

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA

RICARDO ALESSANDRO MEDALHA JUNIOR

**EFEITO DO TREINAMENTO SUSPENSO NA QUALIDADE
MUSCULAR DE IDOSOS**

SÃO CARLOS - SP

2023

RICARDO ALESSANDRO MEDALHA JUNIOR

EFEITO DO TREINAMENTO SUSPENSO NA QUALIDADE MUSCULAR
DE IDOSOS

Monografia apresentada ao Departamento de Educação Física e Motricidade Humana da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Cleiton Augusto Libardi

SÃO CARLOS – SP

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E MOTRICIDADE HUMANA

Folha de aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Monografia do candidato Ricardo Alessandro Medalha Junior, realizada em 28/02/2023.

Deivid Gomes da Silva

Prof. Dndo. Deivid Gomes da Silva

Departamento de Ciências Fisiológicas - UFSCar

Diego B. Fernandes

Prof. Dndo. Diego Bittencourt Fernandes

Departamento de Ciências Fisiológicas - UFSCar

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do treinamento suspenso (TS) na qualidade muscular (QM) de idosos. Vinte e dois homens e mulheres idosos, fisicamente independentes foram recrutados e designados para os grupos TS ou controle (CON). A QM dos membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII) foi estabelecida pela relação entre a força dinâmica máxima e a massa magra corporal, avaliada por meio do teste de 1RM e da absorciometria de raios-X de dupla energia, respectivamente, antes e após um período de intervenção de 12 semanas. O nível de significância foi estabelecido em $P \leq 0,05$. O TS foi capaz de promover aumentos na força dos MMSS e MMII ($P < 0,0001$). No entanto, apenas a massa magra dos MMSS aumentou após 12 semanas de TS ($P = 0,031$) em comparação com o grupo CON. O TS aumentou a QM tanto para QM dos MMSS ($P = 0,011$) quanto para QM dos MMII ($P < 0,0001$), enquanto o grupo CON não apresentou mudanças significativas ($P > 0,05$). Esses resultados indicam que o TS melhora a QM de idosos.

Palavras-chave: Treinamento suspenso. Idosos. Qualidade Muscular.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effect of suspension training (ST) on muscle quality (MQ) in older adults. Twenty-two physically independent elderly men and women were recruited and assigned to ST or control groups (CON). The MQ of the upper limbs (UL) and lower limbs (LL) was established by a ratio between maximum dynamic strength and lean body mass, assessed through the 1RM test and dual-energy X-ray absorptiometry, respectively, before and after a 12-week intervention period. The significance level was set at $P \leq 0.05$. The ST was able to promote increases in the strength of the UL and LL ($P < 0.0001$). However, only lean body mass of UL increased after 12 weeks of ST ($P = 0.031$) compared to CON. ST increased MQ for both QM of UL ($P = 0.011$) and MQ of LL ($P < 0.0001$), while the CON group did not show any significant changes ($P > 0.05$). These results indicate that ST can improve the MQ of older adults.

Key words: Suspension training. Eldery. Muscle quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos participantes.	12
Tabela 2 – Força máxima dinâmica	13
Tabela 3 – Massa magra	13
Tabela 4 – Qualidade muscular	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exercícios realizados durante o período de intervenção.

11

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 MÉTODOS.....	8
2.1 Participantes	8
2.2 Delineamento experimental.....	9
2.3 Força máxima dinâmica (1RM).....	9
2.4 Absorimetria radiológica de dupla energia (DXA)	10
2.5 Qualidade muscular (QM).....	10
2.6 Treinamento suspenso (TS).....	10
2.7 Análise estatística	11
3 RESULTADOS	12
3.1 Participantes	12
3.2 Força máxima dinâmica	12
3.3 Massa magra.....	12
3.4 Qualidade muscular	13
4 DISCUSSÃO	14
REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento está associado com declínios na massa muscular, funcionalidade, força e qualidade muscular (AAGAARD et al., 2010; ANDERSEN 2003; ARTS et al., 2010; KLEIN et al., 2001; LYNCH et al., 1999).

