

EFETOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NEUROMUSCULAR SOBRE A FORÇA, COMPOSIÇÃO CORPORAL E FUNCIONALIDADE DE MULHERES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Bruna Piccini Ermel¹, Karen de Lima Pereira¹, Carolina Dertzbocher Feil Pinho¹
Giovani dos Santos Cunha¹

RESUMO

Introdução: O envelhecimento causa um declínio progressivo na força muscular, equilíbrio e funcionalidade, aumentando o risco de sarcopenia e impactando negativamente a qualidade de vida, principalmente em mulheres após a menopausa. A estimulação elétrica neuromuscular (EEN) vem sendo utilizada como uma estratégia de intervenção não-farmacológica para o tratamento da sarcopenia. **Objetivo:** Avaliar os efeitos da EEN isolada ou combinada com treinamento de força (EEN+TF), cinesioterapia (EEN+CT) e subir e descer escadas (EEN+SD) sobre a composição corporal, funcionalidade e força muscular em mulheres. **Materiais e Métodos:** Revisão sistemática na base de dados PubMed, utilizando os seguintes critérios de elegibilidade: a) população: mulheres; b) tipo de intervenção: EEN de membros inferiores combinada ou isolada; c) tipo de estudo: ensaios clínicos ou ensaios clínicos randomizados; d) artigos contendo avaliações de força e/ou composição corporal e/ou velocidade de marcha e/ou equilíbrio e/ou mobilidade; e) artigos em humanos. **Resultados:** Seis estudos foram incluídos na revisão (n=171 mulheres) e intervenções que variaram entre 4 e 6 semanas. A EEN isolada ou combinada EEN+TF melhoram a composição corporal, força muscular e parâmetros de funcionalidade. **Conclusão:** A combinação de EEN+TF emerge como uma estratégia não-farmacológica promissora para mitigar os efeitos deletérios da sarcopenia sobre a força, composição corporal e funcionalidade de mulheres. Contudo, mais estudos são necessários para aprofundar a compreensão dos efeitos da EEN e suas possíveis interações com diferentes tipos de exercícios físicos, especialmente em mulheres sarcopênicas ou com restrições para a prática de exercício físico convencional.

Palavras-chave: Desempenho físico funcional. Envelhecimento. Exercício físico. Força muscular. Sarcopenia.

ABSTRACT

Effects of neuromuscular electrical stimulation on strength, body composition and functionality in women: A systematic review

Aging causes a progressive decline in muscle strength, balance, and functionality, increasing the risk of sarcopenia and negatively impacting quality of life, especially in women after menopause. Neuromuscular electrical stimulation (NMES) has been used as a non-pharmacological intervention strategy for the treatment of sarcopenia. To evaluate the effects of NMES isolated or combined with strength training (NMES+ST), kinesiotherapy (NMES+KT) and climb up and down stairs (NMES+UDS) on body composition, functionality, and muscle strength in women. Systematic review in the PubMed database, using the following eligibility criteria: a) Population: women; b) Type of intervention: NMES of combined or isolated lower limbs; c) Type of study: clinical trials or randomized clinical trials; d) Articles containing strength evaluations and/or body composition and/or speed of gait and/or balance and/or mobility; e) Human articles. Six studies were included in the review (n=171 women) and interventions ranging from 4 to 6 weeks. NMES isolated or combined NMES+ST improve body composition, muscle strength, and functionality parameters. The combination of NMES+TF emerges as a promising non-pharmacological strategy to mitigate the deleterious effects of sarcopenia on strength, body composition, and functionality of women. However, more studies are necessary to deepen the understanding of the effects of NMES and its possible interactions with different types of exercise, especially in sarcopenic women or with restrictions on conventional physical exercise.

Key words: Physical functional performance. Aging. Exercise. Muscle strength. Sarcopenia.

1 - Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEFID-UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento é acompanhado por uma série de mudanças corporais, como reduções na força muscular, no equilíbrio e na velocidade da marcha (Ringsberg e colaboradores, 1999), aspectos que impactam negativamente na qualidade de vida, independência e funcionalidade desses indivíduos.

Além disso, um declínio da massa muscular já pode ser observado na meia-idade (Cruz-Jentoft e colaboradores, 2019), podendo aumentar o risco de desenvolvimento de sarcopenia. Sarcopenia é definida como uma síndrome multifatorial caracterizada pela perda quantitativa de força e massa muscular (Rosenberg, 1989), sendo atualmente considerado um problema de saúde pública devido às suas consequências, como desempenho físico comprometido, limitações na mobilidade, incapacidade de realizar atividades da vida diária (AVDs), diminuição da qualidade de vida, e aumento do risco de quedas, lesões, hospitalizações e mortalidade (Kirk e colaboradores, 2024).

Em mulheres, o processo de envelhecimento é agravado pela menopausa, que causa um prejuízo no ciclo normal de renovação óssea devido à deficiência de estrogênio, resultando em maiores reduções na densidade mineral óssea (DMO) em comparação aos homens (Lang, 2011).

Após os 60 anos, há uma perda progressiva na DMO de aproximadamente 1-1,5% ao ano (Kirk, Zanker, Duque, 2020), aumentando para 30-40% a partir dos 70 anos (Greendale e colaboradores, 2012; Ji, Yu, 2015).

