

**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO**

NOME	RA	REGIME*	CAMPUS
Vitor Augusto Martins Oliveira	N9479D1	Regular	Vergueiro
Luís Gustavo da Silva	N773375	Regular	Vergueiro

*Regular ou Tutelado

Orientador: Leonardo Affonso Massabki Caffaro.

Título do trabalho: O Impacto Da Estimulação Eletro-Neuromuscular E Suplementação de Proteínas Em Ganho De Massa Muscular e Força.

Tipo de trabalho: (X) REVISÃO () PESQUISA DE CAMPO

Tipo de apresentação: (X) BANNER () TEMA LIVRE

	Nota Orientador	Nota Apresentação	Nota PTCI	Nota Final
Banner Prof. Leonardo A. M. Caffaro Fone: 91.78.18652-5 UNIP - Cidade Nova	DGZ	9,0	10,0	9,6

Dr.ª Juliana Andrade
CRP 10.144
Endereço: Rua Heliópolis, 1111
Unidade: Paulista

	Nota Orientador	Média Apresentação	Nota PTCI	Nota Final
Tema Livre				

Coordenação do Curso de Fisioterapia

O Impacto Da Estimulação Eletro-Neuromuscular E Suplementação de Proteínas Em Ganho De Massa Muscular e Força

The Impact Of Neuromuscular Electrical Stimulation Plus Protein Supplementation On Muscle Mass and Strength

O Impacto Da NMES e Suplementação Proteica Em Massa e Força Muscular

Leonardo Affonso Massabki Caffaro¹, Luís Gustavo da Silva² (RA: N773375),
Vitor Augusto Oliveira² (RA: N9479D1).

Luís Gustavo da Silva

Endereço: Rua Braz Cubas 148 apto 02 Aclimação, Número:(11) 91318-1842,

Endereço eletrônico: luisgustavo.sp2010@gmail.com

1 – Doutor em Ciências pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMSUP), Docente do curso de Fisioterapia da Universidade Paulista (UNIP);

2 – Graduando(a) do Curso de Fisioterapia da Universidade Paulista (UNIP).

Os autores declaram não ter conflito de interesse.

Universidade Paulista
Curso de Fisioterapia – Campus Vergueiro

2025

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO

NOME	RA	REGIME*	CAMPUS
Vitor Augusto Martins Oliveira	N9479D1	Regular	Vergueiro
Luís Gustavo da Silva	N773375	Regular	Vergueiro

*Regular ou Tutelado

Orientador: Leonardo Affonso Massabki Caffaro.

Título do trabalho: O Impacto Da Estimulação Eletro-Neuromuscular E Suplementação de Proteínas Em Ganho De Massa Muscular e Força.

Tipo de trabalho: ☒ REVISÃO ☐ PESQUISA DE CAMPO

Tipo de apresentação: ☒ BANNER ☐ TEMA LIVRE

Banner	Nota Orientador	Nota Apresentação	Nota PTCI	Nota Final

Tema Livre	Nota Orientador	Média Apresentação	Nota PTCI	Nota Final

RESUMO

Intervenções que aumentem a síntese proteica muscular podem levar a ganhos de força e hipertrofia muscular, e portanto, possuem importância não apenas ergogênica como terapêutica também. Dentre as intervenções que têm recebido atenção, destacam-se a estimulação elétrica neuromuscular (EENM) e a suplementação de proteínas. Sendo ambos a EENM e o aporte proteico aumentado estratégias capazes de, isoladamente, gerarem aumentos agudos da síntese proteica muscular, tanto em jovens quanto em idosos, a combinação de ambos estímulos anabólicos se faz atraente por nutricionistas, fisiologistas, fisioterapeutas e profissionais da área da saúde de maneira geral que trabalham com condições onde a otimização do aumento de massa muscular pode ter relevantes efeitos ergogênicos, terapêuticos ou preventivos. Assim, a presente revisão sistemática tem por objetivo sintetizar e discutir as evidências existentes explorando como as respostas funcionais e morfológicas podem se moldar aos efeitos da EENM combinada à suplementação de proteínas. Para tanto, foram realizadas buscas nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e GoogleScholar. Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: artigos escritos em inglês; estudos que tenham sido conduzidos em seres humanos, sem limite de idade; estudos que tenham empregado a EENM com clara descrição do protocolo utilizado; estudos que tenham claramente apresentado o protocolo de administração, fonte e dosagem da suplementação de proteínas. Dos 1042 artigos encontrados inicialmente, 06 artigos foram incluídos na revisão.

Descritores: Estimulação elétrica, suplementos nutricionais, força muscular, atrofia muscular, terapia combinada.