A qualidade muscular (QM) é definida como o nível de força produzida em relação à quantidade de massa muscular (LYNCH et al., 1999; TRACY et al., 1999). A literatura tem demonstrado que diminuições na QM estão associadas a uma redução no desempenho funcional, o que pode afetar o desempenho das atividades diárias e aumentar o risco de quedas em idosos adults (ELDER et al., 2004; GADELHA et al., 2018; NOGUEIRA et al., 2021; YOSHIKO et al., 2017). Portanto, estratégias capazes de atenuar os declínios na QM associados ao envelhecimento são imperativas.

O treinamento de força (TF), tradicionalmente realizado com o uso de máquinas e pesos livres, é altamente recomendado para manter ou melhorar a QM em idosos (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; FRAGALA et al., 2019; GARBER et al., 2011). Alternativamente, o treinamento suspenso (TS) é um método de TF que tem se tornado cada vez mais popular e frequentemente aplicado em idosos (GAEDTKE e MORAT, 2015). A aplicação do TS envolve a suspensão de segmentos do corpo usando tiras para criar um ambiente instável, possibilitando a realização de exercícios multiplanares e multiarticulares utilizando o peso corporal como resistência. É importante destacar que o TS se destaca por ser considerado de baixo custo, exigir um espaço mínimo para sua implementação e permitir uma ampla variedade de exercícios que podem ser prescritos de acordo com as necessidades individuais (ANGLERI et al., 2019; MOK et al., 2015; SOLIGON et al., 2020). Devido às suas semelhanças com o TF tradicional e a possibilidade de aplicar sobrecarga progressiva, é razoável sugerir que o TS também pode melhorar a QM.

Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos do TS na QM de idosos. Nossa hipótese é que o TS levará a melhorias na QM em membros superiores e inferiores.

2 MÉTODOS

2.1 Participantes

Este trabalho trata-se de uma análise secundária de dados publicados (SOLIGON et al., 2020) e não publicados. Foram recrutados 24 idosos saudáveis (homens e mulheres), com faixa etária entre 60 e 75 anos, residentes na cidade de São Carlos-SP. Inicialmente, foi aplicado um questionário de avaliação de saúde (CESAR et al., 2011). Como critério de inclusão, os

participantes não poderiam apresentar sintomas cardíacos, diabetes, arritmias, hipertensão, obesidade e quaisquer condições osteomusculares que impossibilitassem a participação nos testes e protocolos de treinamento. Além disso, os sujeitos deveriam estar isentos de qualquer tipo de exercício físico regularmente praticado por pelo menos 2 meses antes do período experimental. Adicionalmente, os participantes foram aconselhados a manter seus hábitos alimentares e a consumirem apenas o suplemento nutricional fornecido no estudo, imediatamente após cada sessão de treinamento (i.e., 40 g de Whey Protein - Iso Whey - Max Titanium-Brasil). O projeto de pesquisa teve início somente mediante a aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) nº 2877542. Todos os envolvidos foram informados sobre os possíveis riscos, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

2.2 Delineamento experimental

Inicialmente a massa magra dos membros superiores (MMSS) e inferiores (MMII) foi mensurada através do aparelho de Absorimetria radiológica de dupla energia (DXA) e em seguida a força muscular através do teste de 1RM para determinar os valores de linha de base (pré). Posteriormente, os participantes foram alocados para um dos protocolos experimentais: a) treinamento suspenso (TS) e; b) grupo controle (CON). As sessões de treinamento foram realizadas 2 vezes por semana (i.e., segundas e quintas ou terças e sextas) por 12 semanas para o grupo TS. As mesmas avaliações foram realizadas 72h após a última sessão de treinamento (pós).