A osteoporose e a sarcopenia compartilham um contexto comum no processo de envelhecimento, sendo agravadas pela inatividade física e deficiências nutricionais (Azzolino e colaboradores, 2021).

A inatividade física está fortemente correlacionada com a perda de força, massa muscular e consequentemente com o desenvolvimento de sarcopenia. Contudo, o exercício físico tem sido considerado um fator protetivo contra a sarcopenia (Santilli e colaboradores, 2014).

Além disso, a participação regular em atividades físicas que envolvam força muscular estão associadas a uma ampla gama de benefícios para a saúde, incluindo reduções nas taxas de mortalidade por todas as causas

e melhorias na funcionalidade e bem-estar biopsicossocial (Momma e colaboradores, 2022).

Faigenbaum e colaboradores, (2024), sugerem uma relação entre "strenghtspan" (manutenção da força muscular em um nível elevado) e "lifespan" (duração da vida com funcionalidade), argumentando a favor da construção de uma reserva de força muscular na infância, o que tornará um adulto forte e capaz de realizar as atividades de vida diária com reduções nos riscos a saúde relacionadas ao processo de envelhecimento, mantendo a funcionalidade e a independência nas fases mais avançadas do processo de envelhecimento.

Nesse sentido, atividades físicas que envolvam o desenvolvimento da força muscular devem ser promovidas ao longo do ciclo vital, utilizando diferentes métodos e estratégias de intervenção.

O treinamento de força tem sido considerado uma estratégia não-farmacológica robusta e eficiente para a prevenção e tratamento da sarcopenia e suas consequências (Dent e colaboradores, 2015).

No entanto, novas abordagens estão surgindo para complementar as intervenções existentes, como a estimulação elétrica neuromuscular (EEN), que consiste na aplicação de energia elétrica intermitente e de alta intensidade para gerar contrações musculares potentes (Maffiuletti e colaboradores, 2018).

Essa modalidade é amplamente utilizada, inclusive em pacientes hospitalizados por períodos prolongados para preservar a função neuromuscular (Nonoyama e colaboradores, 2022), além de ser empregada na reabilitação pós-cirúrgica de problemas osteoarticulares, bem como na melhoria da função neuromuscular de indivíduos saudáveis e atletas (Maffiuletti e colaboradores, 2018), surgindo assim como uma alternativa no treinamento de força.

Diante das consequências da sarcopenia e do seu impacto maior no processo de envelhecimento de mulheres, e considerando a eficiência do treinamento de força como intervenção bem documentada cientificamente para o tratamento e manejo dos efeitos do envelhecimento, torna-se necessário investigar os efeitos da EEN sobre a aptidão física e funcionalidade de mulheres.

Esta revisão tem como objetivo avaliar os efeitos da EEN isolada ou combinada com treinamento de força (EEN+TF), cinesioterapia (EEN+CT) e subir e descer escadas (EEN+SD) sobre a composição corporal, equilíbrio, velocidade de marcha, mobilidade e força muscular de mulheres.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão sistemática, que seguiu as recomendações propostas pela Cochrane Collaboration (Higgins e colaboradores, 2019) e pelo PRISMA Statement (Moher e colaboradores, 2009).

Critérios de Elegibilidade

Os seguintes critérios de inclusão foram adotados: a) população: mulheres; b) tipo de intervenção: eletroestimulação de membros inferiores combinada ou isolada do treinamento físico complementar; c) tipo de estudo: ensaios clínicos ou ensaios clínicos randomizados; d) artigos contendo avaliações de força e/ou composição corporal e/ou velocidade de marcha e/ou equilíbrio e/ou mobilidade; e) artigos em humanos.

Os seguintes critérios de exclusão foram adotados: a) participantes com doença crônica (infarto, dano cerebral, câncer, danos na medula espinhal, doença obstrutiva pulmonar); b) participantes que passaram por procedimentos ortopédicos (cirurgia de ligamento cruzado anterior; participantes com problemas ortopédicos); c) participantes com osteoartrite e dor no joelho; d) eletroestimulação de corpo inteiro. A Figura 1 apresenta o fluxograma do presente estudo.

Busca e seleção de artigos

Os estudos foram identificados a partir de uma busca na base de dados PubMed, publicados desde o ponto de tempo mais antigo até o dia 15 de abril de 2024. Os descritores de busca utilizados foram: "(neuromuscular electrical stimulation OR NMES OR electrical stimulation), AND women, AND (lower limb OR lower limbs OR knee extensor)", com filtro para ensaios clínicos e ensaios clínicos randomizados.

Primeiramente, uma triagem baseada em títulos e resumos foi conduzida e a seguir, os artigos remanescentes foram lidos na

íntegra para verificação dos critérios de elegibilidade. Os artigos identificados pela estratégia de busca foram avaliados independentemente por dois pesquisadores (B.P.E. e G.S.C.). As diferenças entre os pesquisadores foram resolvidas por consenso. Artigos em duplicata foram removidos.

Extração dos dados

A extração dos dados foi conduzida de forma independente pelos revisores (B.P.E. e G.S.C.). Foram extraídas informações acerca da população, características metodológicas, intervenções e desfechos dos estudos selecionados (Tabela 1). Divergência entre as informações encontradas foram resolvidas por consenso.

Avaliação do risco de viés e força da evidência

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos foi realizada por dois revisores (C.D.F.P. e K.L.P.) independentemente, usando a ferramenta para avaliação da qualidade do estudo e relato em estudos de treinamento físico, conforme proposto por Smart e colaboradores (2015).