Número de registro: CRD42021271325.

ABSTRACT

Interventions that increase muscle protein synthesis can lead to gains in strength and muscle hypertrophy, and therefore, have importance not only ergogenic but also therapeutic. Among the interventions that have received attention, neuromuscular electrical stimulation (NMES) and protein supplementation stand out. Since both NMES and increased protein intake are strategies capable of individually generating acute increases in muscle protein synthesis, both in young and older adults, the combination of both anabolic stimuli is attractive for nutritionists, physiologists, physical therapists, and health professionals in general who work with conditions where optimizing muscle mass gain may have relevant ergogenic, therapeutic, or preventive effects. Thus, the present systematic review aims to synthesize and discuss the existing evidence by exploring how functional and morphological responses can be shaped by the effects of NMES with protein supplementation. To this end, searches were conducted in the PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. The following inclusion criteria were adopted: articles written in English; studies conducted on human subjects, with no age limit; studies that employed EENM with a clear description of the protocol used; studies that clearly presented the administration protocol, source, and dosage of protein supplementation. Of the 1,042 articles initially found, 06 were included in the review.

Descriptors: Electrical Stimulation; dietary supplement; muscle strength; muscle atrophy; combined modality therapy.

INTRODUÇÃO

O músculo esquelético é um dos maiores, mais dinâmicos e plásticos tecidos corporais, compreendendo aproximadamente 40% da massa corporal total e contendo cerca de 50 a 75% das reservas corporais de proteína. O músculo esquelético é o principal responsável pelo movimento corporal, armazenamento de proteínas, termogênese, metabolismo e proteção visceral. Mecanicamente, a principal função do músculo esquelético é converter energia química advinda do ATP em energia mecânica para gerar força e impulso, manter a postura e produzir movimentos que afetam as atividades físicas. Metabolicamente, o músculo esquelético contribui para o metabolismo energético basal, gera calor para manter a temperatura central, e armazena substratos importantes, como aminoácidos e carboidratos. Diante do exposto, a manutenção da homeostase do músculo esquelético desempenha um papel crucial na manutenção de uma boa vida e saúde, tornando imprescindível a compreensão dos fatores reguladores desse tecido.¹

Nesse sentido, sabe-se que o tecido muscular é constantemente regulado através do equilíbrio entre períodos coordenados de anabolismo e catabolismo. O equilíbrio entre estes dois fenômenos é conhecido por *turnover* ou balanço proteico, isto é, a diferença aritmética entre as taxas de degradação e síntese proteica durante um determinado período.²

Quando a razão entre a síntese e degradação proteica são equivalentes, o *turnover*/balanço proteico é considerado neutro. Em contrapartida, quando as taxas de síntese prevalecem sobre as de degradação proteica, o *turnover*/balanço proteico é considerado positivo, enquanto a situação inversa - taxas de degradação maiores do que as de síntese proteica, o *turnover*/balanço proteico é considerado negativo.²

Devido à óbvia dificuldade em se realizar investigações a longo prazo acompanhando as alterações que ocorrem no *turnover* proteico, acredita-se que tais alterações agudas e sucessivas resultem em adaptações crônicas no tecido muscular. Assim, cientistas e fisiologistas do exercício têm se dedicado a buscar estratégias que induzam aumentos agudos da síntese proteica muscular, e por consequência, que positivem o *turnover* proteico, de modo a

estimular o aumento da massa muscular a longo prazo, fato este que é bem-visto em modalidades esportivas onde o aumento do tecido muscular pode ser um mediador do sucesso atlético.³

Além de estimular o aumento da massa muscular, um outro importante benefício ao se estimular a síntese proteica muscular reside numa possível atenuação da atrofia muscular, a qual está comumente associada a condições como o envelhecimento, a desnutrição, ao uso de certos fármacos (como os glicocorticoides), e à caquexia do câncer.³

Sendo a atrofia muscular um fenômeno que gera prejuízo sobre a capacidade do corpo de responder às doenças crônicas, que reduz severamente a qualidade de vida das pessoas, que afeta o prognóstico do paciente e aumenta a morbidade e a mortalidade, e que traz uma enorme carga socioeconômica.⁴

Dessa forma, a busca por intervenções que aumentem a síntese proteica muscular passa a adquirir características não apenas ergogênicas como terapêuticas também. Uma das intervenções que tem recebido especial atenção em anos recentes é a estimulação elétrica neuromuscular.⁵

