período de 20 meses.
Lim <i>et al.</i> (2024).	Effect of a 12-Week Multi-Exercise Community Program on Muscle Strength and Lipid Profile in Elderly Women	Avaliar um programa desenvolvido para ser comumente implantável, independentemente de variações no ambiente, com o objetivo de ajudar na melhoria da saúde dos idosos.	A atividade física regular é muito importante para melhorar a saúde e a qualidade de vida das mulheres idosas e, efeitos como aumento índice muscular, melhora da sarcopenia e melhora do status	Exercício resistido de leve intensidade associado a exercício aeróbico (caminhadas de 30 minutos) por um período de 12 semanas.

			lipídico no sangue foram confirmados.	
Shefflette; Patel; Caruso (2023).	Mitigating Sarcopenia with Diet and Exercise	Identificar como uma dieta ruim e prática de ineficiente de atividade física podem contribuir para ocorrência da sarcopenia.	Há necessidade de novos protocolos para educação na quantidade de nutrientes necessários e quantidade de treinos por semana.	Exercício resistido de moderado a intenso. Dados sobre as variáveis de carga não mencionados no estudo.
Harper; Gopalan; Goh (2021).	Exercise rescues mitochondrial coupling in aged skeletal muscle: a comparison of different modalities in preventing sarcopenia	Investigar os mecanismos em que diferentes formas de atividade física restauram energia mitocondrial e comparar como esses diferentes exercícios são eficazes em interromper a sarcopenia.	É indicado treinos de resistência associados a treinos de força intensos para reverter os sinais mitocondriais de envelhecimento muscular, além de melhorar a saúde metabólica.	Exercício resistido de moderada para alta intensidade intercalado com treinos aeróbicos de moderada para alta intensidade é a melhor forma de prevenção da sarcopenia.
Pratt <i>et al.</i> 2(021).	Neuromuscular Junction Aging: A Role for Biomarkers and Exercise	Discutir as evidências de alterações na junção neuromuscular (JNM) relacionadas a idade e elucidar o papel de biomarcadores e atividade física em manter a saúde da JNM.	A degeneração da JNM não é produto somente da idade, mas da falta de atividade física. NCAM, BDNF e GDNF são potenciais biomarcadores que demonstram a saúde da junção neuromuscular.	Atividade física. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.
Choi; Kim; Bae (2021).	Does the combination of resistance training and a nutritional intervention have a synergic effect on muscle mass, strength, and physical function in older adults? A systematic review and meta-analysis	Comparar a combinação de treinos de resistência e nutrição adequada com apenas treinos de resistência.	Não há vantagem de intervenção nutricional se comparada com apenas treinos de resistência moderados a intensos.	Exercício resistido de intensidade moderada a intensa.
Choe <i>et al.</i> (2022).	Gender differences in risk factors for the 2-year development of sarcopenia in community-	Avaliar as medidas preventivas em progressão para sarcopenia de acordo com os gêneros.	Mulheres precisam de maiores níveis de atividades físicas associada a adequação da dieta para prevenção da sarcopenia.	Exercício resistido de intensidade moderada a intensa.

	dwelling older adults			
Gao <i>et al.</i> (2021).	Lifelong Exercise in Age Rats Improves Skeletal Muscle Function and MicroRNA Profile	Avaliar os efeitos ao longo da vida de atividade física regular sobre alterações relacionadas à idade nos perfis de expressão do myomiR e fenótipos musculares esqueléticos associados.	Quando a atividade física foi iniciada no início na idade adulta, essas alterações observadas levaram a um maior aumento da função mitocondrial, antiapoptose e autofagia e aumentaram a síntese proteica e reduziram atrofia do músculo esquelético.	Atividade física. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.
Perez-Lasierra <i>et al.</i> (2022).	Association of physical activity levels and prevalence of major degenerative diseases: Evidence from the national health and nutrition examination survey (NHANES) 1999–2018	Analisar a associação entre atividade física e a presença de doenças degenerativas na comunidade idosa.	Atividade física é eficaz na prevenção de doenças degenerativas, mas a dose mais benéfica dependerá das condições de cada indivíduo.	Atividade física de moderada-alta intensidade e alta frequência (600-1800 MET-min/semana).
Liang <i>et al.</i> (2021).	Lifelong aerobic exercise alleviates sarcopenia by activating autophagy and inhibiting protein degradation via the ampk/pgc-1 α signaling pathway	Avaliar se exercício aeróbico por toda vida pode reduzir a degradação da proteína e prevenir a sarcopenia.	O exercício aeróbico ao longo da vida pode suprimir o declínio da massa muscular esquelética em ratos e melhorar a estrutura de miofibrilas envelhecidas através da estimulação da biogênese mitocondrial.	Exercício aeróbico por 60 minutos por dia por pelo menos 5 dias na semana e velocidade moderada.
García-Llorente <i>et al.</i> (2024).	Multidomain interventions for sarcopenia and cognitive flexibility in older adults for promoting healthy aging: a systematic review and meta-	Avaliar a intervenção multidomínio por 8 semanas e suas melhorias na sarcopenia e cognição.	A intervenção multidomínio pode contribuir para a prevenção e tratamento de doenças relacionadas à idade, como a sarcopenia.	Atividade física por um período de 8 semanas. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.