Para isso, a avaliação incluiu os seguintes itens: (a) critérios de elegibilidade especificados; (b) randomização especificada; (c) ocultação de alocação; (d) grupos semelhantes na linha de base, sem diferença significativa após a randomização; (e) cegamento dos avaliadores de resultados; (f) cegamento dos avaliadores de resultados; (g) medidas de resultados avaliadas em pelo menos 85% dos pacientes; (h) análise de intenção de tratar; (i) relato de comparação estatística entre grupos; (j) medidas pontuais e medidas de variabilidade para todos os resultados relatados; (k) monitoramento de atividades no grupo de controle; (l) se a intensidade relativa do exercício permaneceu constante e (m) volume relativo e gasto energético.

A pontuação da qualidade dos artigos foi baseada em tercís, onde 0 a 5 pontos foram considerados de baixa qualidade, 6 a 10 pontos foram considerados de média qualidade e 11 a 15 pontos foram considerados de alta qualidade.

RESULTADOS

A estratégia de busca identificou 55 artigos na base de dados PubMed. Seguido pela remoção de duplicatas e análise dos títulos, 12 artigos foram identificados como

relevantes. Após a análise dos resumos, 2 artigos foram excluídos, restando 10 artigos para a análise completa do texto. Por fim, 6 artigos foram incluídos na revisão, 5 pela base de dados e 1 pela pesquisa de citações.

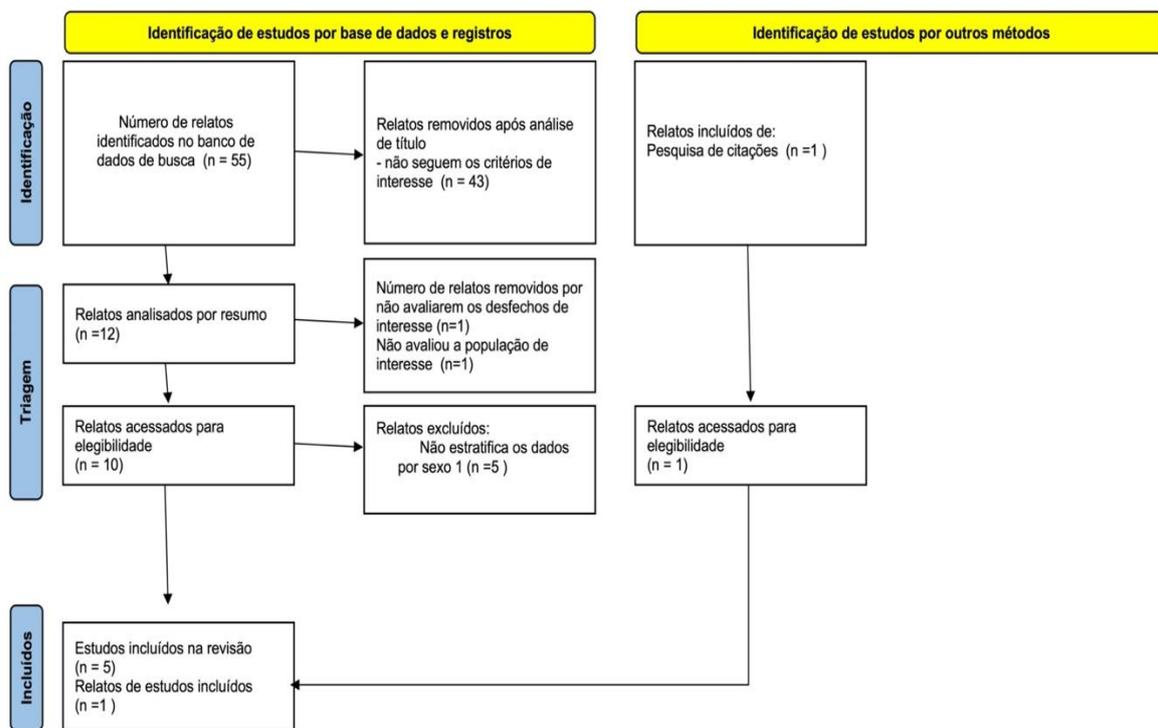


Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos estudos da revisão sistemática.

Participantes

As características das participantes, da intervenção e os principais desfechos são apresentados na Tabela 1.

Seis artigos foram incluídos, totalizando 171 mulheres com idades superiores a 39 anos, com avaliações acerca da funcionalidade, composição corporal e força isométrica máxima.

Intervenções

Todos os estudos incluíram um grupo com realização de exercícios físicos isolados (CT, SD e TF) e um grupo com EEN isolada ou combinada (EEN+TF, EEN+CT e EEN+SD).

Dois estudos com mulheres de 40 anos ou mais realizaram intervenções de 4 semanas, 3 vezes por semana, com duração de aproximadamente uma hora (Thapa e

colaboradores, 2023; Jang e Park, 2021), com um grupo realizando apenas exercícios físicos para os membros inferiores e um grupo com EEN associada a diferentes frequências, sendo um com frequência de pulso 35-70 Hz com duração do pulso de 100 us e outro com frequência de pulso 25 Hz com duração do pulso de 300 us, ambos com a intensidade aumentando gradualmente a cada semana.