A estimulação elétrica neuromuscular (EENM) é uma técnica de ativação neural, objetivando a obtenção de contrações musculares, mediante a utilização de baixos níveis de corrente. A adoção desta técnica não espera, à princípio, o retorno de uma função neurológica previamente perdida ou danificada, mas sim fornecer um meio de restauração artificial da função motora.⁶

A ativação controlada das fibras nervosas que inervam grupos de músculos específicos, em uma sequência tempo-espacial adequada, pode ser utilizada para a geração de padrões funcionais de contração muscular, contribuindo para a reintegração dos grupos musculares estimulados na realização de atividades comuns do cotidiano. Sendo a contração muscular um potente estimulador da síntese proteica muscular, a EENM de maneira similar já demonstrou ser capaz de também aumentar a síntese proteica muscular. Com isso, a EENM vem sendo apontada como uma técnica prática e eficaz na melhora da capacidade funcional e da força muscular, bem como na mitigação

da atrofia muscular induzida por desuso, embora mais informações sobre a sua segurança ainda sejam necessárias.^{1,2,4-14}

Considerando o relevante papel ergogênico e terapêutico que a EENM pode gerar através do seu efeito regulador do tecido muscular, algumas abordagens nutricionais vêm sendo desenvolvidas com o intuito de maximizar tais respostas adaptativas. Dentre as abordagens que vem ganhando destaque, ressalta-se a suplementação com proteínas. Nesse sentido, é bem conhecido que quando contrações musculares advindas de exercícios resistidos precedem a ingestão de proteínas, a estimulação da síntese proteica muscular é maximizada, e que a sensibilidade da resposta da síntese proteica muscular à ingestão de proteínas após uma sessão de treinamento resistido convencional pode ser sustentada por pelo menos 24 horas.¹⁻¹⁷

Além de servirem como substrato para a síntese proteica muscular, os aminoácidos resultantes da digestão das proteínas dietéticas também são importantes ativadores da via da mTOR, via esta essencial para iniciar os processos de transcrição e tradução. Dentre os aminoácidos não essenciais e essenciais, os essenciais recebem especial destaque e importância na estimulação da síntese proteica, de forma que a disponibilidade abundante de todos os aminoácidos essenciais é imprescindível para a otimização da estimulação da síntese proteica muscular, sendo a leucina o principal deles. Especula-se que, de todos os aminoácidos essenciais, a leucina seria aquele com maior capacidade de aumentar a ativação e expressão da mTOR em diversos tecidos, em especial o muscular; sendo esse processo considerado chave para a síntese proteica.^{1,2,5,9-15}

Sendo ambos a EENM e o aporte proteico aumentado estratégias capazes de, isoladamente, gerarem aumentos agudos da síntese proteica muscular, tanto em jovens quanto em idosos, a combinação de ambos estímulos anabólicos se faz atraente por nutricionistas, fisiologistas, fisioterapeutas e profissionais da área da saúde de maneira geral que trabalham com condições onde a otimização do aumento de massa muscular pode ter relevantes efeitos ergogênicos, terapêuticos ou preventivos.¹⁸⁻²¹

Em virtude do mencionado, devido aos recentes avanços científicos na área e à implicação prática deste assunto, consideramos este um momento

oportuno para sintetizar e discutir as evidências existentes explorando como as respostas funcionais e morfológicas podem se moldar aos efeitos da EENM combinada à suplementação de proteínas, destacando perspectivas e orientações futuras para estudos e profissionais visando o emprego de ambas as estratégias.^{1,2,5,9-15}

Por meio desse estudo, nosso objetivo foi sumarizar o resultado dos diferentes estudos que já se dedicaram a investigar as respostas funcionais e morfológicas ao emprego combinado da EENM e da suplementação de proteínas.

MÉTODO

A presente pesquisa foi do tipo analítica, onde foi empregada a revisão de literatura do tipo sistemática. Por tanto, realizamos um levantamento bibliográfico utilizando as seguintes bases de dados: PubMed, Scopus, Web of Science e GoogleScholar, Cochrane. As bases de dados mencionadas foram examinadas com limitações de idioma, onde apenas artigos revisados por pares na língua inglesa foram selecionados. Com vistas a tornar a busca mais precisa, limitaremos a base de dados Scopus às áreas de “medicina”, “bioquímica” e “genética e biologia molecular”. Para avaliar a qualidade metodológica dos artigos a serem incluídos na presente revisão foi utilizada a escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

Uma grande variedade de descritores foi utilizada na busca da presente revisão e foram obtidos no DeCS, em português: “Estimulação elétrica”, “suplementos nutricionais”, “força muscular”, “atrofia muscular”, “terapia combinada”.

Em inglês: “Electrical Stimulation”, “dietary supplement”, “muscle strength”, “muscle atrophy”, “combined modality therapy”.