2.3 Força máxima dinâmica (1RM)

A força muscular foi mensurada por meio do teste de 1RM, nos exercícios de rosca bíceps com barra reta (RM_{MMSS}) e cadeira extensora (RM_{MMII}), de acordo com as recomendações descritas por Brown e Weir (2001). Inicialmente, os participantes realizaram um aquecimento geral em ciclo ergômetro a $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ por 5 minutos, seguido de duas séries de aquecimento específico no equipamento de teste com as cargas determinadas subjetivamente. Na primeira série, eram realizadas oito repetições com intensidade de aproximadamente 50% de 1RM, seguida de uma série de três repetições a aproximadamente 70% de 1RM. Um intervalo de descanso de 2 minutos foi permitido entre as séries de aquecimento. Após o último aquecimento, um descanso de 3 minutos foi feito antes do teste de 1RM. Os participantes tiveram até cinco tentativas para atingir sua carga de 1RM. Foi empregado um intervalo de

descanso de 3 min entre as tentativas e a que atingia a amplitude considerada adequada com maior carga dentre as cinco tentativas foi considerada como o valor final de 1RM.

2.4 Absorimetria radiológica de dupla energia (DXA)

A composição corporal foi avaliada através de escaneamento corporal em DXA. Previamente às análises os indivíduos deveriam se abster da ingestão de alimentos ou líquidos, com exceção de água. Após a calibração do equipamento (Hologic, Inc., Waltham, MA, USA), os indivíduos vestiram um avental médico fornecido e foram instruídos a retirar qualquer acessório metálico que estivessem utilizando. Em seguida, foram posicionados de maneira alinhada com a linha central localizada na maca, com pés, mãos e cabeça dispostos de acordo com a descrição recomendada no manual do equipamento. Assim, o escaneamento foi realizado no modo “Whole Body” e a imagem obtida foi analisada posteriormente através do software Hologic APEX 3.2.

2.5 Qualidade muscular (QM)

Para o cálculo da QM, a relativização dos valores de 1RM pelos valores de massa magra, foi empregada tanto para os MMSS quanto para os MMII, como proposto por Barbat-Artigas et al., (2014) e Fragala et al., (2015). A fórmula utilizada para tal:

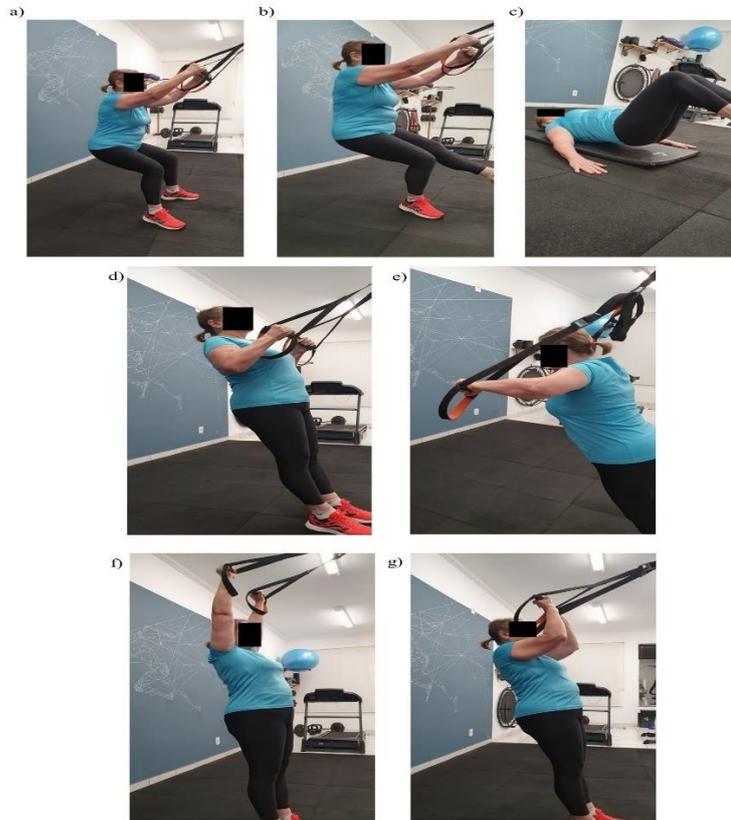
$$QM = 1RM \text{ (kg)} / \text{massa magra (kg)}.$$

