

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO**

LUIS EDUARDO PEIXOTO ROSA DOS SANTOS

**A HIPERTROFIA MUSCULAR ESQUELÉTICA PROPORCIONADA PELO
EXERCÍCIO FÍSICO REFLETE NO SINAL ELETROMIOGRÁFICO?
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

São Paulo, SP

2022

LUIS EDUARDO PEIXOTO ROSA DOS SANTOS

**A HIPERTROFIA MUSCULAR ESQUELÉTICA PROPORCIONADA PELO
EXERCÍCIO FÍSICO REFLETE NO SINAL ELETROMIOGRÁFICO?
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Nove de Julho para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação, na Linha de Pesquisa Processo de Avaliação e Intervenção Terapêutica das Disfunções dos Sistemas Neuromuscular.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Politti

Co-orientadora: Dra. Bruna Massaroto Barros

São Paulo, SP

2022

Santos, Luis Eduardo Peixoto Rosa dos.

A hipertrofia muscular esquelética proporcionada pelo exercício físico reflete no sinal eletromiográfico? Uma revisão sistemática. / Luis Eduardo Peixoto Rosa dos Santos. 2023.

52 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2023.

Orientador (a): Prof. Dr. Fabiano Politti.

1. Hipertrofia músculo esquelética. 2. Treinamento físico. 3. Eletromiografia. 4. EMG. 5. Treinamento físico.

I. Politti, Fabiano. II. Título

CDU 615.8

São Paulo, 19 de dezembro de 2022.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno(a): LUIS EDUARDO PEIXOTO ROSA DOS SANTOS

Título da Dissertação: "A Hipertrofia Muscular Esquelética Proporcionada Pelo Exercício Físico Reflete no Sinal Eletromiográfico? Uma Revisão Sistemática"

Presidente: PROF. DR. FABIANO POLITTI



Membro: PROFA. DRA. DANIELA APARECIDA BIASOTTO GONZALEZ



Membro: PROF. DR. DANILO SALES BOCALINI



Dedico à minha mãe, ao meu irmão e aos meus avós que me ensiaram
a alegria da eterna busca pelo conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço à CAPES (Processo nº. 88887.661742/2022-00) pela concessão de Bolsa que permitiu a realização da presente pesquisa.

Agradeço ao Professor Doutor Fabiano Politti por acreditar na minha capacidade, no potencial desta pesquisa e por, generosamente, partilhar o seu tempo e sabedoria durante o processo de orientação.

Agradeço à Doutora Bruna Massaroto Barros que me acompanhou em todas as etapas deste estudo e, de forma incansável, esteve sempre presente para me ajudar, ensinar e orientar.

Agradeço à minha família por me apoiar e ensinar a nunca ter medo de buscar o que se almeja. Amo muito vocês.

Agradeço à minha companheira, Luana Bilhalva, e aos meus sogros por todo o carinho e suporte nesta trajetória até aqui.

Aos meus professores Ariane Viana e Jaksoel Cunha por me incentivarem a realizar a inscrição no processo seletivo que culminou neste Mestrado.

Agradeço a todas as pessoas que se dispuseram a estender as suas mãos para a concretização deste trabalho.

“Se a força falta no braço, na coragem me sustento”

(Antônio Augusto Ferreira)

RESUMO

Introdução: A hipertrofia muscular pode ser obtida por meio de programas específicos de treinamento e avaliada pela eletromiografia (EMG). **Objetivo:** Verificar por meio de uma revisão sistemática (RS) de literatura se a hipertrofia muscular esquelética proporcionada por exercício físico reflete no sinal EMG. **Método:** Esta revisão sistemática foi realizada de acordo com as diretrizes dos Itens Preferidos de Revisões Sistemáticas e Relatórios de Meta-Análise (PRISMA), tendo como fonte estudos que utilizaram a EMG para verificar a hipertrofia muscular pós-treinamento publicados entre janeiro de 1990 e novembro de 2022 nos idiomas inglês, português ou espanhol e coletados nas bases de dados Science Direct, Embase, MEDLINE, PEDro, SciELO, CINAHL e LILACS. Os termos “hipertrofia musculoesquelética”, “treinamento físico” e “eletromiografia” foram verificados como Medical Subject Headings (MeSH) da National Library of Medicine e seus respectivos termos de entrada e, posteriormente, adicionados aos campos de pesquisa para tornar a pesquisa mais sensível e eficaz. Os termos usados para a busca foram: “hipertrofia músculo esquelética” AND “ensaio clínico”, “treinamento físico” AND “ensaio clínico”, “eletromiografia” AND “hipertrofia”. **Resultados:** Foram encontrados 8.021 estudos, sendo que apenas cinco destes foram considerados elegíveis. Desses, dois estudos apresentaram boa qualidade metodológica, porém, todos apresentando um risco consideravelmente alto de viés. Dois estudos tiveram aumento na área de secção transversal (AST) aumento da amplitude EMG, um estudo apresentou uma AST aumentada, porém o sinal EMG não apresentou alteração, um estudo apresentou aumento na AST e diminuição no sinal EMG e em um estudo não foi encontrada nenhuma alteração para a AST e nenhuma alteração no sinal EMG. **Conclusão:** Nesta revisão sistemática, não foi possível encontrar evidência de que a hipertrofia musculoesquelética, proveniente do treinamento físico, também reflete na atividade EMG. Faz-se necessário uma melhor padronização de protocolos e a necessidade de mais estudos sobre este tema.