Os estudos foram considerados elegíveis para as análises quando os seguintes critérios de inclusão forem atendidos: artigos escritos em inglês; estudos que tenham sido conduzidos em seres humanos, sem limite de idade; estudos que tenham empregado a EENM por pelo menos quatro semanas, com evidente descrição do protocolo utilizado; estudos que tenham claramente apresentado o protocolo de administração, fonte e dosagem da suplementação de proteínas. Os critérios de exclusão utilizados foram: estudos conduzidos em animais, estudos conduzidos in vitro, estudos que não tenham empregado a EENM por quatro semanas ou mais, estudos sem a combinação de suplementação e EENM, citações e/ou resumos publicados em conferências científicas serão excluídos.

As informações extraídas de cada estudo foram classificadas de acordo com os seguintes subtítulos e expostas numa tabela a ser inserida na revisão: ‘estudo/autores’, ‘características da amostra’, ‘protocolo de EENM’, ‘nervos/músculos estimulados’, e ‘resultados’.

RESULTADOS

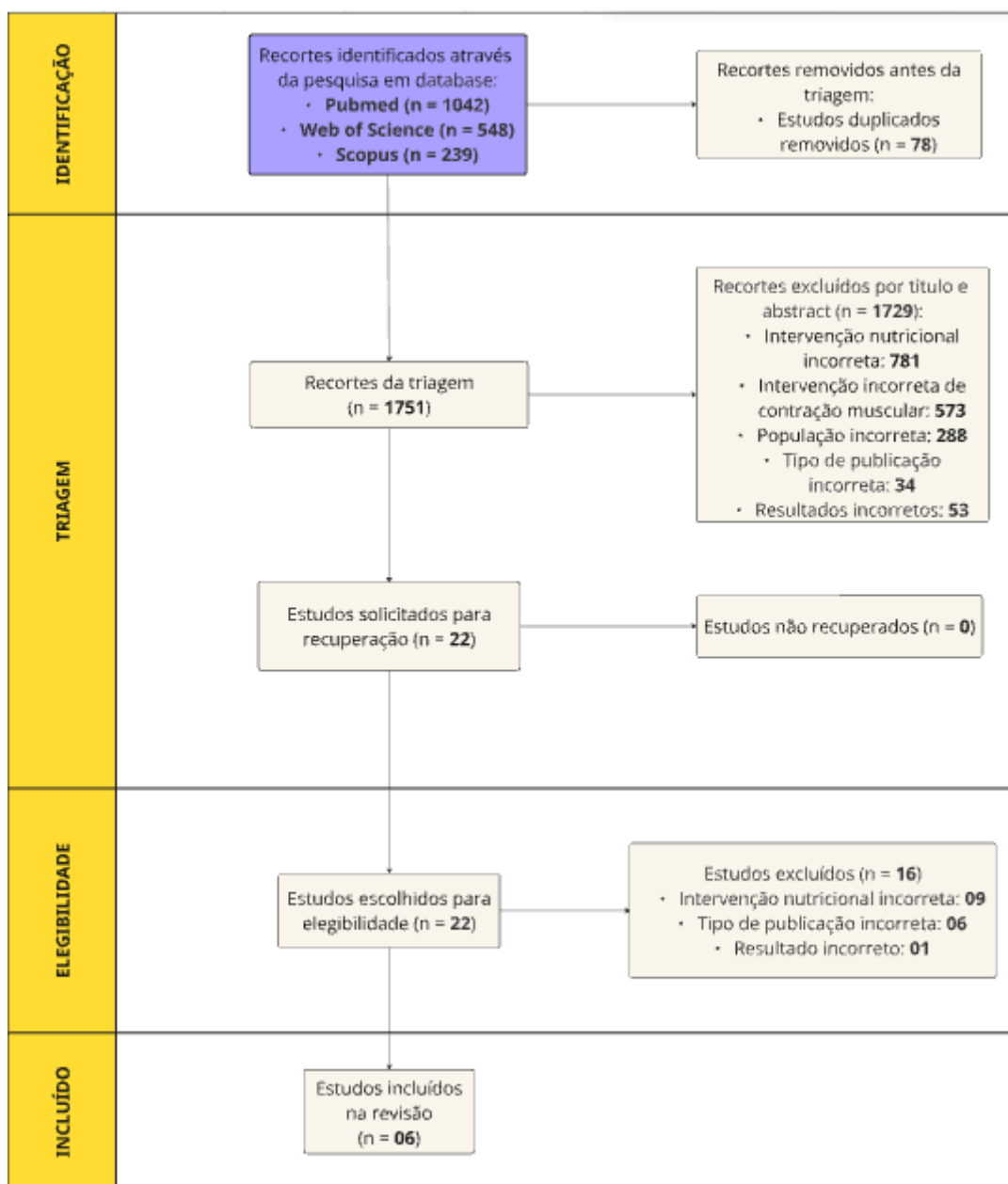


Figura 1. PRISMA flowchart.