Um estudo investigou mulheres hospitalizadas (Maggioni e colaboradores, 2012) com idade igual ou superior a 75 anos, com 4 grupos de intervenção, 18 sessões de treino de 45 minutos, 3 vezes por semana durante 6 semanas, sendo um grupo utilizando cicloergômetro para aquecimento e exercícios adicionais para os membros inferiores, um grupo com EEN isolada com frequência de pulso inicial de 35 Hz e aumento gradual até 85 Hz nas últimas 6 sessões, e um grupo combinando os dois protocolos alternados por

sessão. Outro estudo (Paillard e colaboradores, 2005), com mulheres saudáveis, utilizou 3 intervenções, sendo um grupo subindo e descendo 300 degraus na velocidade livre, outro com EEN isolada e outro com ambos combinados. E por fim, um estudo com mulheres saudáveis investigou o efeito de quatro diferentes correntes (correntes russa e australiana e duas de baixa frequência), em 3 visitas com intervalo de 5 dias (Dantas e colaboradores, 2015).

As duas correntes de baixa frequência foram moduladas para imitar a duração da fase e intensidade das demais, nomeadas P200 e P500, com duração de pulso de 200 us e 500

us, respectivamente. Os parâmetros físicos utilizados nas 4 correntes foram: a) Australiana, corrente alternada com 1000 Hz, com frequência modulada para explosões de 50 Hz, e duração de fase 500 us; b) Russa com corrente alternada de 2500 Hz, com frequência de explosões também em 50 Hz, e com duração de fase 200 us; c) PC500 com pulso de corrente em 50 Hz e duração de fase 500 us; d) PC200 com o mesmo pulso, mas duração de fase de 200 us. Todas as correntes foram administradas com um tempo ativo de 10 segundos, com 3 segundos de subida e 3 minutos de intervalo.

Tabela 1 - Características dos Artigos Incluídos na Revisão Sistemática.

Autores	Desenho do estudo	Participantes	Variáveis e Instrumentos	Características da Intervenção	Principais Desfechos
Thapa e colaboradores, 2023	ECR GI=EEN+TF e TF GC=controle	n=48 mulheres, 40-85 anos.	Teste de preensão manual, Teste velocidade de marcha de 7 metros, Teste sentar e levantar, TUG, Antropometria, Composição corporal (BIA).	Protocolo: TF Aq. 10', exercício para quadríceps 10', elevação de pernas estendidas 5' cada, bomba de tornozelo 5', relaxamento 10'. Volume: 50' Frequência: 3x/semana Duração: 4 semanas. Protocolo: EEN TF + EEN no quadríceps de ambas as pernas. Frequência: 35 a 70 Hz, Duração do pulso: 100 µs Período do pulso: 50 ms Tamanho: 150mmx240 mm Intensidade: progressiva	EEN+TF apresentou ↑ índice de massa muscular esquelética, ↑ Ângulo de fase, ↑ Velocidade de marcha, ↑ força de preensão manual e ↑ TUG em comparação ao grupo controle. TF não apresentou melhoras significativas em comparação ao grupo controle.
Jang e Park, 2021	ECR GI= TF e EEN+TF GC = controle	n=27 mulheres, 65 anos ou mais.	Composição corporal (BIA), Circunferência (panturrilha), Força de preensão manual,	Protocolo: TF Aq. 10', exercícios para membros inferiores 40', relaxamento 10' Volume: 60' 1x10/reps, incremento para 2x10/reps Frequência: 3x/semana Duração: 4 semanas Protocolo: EEN+TF	↑ circunferência da panturrilha nos grupos TF e EEN+TF. ↑ TUG e equilíbrio no grupo EEN+TF.

				Teste de sentar e levantar, TUG, Teste de apoio unipodal, Teste de equilíbrio em Y.	Protocolo similar ao TF+ EEN Frequência: 25Hz Duração de pulso: 300µs Onda quadrada: 20 minutos no exercício.	↑ Teste de equilíbrio no grupo TF.
Dantas e colaboradores, 2015	ECR duplo cego GI:correntes Russa, Australian a, PC500 e PC200.	n=21 mulheres saudáveis, fisicamente ativas, sem TF nos últimos 6 meses.	Controle do ciclo menstrual, Composição corporal (dobras cutâneas), Torque isométrico máximo, Desconforto com o EMS por escala visual analógica de dor.	3 visitas com intervalo de 5 dias 1°visita: familiarização com as 4 formas de corrente, 2 KACs e 2 baixa-frequência, PCs + medidas antropométricas. 2°visita: aquecimento, avaliação de torque e EEN com intensidade progressiva até o limite suportável, avaliação de desconforto ao EEN. 3° visita: protocolo similar a 2° visita com adição de CVIM.	= Nível de desconforto entre as correntes. ↓ torque evocado com corrente russa comparada as correntes australiana, PC500 e PC200. Sem vantagem entre EEN ou EEN+CVIM no torque máximo isométrico de extensores de joelho.	
Maggioni e colaboradores, 2010 e 2012	ECR GI: CT, EEN+CT e EEN GC: controle	n = 40 mulheres 75 anos ou mais hospitalizadas a pelo menos um 1 mês.	DXA, CVIM de extensores de joelho com célula de carga, Teste de caminhada de 6'.	Protocolo: CT Protocolo: Aq. 8' de bicicleta + 10' alongamento, parte principal: contrações isotônicas e isométricas no agachamento ¼, extensão de perna, elevação de perna esticada e extensão de quadril em quatro apoios. Volume: 45' Frequência: 3x/semana Duração: 18 sessões em 6 semanas Protocolo: EEN Duração: 18 sessões Ondas bifásicas Frequência: 35 Hz nas primeiras 6 sessões + 75 Hz nas outras 6 sessões + 85 Hz nas últimas 6.	↑ teste de caminhada 6' em todos os grupos, sem diferença entre grupos. ↓ FC de 1min após T6C no grupo CT e EEN+CT ↓ FC de 5 min pós-teste TC6 no grupo CT. ↑ na força isométrica máxima de extensores do joelho no grupo EEN e EEN+CT.	