	analysis of randomized controlled trials			
Wang <i>et al.</i> (2022).	Effects of Internet-Based Nutrition and Exercise Interventions on the Prevention and Treatment of Sarcopenia in the Elderly	Avaliar se idosos conseguem usar a internet como forma de prevenção e terapia para sarcopenia.	A intervenção de atividade física baseada na Internet falhou por não melhorar a atividade física em idosos.	Atividade física por 12 semanas. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.
Dos Santos <i>et al.</i> (2021).	Efficacy of creatine supplementation combined with resistance training on muscle strength and muscle mass in older females: A systematic review and meta-analysis	Determinar se a associação de creatina e treino de resistência tem efeitos anti-sarcopênicos em mulheres mais velhas.	O uso de creatina associada ao treino de resistência em uma pequena coorte de mulheres mais velhas aumentou a força muscular quando a duração foi de pelo menos 24 semanas; no entanto, não houve efeito na massa muscular.	Exercício resistido. Dados sobre as variáveis estruturais e de carga não mencionados no estudo.

O processo da sarcopenia é caracterizado tanto pela perda de massa muscular quanto de força. Em função disso, o Grupo de Trabalho Europeu sobre Sarcopenia em Pessoas Idosas estabeleceu três níveis de sarcopenia: quando há perda apenas da massa muscular, quando ocorre perda da força e massa, e quando a força e performance sofrem redução (Rodrigues *et al.*, 2022). Qualquer dos três níveis de sarcopenia ainda podem levar à prejuízos funcionais, como redução na qualidade de vida, risco de quedas, enfraquecimento da musculatura respiratória e até mesmo comprometimento cognitivo (Agostini *et al.*, 2023).

Atualmente, as principais formas de prevenção de perda de massa muscular são a suplementação alimentar adequada para as necessidades de cada indivíduo, com ênfase na suplementação proteica, e a realização de atividade física. (Shefflette; Patel; Caruso, 2023). Os indivíduos que conseguem aliar essas duas principais formas de prevenção possuem resultados melhores na redução do risco de sarcopenia (Zhang *et al.*, 2023).

Uma das teorias mais aceitas sobre o processo de envelhecimento é a teoria dos radicais livres de Harman que sugere que o envelhecimento está associado ao

acúmulo de danos oxidativos em proteínas, lipídios e DNA, comprometendo a função mitocondrial e a produção de ATP. Dessa forma, a atividade física é uma ferramenta importante para restaurar a saúde mitocondrial e prevenir a sarcopenia em adultos mais velhos (Harper; Gopalan; Goh, 2021), uma vez que o exercício físico consegue diminuir significativamente os níveis de espécies reativas de oxigênio nos músculos que foram acumulados durante o processo de envelhecimento (Sun *et al.*, 2023).

Os processos patológicos celulares que levam à sarcopenia são baseados na redução da síntese proteica muscular. Com o envelhecimento, há uma perda de até 75% das fibras musculares do tipo II, reduzindo a mobilidade funcional e poder muscular. O poder de contração voluntário em idosos fica comprometido e o equilíbrio também (Rodrigues *et al.*, 2022). A junção neuromuscular (NMJ) é crucial para a comunicação entre nervos e músculos, e sofre alterações significativas com o envelhecimento. A deterioração da NMJ pode preceder a degradação das fibras musculares e potencializar o caminho patofisiológico para a sarcopenia (Pratt *et al.*, 2021). Além disso, a perda de músculo resulta em diminuída disponibilidade de energia para todo o corpo, impedindo a recuperação de doenças, lenta cicatrização e perda de qualidade de vida (Boccardi, 2024).