2.6 Treinamento suspenso (TS)

O TS foi realizado usando tiras de suspensão (Prime Sport, São Paulo, Brasil) nos seguintes exercícios: a e b) agachamentos bilaterais ou unilaterais (por exemplo, os participantes começaram o programa de treinamento bilateralmente e passaram para agachamentos unilaterais para aumentar a carga e manter a faixa de repetições máximas [ou seja, 10 a 15 repetições]), c) flexão de joelho, d) remada baixa, e) supino, f) elevação frontal na posição de "Y" e g) rosca bíceps. A ordem dos exercícios foi repetida em todas as sessões de treinamento. Foram realizadas três séries de 10 a 15 repetições até a falha concêntrica muscular, com um intervalo de descanso de 1 minuto entre séries e exercícios. A progressão da carga de treinamento foi controlada usando marcações com uma fita métrica no chão. Inclinações maiores em relação à posição anatômica aumentam a sobrecarga, enquanto inclinações menores reduzem a sobrecarga. Portanto, inclinações maiores foram usadas na próxima sessão quando

os participantes completaram a terceira série realizando mais de 15 repetições. Da mesma forma, as inclinações foram reduzidas sempre que menos de 10 repetições foram realizadas.

Figura 1- Exercícios realizados durante o período de intervenção.



Exercícios realizados durante o período de intervenção. a) Agachamento bilateral ou b) unilateral, c) flexão dos isquiotibiais, d) remada baixa, e) supino, f) elevação de deltóide em “Y” e g) flexão de bíceps.

2.7 Análise estatística

Após inspeção visual dos dados, a normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Após inferir a normalidade dos dados, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi realizada para comparar os valores basais entre os grupos. Em seguida, considerando que nenhuma variável apresentou diferenças estaticamente significantes entre os grupos no momento PRÉ, uma análise de modelo misto foi empregada para cada variável dependente (RM_{MMSS} , RM_{MMII} , massa magra $_{MMSS}$, massa magra $_{MMII}$, QM_{MMSS} e QM_{MMII}), tendo tempo (pré e pós) e grupo (TS e CON) como fatores fixos e os indivíduos como fatores aleatórios. Em caso de F significativa, o ajuste de Tukey’s foi utilizado para comparações múltiplas. A significância estatística foi assumida quando $P \leq 0,05$. Adicionalmente foram calculadas as diferenças médias com intervalo de confiança (IC) de 95% para todas as variáveis dependentes. Todas as análises foram realizadas no software SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

3 RESULTADOS

3.1 Participantes

A análise ANOVA de uma via não apontou diferenças significantes nos valores basais para nenhuma variável ($p > 0,05$). Dos 24 participantes recrutados, 22 completaram o estudo, sendo 12 participantes do grupo TS e 10 participantes do grupo CON (Tabela 1). Ambos os sujeitos que desistiram do estudo relataram que sua desistência se deu por razões pessoais.

Tabela 1 – Características dos participantes.

	TS	CON
N (homens/mulheres)	12 (5/7)	10 (5/5)
Idade (anos)	62 ± 4	64 ± 4
Altura (m)	1,65 ± 0,1	1,63 ± 0,1
Peso (kg)	80,1 ± 12,9	79,9 ± 21,4
IMC (kg/m ²)	29,3 ± 4,5	29,9 ± 6,9

Idade e características antropométricas. N: número amostral; IMC: índice de massa corporal; m²: altura em metros elevado ao quadrado. Dados expressos em média e desvio padrão.

3.2 Força máxima dinâmica

Os dados de 1RM já foram previamente publicados no estudo de Soligon et al., (2020) e só serão novamente expressos aqui pois compõem o cálculo da QM, para mais detalhes acessar o estudo original. Houve uma interação grupo vs. tempo, com um aumento de 14,3% para o 1RM_{MMSS} ($F_{[1, 20]} = 34,97$; $p < 0,0001$) e de 18,1% para 1RM_{MMII} ($F_{[1, 20]} = 41,76$; $p < 0,0001$) no grupo TS. Não foi observado nenhuma mudança estaticamente significativa no grupo CON. Todos resultados foram retratados na tabela 2.