					Protocolo: EEN+CT 9 sessões de CT e 9 de EEN administradas alternadamente.	
Paillard e colaboradores, 2005	ECR GI: EEN, EEN+SD GC: SD	n=32 mulheres 62-75 anos	Torque isométrico máximo de extensores do joelho, Equilíbrio estático e dinâmico, Análise da caminhada.		Protocolo: SD Subida e descida de degraus em velocidade livre Volume: 300 degraus de 20cm Frequência: 4x/semana Duração: 6 semanas Protocolo: EEN Estimulação nas duas pernas Onda quadrada simétrica bifásica Volume: 15' Pulso contínuo: 350 μ s Intensidade: máxima tolerada Protocolo: EEN+SD combinação dos dois grupos	↑ Pico de torque nos 3 grupos. Sem alterações nas características espaciais temporais da caminhada. Sugere que o exercício voluntário é mais efetivo para o ganho de equilíbrio.

Legenda: ECR = ensaio clínico randomizado; GI = grupo intervenção; GC = grupo controle; EEN = estimulação elétrica neuromuscular; DXA = Dual Energy X-ray Absorptiometry; TF = treinamento de força; CT = cinesioterapia; CVIM = contração voluntária isométrica máxima; SD = subida e descida de degraus; TUG = Time up Go; FC = frequência cardíaca, Aq. = aquecimento, KACs = Russian and Aussie currents, PCs = pulse currents; ↑ = aumento ou melhora; ↓ = diminuição ou piora; = igual ou semelhante

Qualidade metodológica dos estudos incluídos

A qualidade dos estudos foi verificada através da pontuação geral na escala TESTEX (Smart e colaboradores, 2015). Cinco estudos incluídos nesta revisão foram classificados como de qualidade média (entre 6 e 10 pontos na escala TESTEX). Apenas o estudo de Dantas e colaboradores (2015) pontuaram abaixo de 5 pontos, ou seja, considerado de baixa qualidade.

Desfechos

Os resultados extraídos para essa revisão foram de funcionalidade (teste de caminhada de 7 m e de 6 min, teste de sentar e levantar, TUG, teste de equilíbrio, força de prensão manual), composição corporal (composição corporal avaliada por DXA, BIA e dobras cutâneas), força ou torque muscular isométrico máximo.

Funcionalidade

Três estudos avaliaram a funcionalidade das participantes. Thapa e colaboradores (2023), encontraram, através do teste de ANOVA de duas vias, um efeito principal significativo da interação entre tempo e grupo na velocidade de marcha ($F(2, 28)=4,00$, $p<0,05$). No grupo de EEN+TF, houve um ganho na velocidade de marcha de $1,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (0,16) para $1,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (0,18), com um tamanho de efeito de $d=0,20$, comparado com o grupo controle.

Além disso, esse mesmo grupo apresentou uma diferença significativa na força de prensão manual em comparação com a linha de base. Já os grupos TF e EEN+TF tiveram reduções significativas nos testes de sentar e levantar e no teste de TUG ($p<0,05$), sem diferença significativa no efeito principal do grupo e na interação grupo vs. tempo.

No estudo de Jang e Park (2021), o grupo EEN+TF apresentou diferenças significativas em todas as variáveis funcionais,

enquanto o grupo TF apenas não apresentou diferenças no teste de preensão manual e no TUG. No teste de Bonferroni post hoc, tanto o TUG quanto o teste de equilíbrio em Y apresentaram diferenças entre o grupo EEN+TF e o controle.

Por fim, no estudo de Maggioni e colaboradores (2010), foram encontradas diferenças significativas nas distâncias percorridas no teste de caminhada de 6 minutos do pré- para o pós-intervenção para TF, EEN e EEN+TF (de 227 \pm 80 m para 249 \pm 77 m, de 225 \pm 66 m para 255 \pm 70 m e de 271 \pm 88 m para 300 \pm 116 m, respectivamente).

Quanto ao teste de equilíbrio e habilidades de marcha, o escore de equilíbrio avaliado pela escala de Tinetti aumentou significativamente e na mesma extensão para todos os grupos do pré- para pós-intervenção, enquanto o escore de habilidades de marcha não apresentou diferenças significativas entre os diferentes grupos.