Quadro 1 – Extração de dados

Autor/Ano	Tipo de estudo	Características da amostra	Intervenção	Variáveis analisadas	Resultados
Verceles et al. ²² (2022)	Ensaio clínico	39 pacientes do sexo masculino e feminino com 62-93 anos em longo período de leito.	EENM, Supl. Proteína durante 14 dias.	Avalia aumento da área transeccional do membro inferior através da Computer Tomography (CT)	Grupo que teve EENM + HRPO + PT, perdeu menos volume muscular dos MMII e teve maior área transversal média combinada da coxa.
Badjatia et al. ²³ (2020)	Ensaio clínico	Mulheres com idade superior a 55 anos, pós reparo aneurismática.	EENM, Supl. Proteína diariamente por 30 minutos	Avalia aumento da área transeccional do membro inferior através da Computer Tomography (CT)	EENM + HRPO pode reduzir a perda aguda do músculo quadríceps com um benefício duradouro na recuperação após HSA.
Boutry C et al. ²⁵ (2020)	Ensaio clínico	33 mulheres e 8 homens com idade de 60 a 90 anos	EENM, Supl. Proteína por 12 semanas	Avalia aumento da área transeccional do quadríceps, através da MRI (Magnetic resonance imaging)	A combinação de Estimulação Elétrica Muscular e intervenção nutricional específica pode ser considerada como uma nova abordagem para a prevenção da sarcopenia, mas é necessário mais trabalho antes que esta abordagem seja recomendada.
Reidy et al. ²⁶ (2020)	Ensaio clínico	Idosos de 60 a 80 anos.	EENM, Supl. Proteína 3 vezes ao dia.	Avalia aumento da área transeccional do quadríceps, através da DXA (Dual-energy X-ray absorptiometry)	Redução significativa no processo de atrofia com EENM+ Suplementação de proteína.
Reidy et al. ²⁷ (2017)	Ensaio clínico	Idosos de 60 a 80 anos.	EENM, Supl. Proteína 3 vezes ao dia.	Avalia aumento da área transeccional do quadríceps, através da DXA (Dual-energy X-ray absorptiometry)	EENM + Suplementação de proteína ajuda na prevenção muscular porém não é eficaz para prevenir a perda

					de função muscular.
Kemmler et al. ⁷ (2016)	Ensaio clínico	Idosos em leito de longo período	EENM, Supl. Proteína	aumento da área transeccionado quadríceps, através da DXA (Dual-energy X-ray absorptiometry)	EENM + Suplementação de proteínas não aumentaram os efeitos da EENM.

Legenda - DXA: Absorciometria de raios X de dupla energia

EENM: Estimulação elétrica neuromuscular; CT: Tomografia computadorizada

BIA: Análise de impedância bioelétrica; MRI: Ressonância magnética

Quadro 2- Escala PEDro.

Artigo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vergeles et al. ²² (2022)	x	x	/	x	/	/	/	x	x	x	x
Badjatia et al. ²³ (2020)	x	x	/	x	/	/	x	x	x	x	x
Boutry et al. ²⁵ (2020)	x	x	/	x	x	x	x	x	x	x	x
Reidy et al. ²⁶ (2020)	x	x	/	x	/	/	/	x	x	x	x
Reidy et al. ²⁷ (2017)	x	x	/	x	/	/	/	x	x	x	x
Kemmler et al. ⁷ (2016)	x	x	/	x	x	x	x	x	x	x	x

Legenda: x - reprovado; x - aprovado; / - não especificado no artigo e ? dúvida

DISCUSSÃO

Taxas análogas de atrofia muscular foram identificadas nos estudos que empregaram condições paralelas de descarga e um grupo controle.^{23,26,27} De fato, os estudos analisados nesta revisão incluíram condições potentes indutoras de perda e fraqueza muscular, como idosos com obesidade sarcopênica ou sob situações de descarga mecânica (por exemplo, repouso no leito), seja ou não em uma unidade de terapia intensiva.^{5,22,25,26,27} Mesmo os estudos que não incluíram idosos abrangeram condições associadas à descarga mecânica, como, sobreviventes de hemorragia subaracnóidea aneurismática em repouso no leito em uma unidade de terapia intensiva.²³ Curiosamente, a combinação de EENM e aumento da ingestão de proteínas pareceu neutralizar o declínio na massa e força muscular associado a essas condições.