Tabela 2 – Força máxima dinâmica

	TS (n=12)			CON (n=10)		
	Pré	Pós	Δ (IC)	Pré	Pós	Δ (IC)
MMSS (kg)	24,7 ± 5,7	28,0 ± 5,9 **	3,3 (2,4 a 4,3)	25,1 ± 7,2	25,1 ± 7,0	0,0 (-0,75 a 0,75)
MMII (kg)	50,4 ± 18,1	58,4 ± 17,8 **	8,0 (5,9 a 10)	51,7 ± 17,3	52,7 ± 16,4	1,0 (-0,02 a 2)

MMSS: membros superiores; MMII: membros inferiores; Δ: diferença absoluta; IC: intervalo de confiança. ** interação grupo vs. tempo ($p < 0,0001$). Dados expressos em média e desvio padrão.

3.3 Massa magra

Observou-se interação grupo vs. tempo estatisticamente significativa apenas para massa magra_{MMSS} do grupo TS com um aumento de 5,7% ($F_{[1,20]} = 4,72$; $p < 0,05$). A análise de pós hoc revelou apenas um efeito de tempo para a massa magra_{MMII} ($F_{[1,20]} = 11,9$; $p < 0,05$) com um aumento de 1,9% no grupo TS e 2,1% no grupo CON. Adicionalmente, as análises não revelaram uma diferença entre grupos. Todos resultados foram retratados na tabela 3.

Tabela 3 – Massa magra

	TS (n=12)			CON (n=10)		
	Pré	Pós	Δ (IC)	Pré	Pós	Δ (IC)
MMSS (kg)	5,5 \pm 1,3	5,8 \pm 1,5*	0,3 (0,2 a 0,5)	6,0 \pm 1,3	5,8 \pm 1,5	0,2 (-0,5 a 0,27)
MMII (kg)	15,4 \pm 3,2	15,7 \pm 3,0#	0,3 (-0,02 a 0,5)	16,6 \pm 3,6	16,6 \pm 4,1#	0,0 (0,1 a 0,6)

MMSS: membros superiores; MMII: membros inferiores; Δ : diferença absoluta; IC: intervalo de confiança. * interação grupo vs. tempo ($p < 0,05$); # efeito de tempo ($p < 0,05$). Dados expressos em média e desvio padrão.

3.4 Qualidade muscular

A análise revelou uma interação grupo vs. tempo com uma melhora de 8,3% para QM_{MMSS} ($F_{[1,20]} = 5,37$; $p < 0,05$), e 15,9% para a QM_{MMII} ($F_{[1,20]} = 27,76$; $p < 0,0001$) no grupo TS. Não foi observada nenhuma mudança estaticamente significativa no grupo CON. Não foram observadas diferenças entre os grupos. Todos resultados foram retratados na tabela 4.

Tabela 4 – Qualidade muscular

	TS (n=12)			CON (n=10)		
	Pré	Pós	Δ (IC)	Pré	Pós	Δ (IC)
MMSS	4,5 \pm 0,6	4,9 \pm 0,5*	0,3 (0,1 a 0,6)	4,3 \pm 0,7	4,3 \pm 0,6	0 (-0,2 a 0,4)
MMII	3,2 \pm 0,6	3,7 \pm 0,6**	0,5 (0,3 a 0,6)	3,1 \pm 0,5	3,2 \pm 0,4	0,1 (-0,1 a 0,3)

MMSS: membros superiores; MMII: membros inferiores; Δ : diferença absoluta; IC: intervalo de confiança. * interação grupo vs. tempo ($p < 0,05$); ** interação grupo vs. tempo ($p < 0,0001$). Dados expressos em média e desvio padrão.

4 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi examinar o efeito do treinamento suspenso na qualidade muscular de idosos. Nossas descobertas confirmaram a hipótese de que o TS pode melhorar a QM tanto nos membros superiores quanto nos membros inferiores.

É sugerido que o treinamento tradicional com pesos seja a estratégia ideal para prevenir declínios ou melhorar a QM devido à sua capacidade de promover o aumento da força muscular e da massa magra (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009; FRAGALA et al., 2019). No entanto, o treinamento tradicional com pesos demanda o uso de máquinas e/ou pesos livres para realização dos exercícios. Demonstramos pela primeira vez que a QM também pode ser melhorada usando apenas um dispositivo (ou seja, a fita de suspensão). Essas descobertas expandem as de outros estudos que demonstraram que diferentes métodos de treinamento com pesos podem ser usados em um programa de treinamento com o objetivo de melhorar a QM. Nesse sentido, melhorias na QM já foram demonstradas tanto com o uso de máquinas para treinamento com pesos (AVILA et al., 2010; SCANLON et al., 2014) quanto com o uso de faixas elásticas (LIAO et al., 2018 e STRASSER et al., 2018).