Para facilitar o processo de prevenção da sarcopenia é necessário investigar precocemente os indivíduos que possuem fatores de risco para a condição degenerativa. Essa análise pode ser feita por meio de Tomografia Computadorizada (TC), Bioimpedância Elétrica (BIA), medida da circunferência da panturrilha, Teste Levantar Sentar (TLS) e testes de força de aperto de mão (Maier *et al.*, 2023). Muitas vezes esses testes apenas conseguem diagnosticar os indivíduos que já possuem a sarcopenia em curso, sendo necessário investigar novas formas de investigação precoce da sarcopenia. Em um estudo realizado a análise da expressão diferencial de quatro microRNAs (miRNAs) em ratos e a modulação de seis genes associados desempenham um papel crucial na progressão da sarcopenia. Esses miRNAs e genes podem servir como potenciais biomarcadores para o diagnóstico contra a atrofia muscular induzida pelo envelhecimento (Liang *et al.*, 2023). As intervenções com atividades físicas não só mitigam a atrofia muscular, mas também influenciam a expressão de miRNAs e vias de sinalização chave.

Em um estudo realizado em camundongos foi notado que quando iniciado na juventude, a atividade física previne as atividades autofágicas que ocorrem no músculo ao envelhecer, além de também prevenir atrofia muscular, se comparado com grupos que iniciaram a prática de atividade física mais tarde na vida (Gao *et al.*, 2021). Logo, a prevenção da sarcopenia deve ser iniciada cedo na vida de todos os indivíduos, promovendo a ideia de vida saudável para um conseqüente envelhecimento saudável, de acordo com a Comissão Europeia.

Atualmente, a principal forma de atividade física recomendada para a prevenção da sarcopenia são os treinos de resistência, conhecidos também como treinos de força. Esse tipo de exercício possui vantagens por conseguir aumentar a massa muscular e força muscular de forma, inibindo o processo de atrofia muscular (Aragon; Tipton; Schoenfeld, 2023). Outras formas de atividades físicas que podem ser empregadas são o pilates, que demonstrou melhora no peso corporal e força muscular, e a ginástica que possui um efeito positivo na função cardiorrespiratória e energia (Lim *et al.*, 2024). Tais atividades físicas possuem suas qualidades e vantagens, porém para a hipertrofia muscular e conseqüente prevenção da sarcopenia os treinos de resistência possuem maior vantagem.

O próprio treino de resistência possui algumas variações que podem apresentar diferenças para a construção de músculos. Essas variações estão na intensidade da carga e das repetições, podendo ser adequadas se o indivíduo é iniciante ou intermediário nesse tipo de treino. A forma que mais demonstrou resultados é o treino com baixa carga e restrição de fluxo sanguíneo (Yasuda, 2022), porém esta forma de treino ainda não é muito conhecida fora do Japão. A realização de treinos de força em máquinas possui grande eficácia, pois os idosos possuem maior estabilidade na realização dos exercícios, principalmente em treinos de membros inferiores (Mende *et al.*, 2022).

Os indivíduos que praticam atividade aeróbica durante a vida já possuem vantagem daqueles sedentários para reduzir o risco de ocorrência de sarcopenia. Isso porque o exercício aeróbico induz a adaptação mitocondrial e provoca mudanças nos níveis do fator de crescimento no tecido muscular esquelético em direção ao equilíbrio positivo da renovação proteica, reduzindo a miostatina, aumentando o fator de

crescimento semelhante à insulina-1 (IGF-1), inibindo a via AMPK de degradação proteica e levando a supressão do declínio da massa muscular (Liang *et al.*, 2021).

Assim, aqueles indivíduos que praticam exercícios aeróbicos combinados com exercícios de força apresentaram força de aperto de mão (FAM) preservada em idosos acima de 60-70 anos em um estudo na Coreia do Sul (Sung *et al.*, 2022). Dessa forma, a combinação das duas formas de atividade física demonstra ser a melhor forma de se manter ativo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde.

Para obter resultados satisfatórios na manutenção da massa muscular e hipertrofia, é necessário a realização de treinos de resistência pelo menos duas vezes na semana por pelo menos 50 minutos (D'Onofrio *et al.*, 2023). Apesar das indicações gerais, os treinos de força podem ser adaptados de acordo com a necessidade de cada indivíduo e da sua capacidade de física ao iniciar os treinos, sendo importante ter acompanhamento por um profissional da área para melhor indicar as alterações possíveis ou necessárias para cada paciente (Veen *et al.*, 2021).