Composição corporal

Quatro estudos avaliaram a composição corporal das participantes, dois por BIA, um por DXA e um por dobras cutâneas, esse último não informa os dados dessa análise. Thapa e colaboradores (2023) encontraram, através do teste ANOVA de duas vias, um efeito principal significativo na interação tempo vs. grupo $F(2, 28)=5,51$, $p<0,01$, $F(1, 28)=4,40$, $p<0,05$, no índice de massa muscular esquelética (IMM) e ângulo de fase, respectivamente. No grupo EEN+TF, com ganhos de IMM de 6,0 \pm 1,2 kg.m⁻² para 6,7 \pm 1,5 kg.m⁻² e ângulo de fase de 5.1 \pm 1,1° para 5.7 \pm 1,9°, correspondendo a um tamanho de efeito de $d=0,25$ e $d=0,22$, respectivamente. No grupo TF também se observou ganhos no ângulo de fase.

O estudo de Jang e Park (2021), após a intervenção de 4 semanas encontraram um aumento significativo na circunferência de panturrilha nos grupos TF e EEN+TF de 31,89 \pm 1,28 cm para 32,85 \pm 0,85 cm ($p=0,01$) e de 31,57 \pm 2,98 cm para 32,61 \pm 2,87 cm ($p=0,01$), respectivamente.

Em contrapartida, não houve diferença significativa entre os grupos pós-intervenção na massa muscular esquelética, massa corporal gorda, circunferência de panturrilha e no teste de preensão manual.

No estudo de Maggioni e colaboradores (2012), foi encontrado pós-

intervenção no grupo CT uma redução significativa no BMC de membros inferiores, de 551 \pm 147 g para 566 \pm 144 g, com uma diferença significativa entre os grupos quando comparado com EEN, EEN+TF e controle.

Força ou torque isométrico máximo

Três estudos avaliaram a força ou torque isométrico máximo, um com célula de carga para força isométrica máxima, e dois com dinamômetro isocinético para mensurar torque isométrico máximo.

O estudo de Maggioni e colaboradores (2012) avaliaram a força isométrica de membros inferiores nos ângulos de 30° e 60°, nenhuma diferença significativa foi encontrada na comparação entre 30° do pré- para pós-intervenção para CT, EEN ou EEN+CT. Já em 60°, a força máxima voluntária aumentou significativamente pós-intervenção para EEN e EEN+CT (5,1 \pm 3,3 N.kg⁻¹ para 5,6 \pm 1,2 N.kg⁻¹ e 7,0 \pm 0,7 N.kg⁻¹ para 8,0 \pm 1,1 N.kg⁻¹, respectivamente). O teste de ANOVA de 2 vias para medidas repetidas não estabeleceu interação entre tempo vs. grupo. No estudo de Paillard e colaboradores (2005), o torque isométrico máximo aumentou significativamente nos ângulos de 20° e 100° nos três grupos estudados (SD, EEN e EEN+SD), sem diferença significativa entre eles.

Por fim, no estudo de Dantas e colaboradores (2015), diferente dos demais, investigou os efeitos agudos de 4 diferentes correntes de EEN. A EEN isolada evocou em média 66% do torque isométrico voluntário máximo (Australiana: 71,7%; PC500: 76,9%; Russa: 50,8% e PC200: 70,1%). A corrente russa apresentou um torque significativamente menor que as demais correntes ($p<0,01$). Já a média de torque alcançado durante a EEN+CVIM foi de 92,8% do torque isométrico máximo (Australiana: 92,1%; PC500: 94,4%; Russa: 92,3% e PC 200:92,2%), sem diferenças significativas entre os diferentes tipos de corrente.

DISCUSSÃO

Para o melhor de nosso conhecimento, esta é a primeira revisão sistemática que investigou os efeitos da EEN de forma isolada ou combinada com outras estratégias de prescrição de exercício (EEN+TF, EEN+CT e EEN+SD) sobre a funcionalidade, composição

corporal e força muscular de mulheres. As evidências sugerem que a EEN isolada ou combinada gera efeitos positivos sobre a funcionalidade, composição corporal, força ou torque muscular em mulheres.

Adicionalmente, alguns estudos identificaram resultados positivos da EEN sobre parâmetros específicos como força isométrica máxima de extensores de joelho (Maggioni e colaboradores, 2010), velocidade de marcha, força de prensão manual (Thapa e colaboradores, 2022), equilíbrio e TUG (Jang e Park, 2021).

Durante o processo de envelhecimento é esperado um avanço no processo de sarcopenia, o qual está diretamente associado a comprometimentos e incapacidades metabólicas, fisiológicas e funcionais, o que afeta a saúde e qualidade de vida pois gera efeitos negativos sobre aspectos sociais e econômicos dessa população. Por esses motivos, a sarcopenia tem sido considerada um importante problema de saúde pública (Rosenberg, 1989).

Adicionalmente, sabe-se que o processo sarcopenia geralmente inicia-se após os 40 anos (Cruz-Jentoft e colaboradores, 2019) e que o declínio da massa muscular é mais evidente em mulheres, principalmente após 3 anos da instalação da menopausa (Maltais, Desroches e Dionne, 2009).

Dito isso, os resultados encontrados nesta revisão evidenciam que a EEN pode ser considerada uma importante estratégia de prescrição de exercício para o tratamento da sarcopenia.

Compreender a EEN como uma alternativa viável e efetiva para induzir efeitos positivos na aptidão física (incrementos de força e massa muscular) e na funcionalidade (melhora do equilíbrio, da mobilidade e da velocidade de marcha), possibilita o desenvolvimento de diversas estratégias de prescrição de exercício principalmente para mulheres que possuem alguma restrição a prática do exercício físico convencional ou que estão muito debilitadas.