Palavras-chaves: “hipertrofia músculo esquelética”, “treinamento físico”, “eletromiografia”, “EMG”, “treinamento físico”.

ABSTRACT

Introduction: Skeletal striated muscle hypertrophy (PH) is referred to as an increase in the total mass of a muscle. The most accepted theory says that muscle hypertrophy is due to the trace of contractile proteins and an increase in the number of sarcomeres. This condition can be stimulated through different types of exercises and observed by electromyography (EMG).

Objective: To verify, through a systematic literature review, whether the skeletal muscle hypertrophy provided by physical exercise is reflected on the EMG signal. **Method:** This systematic review were carried out according to the guidelines of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), having as sources studies that used EMG to verify post-training muscle hypertrophy and that were published between January 1990 and November 2022 in English, Portuguese or Spanish. These studies were collected from Science Direct, Embase, MEDLINE, PEDro, SciELO, CINAHL, and LILACS databases. The terms “musculoskeletal hypertrophy”, “physical training” and “electromyography” were verified as Medical Subject Headings (MeSH) of the National Library of Medicine and their respective entry terms and later added to the search fields to make the search more sensitive and effective. The terms used for the search were: “skeletal muscle hypertrophy” AND “clinical trial”, “physical training” AND “clinical trial”, “electromyography” AND “hypertrophy”.

Results: 8,021 studies were found using the keywords. However, only five studies were considered eligible, two studies had good methodological quality, but on the other hand, all of them had a considerably high risk of bias. Two studies had an increase in the cross-sectional area (CSA) and an increase in the EMG amplitude, one study an increased CSA but the EMG signal did not change, one study showed an increase in CSA and a decrease in the EMG signal and one study showed no change for CSA and no change in EMG signal. **Conclusion:** In this systematic review, it was not possible to find evidence that musculoskeletal hypertrophy, resulting from physical training, can be reflected by EMG electromyographic activity. We believe that the different study protocols, normalization, collection, and processing of the EMG signals, had a great influence on the result. Finally, we reinforce the idea of a better standardization of protocols and the need for further studies on this topic.

Keywords: “skeletal muscle hypertrophy”, “physical training”, “electromyography”, “EMG”, “physical training”.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Qualidade metodológica e relato dos estudos elegíveis	35
Tabela 2: Dados demográficos das amostras	37
Tabela 3: Resumo dos estudos incluídos na presente revisão (n = 5)	39
Tabela 3: Resumo dos estudos incluídos na presente revisão (n = 5)	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de seleção de ensaios com base na diretriz PRISMA 34

Figura 2: ROB-2 Escala de risco de viés 36

LISTA DE ABREVIATURAS

AST: Área de Secção Transversa/Área de Secção Transversal

ABI: Análise da Impedância Bioelétrica/Bioimpedância

CVM: Contração Voluntária Máxima

DC: Avaliação de Dobras Cutâneas

DEXA (DXA): (Double-Energy X-ray absorptiometry)

ECRs: Ensaios Clínicos Randomizados

EMG: Eletromiografia de Superfície

IMC (BMI): Índice de Massa Corporal (Body Mass Index)