Da mesma forma, na amostra estudada por Reidy et al.²⁷ (2017) e Reidy et al.²⁶ (2020), a associação de proteína fornecida oralmente e EENM mitigou com sucesso o declínio na massa magra da coxa, mas não na força máxima dos extensores do joelho, após 5 dias de repouso no leito. De maneira semelhante, uma diminuição de 12,5% e 23,4% foi detectada no volume e na área de secção transversa do quadríceps femoral, respectivamente, após repouso no leito por 19 dias e 14 dias em uma unidade de terapia intensiva, enquanto a adição de uma ingestão aumentada de proteína a um protocolo de EENM de 30 minutos duas vezes ao dia reduziu a taxa de atrofia muscular pela metade.^{22,23} Embora situações de descarga mecânica direta não tenham sido investigadas por Kemmler et al.⁷ (2016) e Boutry et al.²⁵ (2020), eles investigaram condições que incluíam níveis diminuídos de atividade física, que também levam à fraqueza e perda muscular.

Estudando uma amostra de idosos com obesidade sarcopênica, Kemmler et al.⁷ (2016) identificaram uma diminuição na força de preensão manual e nenhuma mudança no índice de massa muscular esquelética em um grupo controle, o que foi neutralizado por um protocolo de EENM de corpo inteiro de 26 semanas. A suplementação de proteínas, no entanto, não melhorou ainda mais essas adaptações.⁵ Recrutando uma amostra semelhante

de sujeitos e empregando um protocolo de EENM quase igual (exceto na duração total), mas dobrando a dose diária de proteína e garantindo uma dieta rica em proteínas.

Além disso, adicionar proteína a um protocolo de EENM de membros inferiores de 12 semanas otimizou o aumento da força máxima nos extensores do joelho, mas não a espessura do músculo reto femoral e gastrocnêmio em idosos com mobilidade limitada.²⁵

É digno de nota que alguma variação nos protocolos de EENM foi identificada entre as investigações incluídas. A duração da sessão individual de EENM, por exemplo, variou de 14 a 60 min·dia⁻¹, 1 a 2 sessões·dia⁻¹, 2 a 7 dias·semana⁻¹. Exceto por Reidy et al.²⁷ (2017); Reidy et al.²⁶ (2020) e Verceles et al.²² (2022), a duração total mínima (maior ou igual a quatro semanas) dos programas de EENM nos estudos incluídos está de acordo com exames anteriores que mostram melhorias significativas na força muscular. A frequência do pulso, quando informada, variou de 20 a 85 Hz, o que corrobora as melhorias positivas na capacidade de exercício e no estado de saúde demonstradas com frequências de pulso semelhantes (ou seja, 10-50 Hz) em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica e insuficiência cardíaca crônica, embora uma frequência de pulso mais alta pareça ser necessária para alcançar maiores ganhos na força muscular. Por outro lado, a duração do pulso variou entre 200 e 350 μ s entre os estudos, o que está intimamente relacionado à duração do pulso de 300 a 400 μ s recomendada para grandes grupos musculares, como os músculos quadríceps e os músculos da panturrilha. É importante ressaltar que, embora essas frequências e durações de pulso sejam documentadas como bem toleradas, exceto por Badjatia et al.²³ (2020), não identificamos nenhuma tentativa de medir o grau de tolerância/desconforto em resposta à EENM entre os estudos revisados, o que é preocupante, dado que intervenções desagradáveis têm menor probabilidade de promover adesão.

Seguindo a linha observada, foram notadas diferenças também quanto às informações disponibilizadas sobre a EENM, em um deles foram utilizados eletrodos através do quadríceps, porém sem detalhar o tamanho.²³ Enquanto nos outros cinco artigos não foram nem especificados os eletrodos. Em todos

os estudos buscou-se a contração da musculatura por pelo menos vinte minutos, demonstrando que o modo pulsado foi dominante para não fadigar rapidamente a região.^{7,22,25-27} Entretanto, a falta da informação sobre os eletrodos e os tamanhos utilizados tornam o impacto das pesquisas uma incógnita, sabendo que tal dado é de alta relevância na concentração e intensidade de energia transferida ao músculo.