Ainda assim, sabe-se que a realização de treinos de resistência de forma intensa possui melhores resultados em testes de força, se comparado aqueles que realizam atividade física de forma moderada ou leve intensidade (Seo; Lee, 2022). Além disso, os treinos intensos também estão relacionados com maiores gastos energéticos, um indicador que foi correlacionado com menor risco de o indivíduo desenvolver sarcopenia (Kemp; Piber; Ribeiro, 2021).

Quando investigado a realização de atividades físicas por meio da internet para prevenção da sarcopenia o resultado não foi satisfatório. A maior parte dos idosos não conseguiu completar o plano, pois abandonavam ou os realizavam de com baixa intensidade e forma, resultando em um Índice de Massa Corpórea (IMC) sem alterações quando comparado ao do início do estudo (Wang *et al.*, 2022). Assim, é indicado que os exercícios físicos sejam feitos com ajuda profissional ou supervisão familiar para incentivar a continuidade nos planos e garantir maior eficácia na prevenção da sarcopenia.

Quando a sarcopenia é acompanhada de obesidade, a condição é chamada de obesidade sarcopênica. Esta é mais perigosa em idosos, uma vez que muitas

vezes é acompanhada de problemas de saúde ainda mais severos, como problemas cardiorrespiratórios (Lim *et al.*, 2024). Por conta disso, nesses casos estão indicados os exercícios de força de leve intensidade, pois promovem o rejuvenescimento da proteína GDF-11 que possui propriedades antioxidantes. As rotinas de baixa intensidade estão relacionadas com redução na gordura e inflamação corporal em indivíduos com baixa performance física (Mena-Montes *et al.*, 2021).

A prevenção da sarcopenia pode se apresentar de forma distinta de acordo com o gênero. Quando comparadas a necessidade de atividade física para remissão da sarcopenia foi percebido que em homens a adequação de uma rotina de treinos de força duas vezes por semana já conseguia mitigar a sarcopenia, enquanto em mulheres houve necessidade de treinos de força de alta intensidade, além da adequação de uma dieta rica em proteína para melhores resultados de manutenção da massa muscular (Choe *et al.*, 2022). Em um estudo com 51 participantes mulheres foram necessários treinos de alta intensidade por seis meses para que a sarcopenia entrasse em remissão em pelo menos 50% das pacientes, ainda que o restante das participantes conseguiu diminuir a severidade da condição (Flor-Rufino *et al.*, 2023).

Muitas vezes a sarcopenia está associada a outras condições degenerativas, como a osteoporose e osteoartrite, também associadas a perda de função e aumento do risco de fraturas. Embora seja preciso de diferentes quantidades de exercício físico para a prevenção de cada uma das condições degenerativas, todas se beneficiam da atividade física como prevenção (Papadopoulou *et al.*, 2021).

Para a prevenção da sarcopenia foram exigidos 150-1800 minutos de atividade física por semana, enquanto a prevenção da osteoporose ocorreu apenas no grupo mais ativo com mais de 1800 minutos de atividade física por semana (Perez-Lasierra *et al.*, 2022). Além disso, a prática de exercícios multidomínio, ou seja, várias modalidades, consegue prevenir doenças cognitivas, como a doença de Alzheimer que muitas vezes está associada a sarcopenia (García-Llorente *et al.*, 2024).

Alimentos ricos em nutrientes que garantem a ingestão suficiente de energia, proteínas e micronutrientes são importantes para prevenir a fragilidade e a sarcopenia e promover a atividade física. Entretanto, os estudos têm demonstrado que não houve

efeitos adicionais de intervenções nutricionais quando combinadas com treinamento de resistência sobre a massa e força muscular (Choi; Kim; Bae, 2021).

O único suplemento que possui resultados satisfatórios quando alinhado com os treinos de força é a creatina. Apesar de não demonstrar resultados na massa muscular, quando utilizada por pelo menos 12 semanas, a creatina auxiliou na força muscular (Dos Santos *et al.*, 2021). Assim, é importante analisar a creatina como um fator auxiliar na manutenção da força muscular, podendo ser um importante suplemento na prevenção da sarcopenia, juntamente com a atividade física de força.