HP: Hipertrofia Músculo Esquelética

MeSH: *Medical Subject Headings of the National Library of Medicine*

MR: Ressonância Magnética

PH: Pesagem Hidrostática

PRISMA: Itens Preferenciais de Relatórios de Revisões Sistemáticas e Metanálise

PROSPERO: *International Prospective Register of Systematic Reviews*

MD: Métodos Diretos

MI: Métodos Indiretos

MID: Métodos Duplamente Indiretos

MVC: Contração Voluntária Máxima

RM: Repetição Voluntária Máxima

RS: Revisão Sistemática

SENIAM: *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles*

TC: Tomografia Computadorizada

US: Ultrassonografia/Avaliação da Espessura Musculoesquelética por meio de Ultrassonografia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 JUSTIFICATIVA	24
3 MÉTODOS	25
3.1 Design	25
3.2 Critério de Eleição	25
3.2.1 Critério de Inclusão	25
3.2.2 Critérios de Exclusão	25
3.3 Fontes de Informação	26
3.3.1 Estratégia de Busca	26
3.3.2 Seleção de Estudos	26
3.3.3 Avaliação da Qualidade Metodológica	27
3.3.4 Risco de Viés	27
4 RESULTADOS	28
1 INTRODUÇÃO	30
2 MÉTODO	31
2.1 Design	31
2.2 Critério de Eleição	31
2.2.1 Critério de Inclusão	31
2.2.2 Critérios de Exclusão	31
2.2.3 Fontes de Informação	32
2.2.4 Estratégia de Busca	32
2.2.5 Seleção de Estudos	32
2.2.6 Avaliação da Qualidade Metodológica	33
2.2.7 Risco de Viés	33
3 RESULTADOS	34
3.1 Qualidade dos Estudos	34
3.2 População	36
3.3 Desfechos	38
4 DISCUSSÃO	42
5 CONCLUSÃO	43
6 REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A hipertrofia do músculo estriado esquelético (HP) é referida como o aumento da massa total de um músculo.¹⁻³ O termo hipertrofia deriva do somatório das palavras gregas “*HYPER*”, que se refere a algo que está acima, sobre ou além, e “*TROPHIA*” que se refere como palavra relativa a crescimento ou expansão.² A teoria mais difundida (e aceita) descreve que a hipertrofia muscular acontece como resultado do acúmulo das proteínas contráteis ou proteínas estruturais, as quais são, devido ao aumento nos números de sarcômeros em paralelo das miofibrilas, existentes nas fibras musculares e, por sua vez, acabam por gerar um aumento na área de secção transversal da fibra.^{2,4} Esse processo também soma-se aos resultados da colaboração direta entre a síntese proteica (balanço proteico positivo) do músculo e da adição (doação) de células satélites às fibras musculares. Como consequência, tal fenômeno tende-se a manifestar-se na forma do aumento na espessura do músculo esquelético, massa muscular, área muscular, volume muscular e área de secção transversal (AST) da fibra muscular.^{2,3,5}

Ao longo da história, o aumento de massa muscular tem sido considerado como indicativo de um corpo “saudável”, símbolo de autocuidado, independência, muito associado a hábitos de vida salutares e promotor de longevidade.⁶⁻⁹ De fato, a posse de um corpo com musculatura aparente (hipertrofiado), principalmente, quando esse é oriundo do treinamento físico, tem um espaço cativo nos “hábitos de vida” caminhando com a evolução da humanidade em uma trajetória que perdura até os dias atuais.^{10,11}

Ainda em uma retrospectiva histórica, sendo associados à força e ao poder, músculos hipertrofiados são retratados nas mais variadas formas de registros antropológicos, desde estátuas greco-romanas de Deuses e atletas, passando pelas pinturas sacras do período Barroco, chegando até as revistas em quadrinhos da Era Moderna. E suma, a posse de um físico hipertrofiado vem apresentando conceitos que nos moldaram no âmbito sócio-político-cultural, manifestando-se por meio de medidas comportamentais, por exemplo: o Movimento Ginástico Europeu, que surgiu no final século XIX e início do século XX, período em que a construção do corpo saudável foi incluso nos hábitos de higiene social. Uma iniciativa que foi e continua sendo um dos pilares que sustentam a nossa ideia de saúde física, sendo cruciais para a difusão moderna do culto à saúde do corpo, bem como a conceituação da importância da manutenção dos músculos, a sua associação com a imponência e também uma maior e melhor longevidade.¹⁰⁻¹⁴