Na mesma perspectiva, o estudo de revisão de Rahmati, Gondin e Malakoutinia (2021) contendo 32 ensaios clínicos randomizados com adultos jovens e 5 com idosos, concluiu que a EEN tem efeitos positivos sobre o incremento da força do quadríceps quando comparado ao grupo controle, contudo é menos eficiente do que treinamento de força em jovens adultos.

Tendo em vista a limitação de estudos com idosos, a EEN parece ter efeitos positivos sobre os incrementos de força de quadríceps em idosos. Esses resultados corroboram com o presente estudo, uma vez que a efetividade da EEN para o aumento de força foi demonstrada, contribuindo com a ideia de desenvolver intervenções efetivas para combater os efeitos deletérios da sarcopenia, principalmente em mulheres.

O estudo de revisão García-Pérez-de-Sevilla e Pinto (2022) realizado com pacientes em unidades de terapia intensiva, demonstrou que a EEN e o exercício físico previnem a perda excessiva de massa muscular e promovem ganhos de força em pacientes que recebem alta com fraqueza adquirida.

Entretanto, os resultados indicaram que o exercício físico parece ser mais eficaz na melhora da funcionalidade. Este achado corrobora a ideia de combinar EEN+TF para obter ganhos mais abrangentes, dado que as consequências da sarcopenia impactam diretamente a funcionalidade e qualidade de vida destes indivíduos.

No mesmo sentido, um estudo de coorte retrospectivo (Nonoyama e colaboradores, 2021) realizado com pacientes idosos internados em unidades de terapia intensiva observou uma menor redução na espessura muscular e uma diminuição na echo-intensity após a intervenção com EEN em comparação ao grupo controle. Esse resultado reflete uma melhora na qualidade muscular induzida por EEN.

No entanto, não foram observadas melhorias na funcionalidade entre o grupo controle e EEN, resultado que corrobora com a revisão mencionada anteriormente, na qual apenas os estudos com exercício físico demonstraram melhoras significativas nesse aspecto.

Esses resultados reforçam a hipótese de combinar ambas as intervenções (EEN+TF) para aumentar o espectro de adaptações positivas no que diz respeito à aptidão física e funcionalidade, diminuindo assim os efeitos deletérios da sarcopenia e maximizando os efeitos positivos à saúde.

CONCLUSÃO

À luz desses fatos, a combinação de EEN e treinamento de força emerge como uma estratégia promissora para mitigar os efeitos da sarcopenia em mulheres.

Existem evidências significativas acerca dos efeitos positivos da EEN sobre funcionalidade (velocidade de marcha, mobilidade e equilíbrio, força muscular), que são semelhantes aos efeitos observados no treinamento de força tradicional em diversas populações.

Adicionalmente, existe uma carência de estudos acerca dos das adaptações fisiológicas induzidas por EEN e EEN+TF principalmente em mulheres sarcopênicas ou que apresentem restrições para a prática de exercício físico convencional.

Conflito de Interesses

Os autores declaram não possuir conflito de interesses.

Agradecimentos

A autora B.P.C. foi apoiada por bolsa BIC-UFRGS.

REFERÊNCIAS

- 1-Azzolino, D.; Spolidoro, G.; Saporiti, E.; Luchetti, C.; Agostini, C.; Cesari, M. Musculoskeletal Changes Across the Lifespan: Nutrition and the Life-Course Approach to Prevention. *Frontiers in Medicine*. Vol. 8. 2021.
- 2-Cruz-Jentoft, A.J.; Bahat, G.; Bauer, J.Boirie, Y., Bruyère, O.; Cederho. T.; Cooper, C.; Landi, F.; Rolland, Y.; Sayer, A.A.; Schneider, S.M.; Sieber, C.C.; Topinkova, E.; Vandewoude, M.; Visser, M.; Zamboni, M. Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2). The Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*. Vol. 48. Num. 1. 2019. p. 16-31.
- 3-Dantas, L.; Vieira, A.; Siqueira, A.; Salvini, T.; Durigan, J. Comparison between the effects of 4 different electrical stimulation current waveforms on isometric knee extension torque and perceived discomfort in healthy women. *Muscle & Nerve*. Vol. 51. Num. 1. 2015. p. 76-82.
- 4-Faigenbaum, A.D.; Garcia A.H.; MacDonald, J.; Mortatti, A.; Rial Rebullido, T. Bridging the gap between strengthspan and lifespan. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 58. Num. 14. 2024. p. 758.
- 5-García-Perez-de-Sevilla, G.; Pinto, B. S-P. Effectiveness of physical exercise and neuromuscular electrical stimulation interventions for preventing and treating intensive care unit-acquired weakness: A systematic review of randomized controlled trials - ScienceDirect. 2022.
- 6-Greendale, G.A.; Sowers, M.; Han, W.; Huang, M.H.; Finkelstein, J.S.; Crandall, C.J.; Lee, J.S.; Karlamangla, A.S. Bone Mineral Density Loss in Relation to the Final Menstrual Period in a Multi-ethnic Cohort: Results from the Study of Women's Health Across the Nation (SWAN). *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. Vol. 27. Num. 1. 2012. p. 111-118.
- 7-Higgins, J.P.T.; Thomas, J.; Chandler, J.; Cumpston, M.; Li, T.; Page, M.J.; Welch, V.A. Editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. Hoboken. John Wiley & Sons. 2019.
- 8-Jang, E.M.; Park, S.H. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation Combined with Exercises versus an Exercise Program on the Physical Characteristics and Functions of the Elderly: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 18. Num. 5. 2021. p. 2463.
- 9-JI, M.-X.; Yu, Q. Primary osteoporosis in postmenopausal women. *Chronic Diseases and Translational Medicine*. Vol. 1. Num. 1. 2015.
- 10-Kirk, B.; Cawthon, P.M.; Arai, H.; Ávila-Funes, J.A.; Barazzoni, R.; Bhasin, S.; Binder, E.F.; Bruyere, O.; Cederholm, T.; Chen, L.K.; Cooper, C.; Duque, G.; Fielding, R.A.; Guralnik, J.; Kiel, D.P.; Landi, F.; Reginster, J. Y.; Sayer, A.A.; Visser, M.; Von Haehling, S.; Woo, J.; Cruz-Jentoft, A.J. The global Leadership Initiative in Sarcopenia (GLIS) group. The Conceptual Definition of Sarcopenia: Delphi Consensus from the Global Leadership Initiative in Sarcopenia (GLIS). *Age and Ageing*. Vol. 53. Num. 3. 2024.