Houve múltiplas revisões quantitativas e ensaios clínicos randomizados que atestam o potencial terapêutico do aumento da ingestão de proteínas para combater distúrbios de perda e enfraquecimento muscular. Em sua metanálise, Cheng et al.²⁸ (2018) mostraram um efeito pequeno, mas positivo, da suplementação de proteínas e aminoácidos essenciais na massa livre de gordura, força muscular e função física em idosos com condições agudas ou crônicas em uma variedade de ambientes (hospital, comunidade e cuidados residenciais para idosos). Por fim, há um debate em andamento sobre se o padrão de alimentação proteica (ou seja, distribuição desigual ou uniforme de proteína entre as refeições) deve ser preferido para maximizar a saúde muscular.²¹ Não temos conhecimento de recomendações de padrão de alimentação proteica para populações mais amplas em condições de perda e enfraquecimento muscular, e as recomendações atuais incentivam os idosos a ingerir de 25 a 30 g de proteína de alta qualidade com pelo menos 2,5 g de leucina em cada refeição. Informações sobre o padrão de alimentação proteica foram fornecidas por apenas 2 estudos nesta revisão.^{26,27}

Esta revisão sistemática tem limitações. Em primeiro lugar, a busca na literatura limitou-se a publicações em inglês e poucos estudos neste campo foram encontrados. Em segundo lugar, embora dois autores independentes tenham avaliado a qualidade das evidências usando a escala PEDro, alguns estudos foram difíceis de serem totalmente duplo-cegos, tornando a avaliação desafiadora e introduzindo um elemento inevitável de subjetividade. Em terceiro lugar, em nível de pesquisa, a maioria dos estudos tinha amostras pequenas e quase metade compreendia durações curtas (menor que quatro semanas). Nesse sentido, o número limitado de participantes na maioria dos estudos impediu a randomização completa incluindo grupos isolados (ou seja, apenas EENM; apenas proteína), permitindo apenas a comparação de um

grupo controle (ou seja, sem tratamento) com um grupo combinado de EENM e suplementação de proteínas. Em quarto lugar, nenhum procedimento de familiarização para os testes de força foi identificado em nenhum dos estudos revisados, tornando impossível discriminar o aprendizado neuromuscular subjacente aos testes aplicados do efeito real da intervenção. Por último, foram empregados métodos distintos para avaliar a massa muscular entre os estudos e, apesar de a maioria ser considerada padrão-ouro, sua confiabilidade para as populações investigadas não foi informada. Isso é motivo de preocupação, pois alguns deles são propensos a variações induzidas pelo estado nutricional (ou seja, análise de bioimpedância elétrica; absorciometria de raios-X de dupla energia) ou por diferentes examinadores operando o equipamento (ou seja, ultrassom).

CONCLUSÃO

Essa pesquisa mostrou que a massa e a força muscular podem ser melhoradas pela associação de suplementação de proteínas e EENM, amenizando a perda de massa muscular devido a períodos prolongado em leito e sarcopenia. Contudo, ao realizar os testes de força, os estudos acabam por divergirem, pois utilizam testes pouco específicos, atrapalhando os resultados obtidos. Além disso, nenhum dos artigos confrontou a terapia combinada com a eletroestimulação de forma isolada, sendo este, talvez, o maior problema encontrado dentro dos estudos. Estudos futuros neste campo empregando 1) tamanhos de amostra maiores, 2) desenhos duplo-cegos, 3) familiarização adequada com os testes de força e 4) métodos confiáveis de avaliação da massa muscular, são necessários para aprimorar a aplicação prática e clínica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-Grgic J., Schoenfeld BJ., Mikulic P. Effects of plyometric vs. Resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A review. *J. Sport Health Sci.* 2021;10:530–536.
- 2-Rose AJ, Richter EA. Regulatory mechanisms of skeletal muscle protein turnover during exercise. *J Appl Physiol* 2009;106:1702-171.
- 3-Burd NA, et al. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *J Appl Physiol* (1985), v. 106, n. 5, p. 1692-701, May 2009.
- 4-Wolfe R.R. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 2006;84:475–482. doi: 10.1093/ajcn/84.3.475.
- 5-Huang L, Li M, Deng C, et al. Potential Therapeutic Strategies for Skeletal Muscle Atrophy. *Antioxidants* (Basel). 2022;12(1):44. Published 2022 Dec 26. doi:10.3390/antiox12010044.
- 6-Castro MCF de, Cliquet Jr. A. Estimulação elétrica neuromuscular e estimulação eletrotátil na restauração artificial da preensão e da propriocepção em tetraplégicos. *Acta ortop bras* [Internet]. 2001Jul;9(Acta ortop. bras., 2001 9(3)):19–28. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-78522001000300004>.
- 7-De Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: A demographic study. *Aust J Physiother* 55: 129–133, 2009.
- 8-Dirks ML, Wall BT, Snijders T, Ottenbros CL, Verdijk LB, van Loon LJ. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. *Acta Physiol (Oxf)*. 2014 Mar;210(3):628-41. doi: 10.1111/apha.12200. Epub 2013 Dec 12. PMID: 24251881.
- 9-Do Amaral et al. Can leucine supplementation attenuate muscle atrophy? A literature review. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2015, 17(4):496-506.
- 10-Koopman R, van Loon LJ. Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol* (1985) 106: 2040–2048, 2009. doi:10.1152/jappphysiol.91551.2008.