As melhorias na QM induzidas pelo TS podem estar relacionadas às séries realizadas até a falha concêntrica muscular. De fato, a literatura relata que o exercício realizado até a falha concêntrica muscular (ou seja, incapacidade de completar outra repetição com uma forma adequada) produz ganhos semelhantes na força e na massa muscular, independentemente de outras variáveis do treinamento com pesos, por exemplo, duração da repetição, tipo de contração ou exercício (NÓBREGA et al., 2018; SANTANIELO et al., 2020) ou métodos (SOLIGON et al., 2020, DAMAS et al. 2019). Por outro lado, nem mesmo o treinamento tradicional com pesos realizado com 14 repetições a 40% de 1-RM induziu melhorias na QM (OTSUKA et al., 2022), possivelmente esse estímulo residiu distante da falha muscular. Assim, parece razoável sugerir que o TS realizado até a falha muscular concêntrica estimula suficientemente o sistema neuromuscular para maximizar os ganhos em força e massa muscular e, conseqüentemente, a QM (GRGIC et al., 2022; SCHOENFELD et al., 2017).

Nossas descobertas têm algumas implicações práticas. Programas tradicionais de treinamento com pesos geralmente exigem equipamentos caros disponíveis apenas em espaços específicos (e.g., clubes, academias e centros de treinamento). Esses aspectos podem limitar ou diminuir a adesão ao programa de treinamento, especialmente para aqueles com níveis mais baixos de desempenho funcional (e.g., idosos). Nesse sentido, o TS apresenta uma alternativa

que requer pouco espaço e permite que as sessões de treinamento completas sejam realizadas em casa ou em centros de cuidados para idosos usando um único dispositivo (i.e., a fita de suspensão) (ANGLERI et al., 2019; MOK et al., 2015). Embora as faixas elásticas também possam ser baratas e de fácil aplicação, as possibilidades de variar os exercícios são limitadas em comparação com o TS, que permite uma ampla variedade de exercícios para todos os grupos musculares. Além disso, a progressão da sobrecarga no treinamento com faixas elásticas depende de diferentes tipos de faixas, ao contrário do TS, em que apenas um ajuste na posição do corpo é suficiente para promover uma maior sobrecarga (LIAO et al., 2018; SOLIGON et al., 2020; STRASSER et al., 2018).

Em conclusão, o treinamento suspenso realizado até a falha muscular concêntrica é um método de treinamento capaz de promover a melhoria na QM de indivíduos idosos.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD, Per et al. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, n. 1, p. 49-64, 2010.
- ANDERSEN, Jesper L. Muscle fiber type adaptation in the elderly human muscle. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 13, n. 1, p. 40-47, 2003.
- ANGLERI, Vitor et al. Suspension training: a new approach to improve muscle strength, mass, and functional performances in older adults?. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1576, 2020.
- ARTS, Ilse MP et al. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, v. 41, n. 1, p. 32-41, 2010.
- AVILA, Joshua J. et al. Effect of moderate intensity resistance training during weight loss on body composition and physical performance in overweight older adults. **European journal of applied physiology**, v. 109, p. 517-525, 2010.
- BARBAT-ARTIGAS, Sébastien et al. Exploring the role of muscle mass, obesity, and age in the relationship between muscle quality and physical function. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 15, n. 4, p. 303. e13-303. e20, 2014.
- BORST, Stephen E. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. **Age and ageing**, v. 33, n. 6, p. 548-555, 2004.
- BROWN, Lee E.; WEIR, Joseph P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 4, n. 3, 2001.
- CESAR, Marcelo de Castro; BORIN, João Paulo; PELLEGRINOTTI, I. L. Educação física e treinamento esportivo. **De Marco A. Educação física: cultura e sociedade**, v. 4, p. 25-46, 2011.
- CHODZKO-ZAJKO, W. J. Proctor dn, Fiatarone Singh Ma, Minson CT, nigg Cr, Salem GJ, Skinner JS. american College of Sports Medicine position stand. exercise and physical activity for older adults. **Med Sci Sports exerc**, v. 41, p. 1510-1530, 2009.
- DAMAS, Felipe et al. Myofibrillar protein synthesis and muscle hypertrophy individualized responses to systematically changing resistance training variables in trained young men. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 3, p. 806-815, 2019.
- ELDER, C. P. et al. Intramuscular fat and glucose tolerance after spinal cord injury—a cross-sectional study. **Spinal cord**, v. 42, n. 12, p. 711-716, 2004.
- FRAGALA, Maren S. et al. Resistance training for older adults: position statement from the national strength and conditioning association. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 8, 2019.
- FRAGALA, Maren S.; KENNY, Anne M.; KUCHEL, George A. Muscle quality in aging: a multi-dimensional approach to muscle functioning with applications for treatment. **Sports medicine**, v. 45, n. 5, p. 641-658, 2015.
- GADELHA, André Bonadiaz et al. Muscle quality is associated with dynamic balance, fear of falling, and falls in older women. **Experimental gerontology**, v. 104, p. 1-6, 2018.