- 11-Kirk, B.; Zanker, J.; Duque, G. Osteosarcopenia: epidemiology, diagnosis, and treatment-facts and numbers. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. Vol. 11. Num. 3. 2020. p. 609-618.
- 12-Lang, T. F. The Bone-Muscle Relationship in Men and Women. *Journal of Osteoporosis*. Vol. 2011. 2011.
- 13-Maffiuletti, N.A.; Gondiz, J.; Place, N.; Stevens-Lapsley, J.; Vivodtzev, I.; Minetto, M.A. Clinical Use of Neuromuscular Electrical Stimulation for Neuromuscular Rehabilitation: What Are We Overlooking?. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. Vol. 99. Num. 4. 2018. p. 806-812.
- 14-Maggioni, M.A.; Cé, E.; Giordano, G.; Bertoli, S.; Battezzati, A.; Veicsteinas, A.; Merati, G. Effects on body composition of different short-term rehabilitation programs in long-stay hospitalized elderly women. *Aging Clinical and Experimental Research*. Vol. 24. Num. 6. 2012. 619-626.
- 15-Maggioni, M. A.; Cé, E.; Rampichini, S.; Ferrario, M.; Giordano, G.; Veicsteinas, A.; Merati, G. Electrical stimulation versus kinesitherapy in improving functional fitness in older women: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. Vol. 50. Num. 3. 2010. p. 19-25.
- 16-Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D.G.; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*. Vol. 151. Num. 4. 2009. p. 264-269.
- 17-Maltais, M. L.; Desroches, J.; Dionne, I. J. Changes in muscle mass and strength after menopause. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*. Vol. 9. Num. 4. 2009. p. 186-97.
- 18-Momma, H.; Kawakami, R.; Honda, T.; Sawada, S. Muscle-strengthening activities are associated with lower risk and mortality in major non-communicable diseases: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 56. Num. 13. 2022. p. 755-763.
- 19-Smart, N.A.; Waldron, M.; Ismail, H.; Giallauria, F.; Vigorito, C.; Cornelissen, V.; Dieberg, G. Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*. Vol. 13. Num. 1. 2015. p. 9-18.
- 20-Nonoyama, T.; Shigemi, H.; Kubota, M.; Matsumine, A.; Shigemi, K.; Ishizuka, T. Neuromuscular electrical stimulation in the intensive care unit prevents muscle atrophy in critically ill older patients: A retrospective cohort study. *Medicine*. Vol. 101. Num. 31. 2022.
- 21-Paillard, T.; Lafont, C.; Soulat, J.M.; Montoya, R.; Costes, S.; Marie, C.; Dupui, P. Short-term effects of electrical stimulation superimposed on muscular voluntary contraction in postural control in elderly women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 19. Num. 3. 2005. p. 640-646.
- 22-Rahmati, M.; Gondin, J.; Malakoutinia, F. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation on Quadriceps Muscle Strength and Mass in Healthy Young and Older Adults: A Scoping Review. *Physical Therapy*. Vol. 101. Num. 9. 2021.
- 23-Ringsberg, K.; Gerdhem, P.; Johansson, J.; Obrant, K.J. Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women?. *Age and Ageing*. Vol. 28. Num. 3. 1999. p. 289-293.
- 24-Rosenberg, I.H. Summary comments. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 50. Num. 5. 1989. p. 1231-1233.
- 25-Santilli, V.; Bernetti, A.; Mangone, M.; Paoloni, M. Clinical definition of sarcopenia. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*. Vol. 11. Num. 3. 2014. p. 177-180.
- 26-Thapa, N.; Yang, J.G.; Bae, S.; Kim, G.M.; Park, H.Y.; Park, H. Effect of Electrical Muscle Stimulation and Resistance Exercise Intervention on Physical and Brain Function in Middle-Aged and Older Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 20. Num. 1. 2023. p. 101.

E-mail dos Autores:
brunaermel@gmail.com
Ka2guga@hotmail.com
cacadfpinho@gmail.com
giovani.cunha@ufrgs.br

Autor correspondente
Giovani dos Santos Cunha
giovani.cunha@ufrgs.br

Recebido para publicação em 07/08/2024
Aceito em 14/09/2024