11-Moore DR, et al. Ingested protein dose response of muscle and alumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clinical Nutr in press*.

12-Phillips SM. Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition*. 2004 Jul-Aug;20(7-8):689-95.

13-Slysz J.T., Boston M., King R., Pignanelli C., Power G.A., Burr J.F. Blood flow restriction combined with electrical stimulation attenuates thigh muscle disuse atrophy. *Med. Sci. Sport. Exerc.*2021; 53:1033–1040. doi: 10.1249/MSS.0000000000002544.

14-Valenzuela PL, Morales JS, Ruilope LM, de la Villa P, Santos-Lozano A., Lucia A. Intradialytic neuromuscular electrical stimulation improves functional capacity and muscle strength in people receiving haemodialysis: A systematic review. *J. Physiother.* 2020;66:89–96. doi: 10.1016/j.jphys.2020.03.006.

15-Volpi E, et al. The response of muscle protein anabolism to combined hyperaminoacidemia and glucose-induced hyperinsulinemia is impaired in the elderly. *J Clin Endocrinol Metab* 85: 4481–4490, 2000.

16-Wall BT, Dirks ML, Verdijk LB, Snijders T, Hansen D, Vranckx P, Burd NA, Dendale P, van Loon LJ. Neuromuscular electrical stimulation increases muscle protein synthesis in elderly type 2 diabetic men. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2012 Sep 1;303(5):E614-23. doi: 10.1152/ajpendo.00138.2012.

17-Yang Y, et al. Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. *Br J Nutr* 2012; 108:1780-8.

18- Yarasheski et al. The utility of resistance exercise training and amino acid supplementation for reversing age-associated decrements in muscle protein mass and function *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2000; 10.1097/00075197-200011000-00012.

19-Hasten et al. Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78-84 and 23-32 yr olds. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000; 10.1152/ajpendo.2000.278.4.E620.

20- Tipton et al. Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise, *Med Sci Sports Exerc* 2003. 10.1249/01.MSS.0000053910.63105.45.

21-Houston et al. Dietary protein intake is associated with lean mass change in

older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study, *Am J Clin Nutr* 2008; 10.1093/ajcn/87.1.150.

22-Verceles et al. Combining Exercise, Protein Supplementation and Electric Stimulation to Mitigate Muscle Wasting and Improve Outcomes for Survivors of Critical Illness – The ExPrES Study, *Heart Lung*, 2022; 10.1016/j.hrtlng.2022.11.013.

23- Badjatia et al. Neuromuscular Electrical Stimulation and High-Protein Supplementation After Subarachnoid Hemorrhage: A Single-Center Phase 2 Randomized Clinical Trial; *Neurocrit Care* 2021; 10.1007/s12028-020-01138-4.

24-Kemmler et al. Efficacy of Whole-Body Electromyostimulation (WB-EMS) on Body Composition and Muscle Strength in Non-athletic Adults. A Systematic Review and Meta-Analysis; *Frontiers physiol*, 2021; doi.org/10.3389/fphys.2021.640657.

25- Boutry C et al. Supplementation with Whey Protein, Omega-3 Fatty Acids and Polyphenols Combined with Electrical Muscle Stimulation Increases Muscle Strength in Elderly Adults with Limited Mobility: A Randomized Controlled Trial; *Nutrients* 2020; 10.3390/nu12061866.

26- Reidy et al Neuromuscular electrical stimulation and protein during bed rest increases CD11b+ skeletal muscle macrophages but does not correspond to muscle size or insulin sensitivity; *Applied physiology, nutrition and metabolism* 2020; 10.1139/apnm-2020-0064.

27- Reidy et al Neuromuscular Electrical Stimulation Combined with Protein Ingestion Preserves Thigh Muscle Mass But Not Muscle Function in Healthy Older Adults During 5 Days of Bed Rest; *Rejuvenation research* 2017; 10.1089/rej.2017.1942.

28- Cheng H, et al Systematic review and meta-analysis of the effect of protein and amino acid supplements in older adults with acute or chronic conditions. *Br J Nutr*. 2018; doi: 10.1017/S0007114517003816