GAEDTKE, Angus; MORAT, Tobias. TRX suspension training: A new functional training approach for older adults—development, training control and feasibility. **International journal of exercise science**, v. 8, n. 3, p. 224, 2015.

GARBER, Carol Ewing et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

GRGIC, Jozo et al. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Journal of sport and health science**, v. 11, n. 2, p. 202-211, 2022.

KLEIN, C. S.; RICE, C. L.; MARSH, G. D. Normalized force, activation, and coactivation in the arm muscles of young and old men. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 3, p. 1341-1349, 2001.

LIAO, Chun-De et al. Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: A randomized controlled trial. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 2317, 2018.

LYNCH, N. A. et al. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. **Journal of applied physiology**, v. 86, n. 1, p. 188-194, 1999.

MOK, Nicola W. et al. Core muscle activity during suspension exercises. **Journal of science and medicine in sport**, v. 18, n. 2, p. 189-194, 2015.

NÓBREGA, Sanmy R. et al. Effect of resistance training to muscle failure vs. volitional interruption at high-and low-intensities on muscle mass and strength. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 1, p. 162-169, 2018.

NOGUEIRA PARANHOS AMORIM, D. et al. Muscle quality is associated with history of falls in octogenarians. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 25, n. 1, p. 120-125, 2021.

OTSUKA, Yuta et al. Effects of resistance training intensity on muscle quantity/quality in middle-aged and older people: a randomized controlled trial. **Journal of cachexia, sarcopenia and muscle**, v. 13, n. 2, p. 894-908, 2022.

SANTANIELO, Natalia et al. Effect of resistance training to muscle failure vs non-failure on strength, hypertrophy and muscle architecture in trained individuals. **Biology of Sport**, v. 37, n. 4, p. 333-341, 2020.

SCANLON, Tyler C. et al. Muscle architecture and strength: Adaptations to short-term resistance training in older adults. **Muscle & nerve**, v. 49, n. 4, p. 584-592, 2014.

SCHOENFELD, Brad J. et al. Strength and hypertrophy adaptations between low-vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3508-3523, 2017.

SOLIGON, Samuel Domingos et al. Suspension training vs. traditional resistance training: effects on muscle mass, strength and functional performance in older adults. **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 10, p. 2223-2232, 2020.

STRASSER, Eva-Maria et al. Strength training increases skeletal muscle quality but not muscle mass in old institutionalized adults: a randomized, multi-arm parallel and controlled

intervention study. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 54, n. 6, p. 921-933, 2018.

TRACY, B. L. et al. Muscle quality. II. Effects of strength training in 65-to 75-yr-old men and women. **Journal of applied physiology**, v. 86, n. 1, p. 195-201, 1999.

YOSHIKO, Akito et al. Effect of 12-month resistance and endurance training on quality, quantity, and function of skeletal muscle in older adults requiring long-term care. **Experimental gerontology**, v. 98, p. 230-237, 2017.