É importante considerar medidas de ações urgentes para aumentar a conscientização sobre a saúde muscular e melhorar a prevenção e o diagnóstico da sarcopenia em todo o processo de cuidado. Sabe-se que é necessário estabelecer educação em saúde o suficiente para o entendimento de que práticas vitalícias de atividade física promovem resultados a longo prazo (Maier *et al.*, 2023). Assim, é necessário incentivar e facilitar o compromisso vitalício com a atividade física, não apenas nos adultos mais velhos, mas em toda a população, desde a infância até a idade adulta, para uma prevenção precoce e efetiva da sarcopenia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa é possível perceber a grande gama de estudos que trazem a sarcopenia como assunto central e que fornecem resultados importantes e confiáveis sobre o papel imprescindível da prática de atividade física na prevenção da sarcopenia. Percebe-se que vários dos estudos são revisões sistemáticas o que sugere um interesse na procura de informações e de conhecimento sobre o tema.

Um aspecto comum entre as pesquisas era a análise das recomendações da frequência e intensidade de exercício necessária para resultados consideráveis para prevenir a sarcopenia. Os estudos trazem a necessidade de duas vezes por semana sendo o mínimo para uma medida eficaz na prevenção da sarcopenia, além da necessidade de associar a prática com uma nutrição adequada.

Além disso, diversas pesquisas procuraram trazer as diferenças entre os gêneros para a prática de atividade física, o que sugere a necessidade de individualizar as recomendações das práticas de atividades físicas.

Apesar da importância do papel da atividade física para a prevenção da sarcopenia já estar elucidado, os estudos ressaltam a baixa adesão dos idosos para a prática. Assim, os estudos revelam a grande necessidade de investimento e incentivo para que a prevenção da sarcopenia se inicie ainda enquanto jovens para a promoção da saúde vitalícia e aumento da qualidade de vida dos idosos.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unimontes (BIC-UNI) da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

Apoio Financeiro: Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unimontes (BIC-UNI).

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, D.; *et al.* An Integrated Approach to Skeletal Muscle Health in Aging. *Nutrients*. **Nutrients**, v.15, n.8, p.1-31, 2023. <https://doi.org/10.3390/nu15081802>.
- ARAGON, A. A.; TIPTON, K. D.; SCHOENFELD, B. J. Age-related muscle anabolic resistance: inevitable or preventable? *Nutrition reviews*. **Nutrition Reviews** (Medline), v.81, n.4, p.441-454, 2023. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac062>.
- BOCCARDI, V. Sarcopenia: A dive into metabolism to promote a multimodal, preventive, and regenerative approach. **Mechanisms of Ageing and Development**, v.219, n.14, p.1-7, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.mad.2024.111941>.
- CHOE, H. J.; *et al.* Gender differences in risk factors for the 2-year development of sarcopenia in community-dwelling older adults. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v.13, n.3, p.1908–1918, 2022. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12993>.
- CHOI, M. K.; KIM, H.; BAE, J. Does the combination of resistance training and a nutritional intervention have a synergic effect on muscle mass, strength, and physical function in older adults? A systematic review and meta-analysis. **BMC Geriatrics**, v.21, n.1, p1-16, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02491-5>.
- D'ONOFRIO, G.; *et al.* Musculoskeletal exercise: Its role in promoting health and longevity. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v.77, n.3, p.25-36, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2023.02.006>.
- DOS SANTOS, E. E. P.; *et al.* Efficacy of creatine supplementation combined with resistance training on muscle strength and muscle mass in older females: A

systematic review and meta-analysis. **Nutrients**, v.13, n.11, p.1-12, 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13113757>.

FLOR-RUFINO, C.; *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. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2022.09.001>.

GAO, H. E.; *et al.* Lifelong Exercise in Age Rats Improves Skeletal Muscle Function and MicroRNA Profile. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.53, n.9, p. 1873–1882, 2021. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002661>.

GARCÍA-LLORENTE, A. M.; *et al.* Multidomain interventions for sarcopenia and cognitive flexibility in older adults for promoting healthy aging: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Aging Clinical and Experimental Research**, v.36, n.47, p.1-11, 2024. <https://doi.org/10.1007/s40520-024-02700-2>.

HARPER, C.; GOPALAN, V.; GOH, J. Exercise rescues mitochondrial coupling in aged skeletal muscle: a comparison of different modalities in preventing sarcopenia. **Journal of Translational Medicine**, v.19, n.71, p.1-17, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12967-021-02737-1>.

KEMP, V. L.; PIBER, L. DE S.; RIBEIRO, A. P. Can physical activity levels and relationships with energy expenditure change the clinical aspects of sarcopenia and perceptions of falls among elderly women? Observational cross-sectional study. **Sao Paulo Medical Journal**, v.139, n.3, p.285–292, 2021. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2020.0602.R1.0402021>.

LIANG, J.; *et al.* Lifelong aerobic exercise alleviates sarcopenia by activating autophagy and inhibiting protein degradation via the ampk/pgc-1 α signaling pathway. **Metabolites**, v.11, n.5, p.1-16, 2021. <https://doi.org/10.3390/metabo11050323>.

LIANG, J.; *et al.* MicroRNA profiling of different exercise interventions for alleviating skeletal muscle atrophy in naturally aging rats. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v.14, n.1, p. 356–368, 2023. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13137>.

LIM, H. S.; *et al.* Effect of a 12-Week Multi-Exercise Community Program on Muscle Strength and Lipid Profile in Elderly Women. **Nutrients**, v.16, n.6, p.1-11, 2024. <https://doi.org/10.3390/nu16060813>.

MAIER, A. B.; *et al.* Strengthening Muscle Health of Community-Dwelling Older Adults in Singapore: Evidence Towards Clinical Implementation. **Journal of Frailty and Aging**, v.12, n.4, p.258–266, 2023. <http://dx.doi.org/10.14283/jfa.2023.31>.

MENA-MONTES, B.; *et al.* Low-Intensity Exercise Routine for a Long Period of Time Prevents Osteosarcopenic Obesity in Sedentary Old Female Rats, by Decreasing Inflammation and Oxidative Stress and Increasing GDF-11. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v.1, p.1-17, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5526665>.

MENDE, E.; *et al.* Progressive machine-based resistance training for prevention and treatment of sarcopenia in the oldest old: A systematic review and meta-analysis. **Experimental Gerontology**, v.163, n.1, p.1-13, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.111767>.

PAPADOPOULOU, S. K.; *et al.* Exercise and nutrition impact on osteoporosis and sarcopenia—the incidence of osteosarcopenia: A narrative review. **Nutrients**, v.13, n.12, p.1-14, 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13124499>.

PEREZ-LASIERRA, J. L.; *et al.* Association of physical activity levels and prevalence of major degenerative diseases: Evidence from the national health and nutrition examination survey (NHANES) 1999–2018. **Experimental Gerontology**, v.158, p.1-7, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.1116>.

PRATT, J.; *et al.* Neuromuscular Junction Aging: A Role for Biomarkers and Exercise. **Journals of Gerontology - Series A**, v.76, n.4, p.576-585, 2021. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa207>.

RODRIGUES, F.; *et al.* A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.19, n.2, p.1-11, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020874>.

SEO, J. H.; LEE, Y. Association of physical activity with sarcopenia evaluated based on muscle mass and strength in older adults: 2008–2011 and 2014 – 2018 Korea National Health and Nutrition Examination Surveys. **BMC Geriatrics**, v.22, n.1, p.1-17, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-02900-3>.

SHEFFLETTE, A.; PATEL, N.; CARUSO, J. Mitigating Sarcopenia with Diet and Exercise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.20, n.17, p.1-15, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijerph20176652>.

SUN, C. C.; *et al.* Exercise intervention mitigates zebrafish age-related sarcopenia via alleviating mitochondrial dysfunction. **FEBS Journal**, v.290, n.6, p.1519–1530, 2023. <https://doi.org/10.1111/febs.1663>.

SUNG, J. H.; *et al.* The association of aerobic, resistance, and combined exercises with the handgrip strength of middle-aged and elderly Korean adults: a nationwide cross-sectional study. **BMC Geriatrics**, v.22, n.1, p.1-11, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03293-z>.

VEEN, J.; *et al.* Engagement in muscle-strengthening activities lowers sarcopenia risk in older adults already adhering to the aerobic physical activity guidelines. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.18, n.3, p.1–8, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18030989>.

WANG, Z.; *et al.* Effects of Internet-Based Nutrition and Exercise Interventions on the Prevention and Treatment of Sarcopenia in the Elderly. **Nutrients**, v.14, n.12, p.1-12, 2022. <https://doi.org/10.3390/nu14122458>.

YASUDA, T. Selected Methods of Resistance Training for Prevention and Treatment of Sarcopenia. **Cells**, v.11, n.9, p.1-12, 2022. <https://doi.org/10.3390/cells11091389>.

ZHANG, Y.; *et al.* Physical Activity, Sedentary Behavior, Fruit and Vegetable Consumption, and Sarcopenia in Older Chinese Adults: A Cross-Sectional Study. **Nutrients**, v.15, n.15, p.1-11, 2023. <https://doi.org/10.3390/nu15153417>.