Adentrando aos processos de ganho de massa muscular, Tesch *et al.* (1987)⁴ afirma que o processo mais comumente aceito relacionado a hipertrofia musculoesquelética é o obtido por

meio do treinamento de força.⁴ Que, a longo prazo, tem como consequência as adaptações neurais resultantes de uma maior ativação das unidades motoras seguidas de uma posterior síntese das proteínas contráteis levando à hipertrofia muscular e o subsequente aumento da “força comum”.⁴ Em um dos estudos realizados pelo autor, foram feitas intervenções com duração de 6 meses envolvendo 21 participantes treinados divididos em três grupos: um grupo de controle, um grupo submetido a treinamentos de força com altas cargas e volume condizente, e um grupo o qual fora submetido a treinamentos explosivos (que podem ser superficialmente traduzido em saltos, agachamentos sucessivos e movimentos pirométricos). Como resultado, foi possível verificar a correlação positiva entre o incremento de carga e o aumento da massa muscular determinado pelo aumento da AST (Área de Secção Transversa) do músculo. Também foi provado o aumento da fibra muscular mediante a utilização das técnicas de biopsia da musculatura e testes histoquímicos realizados a partir da análise das peças teciduais retiradas dos praticantes. Ainda, sobre o mesmo estudo, cabe ressaltar outros achados tais como as evidências que corroborariam com afirmações futuras sobre o perdurar do volume aumentado da fibra muscular durante o período do pós-treino, o decréscimo de alguns processos bioquímicos e enzimáticos provenientes do trabalho em alto volume e alta carga. Que, somado a outras explicações envolvendo a adaptabilidade ao treinamento de “endurance”, justificariam o não sucesso do treinamento concorrente no quesito da força e hipertrofia.^{4,15-17} Tais achados que iam de encontro aos efeitos agudos encontrados em trabalhos anteriores e que seriam melhor elucidados nos trabalhos futuros.^{15,18,19}

Em afirmações mais recentes, Haun *et al.* (2019)² define a hipertrofia musculoesquelética como o aumento da área de secção transversa (AST) em todo o tecido e em níveis celulares. Com relação às variações de carga total (*Total Loads*), estudos vêm mostrando que o aumento da massa muscular por meio do treinamento resistido pode se dar por meio do uso de distintas variações de carga e também por estratégias que manipulam outras variáveis antes impensadas. Um dos exemplos mais recentes é o treinamento com restrição do fluxo sanguíneo por meio de manguitos ou garrotes presos (amarrados) nos seguimentos apendiculares do corpo e, através da realização de movimentos físicos com baixa carga, apresentam resultados similares ao trabalho com cargas e volumes maiores no quesito força e hipertrofia muscular.^{2,18}

Com relação às variâncias na carga de trabalho, um estudo de RS realizado por Lopes *et al* (2021)¹⁹ correlacionou 28 estudos envolvendo uma população de 747 pessoas, de ambos os sexos e de distintas experiências com práticas no quesito de treinamento resistido. Todos os estudos constavam com repetições até a falha e sendo organizados grupos de cargas de trabalho

caracterizados conforme o número de repetições máximas (RM) ou porcentagem de 1 RM onde: 15 ou mais repetições máximas ou carga >60% de 1 RM, 9 a 15 repetições máximas ou de 60%-79% de 1 RM e 8 ou menos repetições máximas ou $\geq 80\%$ de 1 RM representariam respectivamente as cargas leves, cargas moderadas ou cargas pesadas de trabalho resistido. Como resultado do estudo, os autores constataram que houve aumento da massa muscular esquelética (hipertrofia) independentemente da carga utilizada.

Os praticantes menos experientes apresentassem respostas hipertróficas maiores com cargas de trabalho menores em comparação aos praticantes regulares e considerados treinados que necessitaram de cargas maiores para terem respostas similares. Fato curioso, porém, amplamente corroborado pela ciência do esporte.^{2,4,18-20} O estudo também determinou que a força muscular apresentou relação direta com carga trabalhada, vinculando o aumento da força ao aumento da carga de trabalho. Já a hipertrofia musculoesquelética HP é dependente do aumento das unidades contráteis e não necessariamente do aumento da força, ou seja, para HP as relações antes citadas não seriam tão diretas. E, sim, apresentariam uma forte correlação positiva.

A antropometria, segundo Madureira (2003)²¹ é o nome que damos a ciência designada a avaliar as medidas e proporções atribuídas às estatísticas do corpo^{12,21} Quando nos referimos as distintas percepções e as comparações relativas às variações pertinentes a “muscularidade” (tamanho ou desenvolvimento muscular) é de senso comum o entendimento de que nossa capacidade de medição e equiparação se se dá por meio de interpretações de dados visuais, pois essa é uma habilidade inerente a quase todos os seres humanos²²⁻²⁴ Fazendo um apanhado histórico, acredita-se que o uso dos segmentos do corpo como unidade de medida, bem como a automensuração dos mesmos, sejam as primeiras e mais usuais ferramentas de comparação nos períodos primordiais relativos à nossa existência.^{22,25,26} Um exemplo lógico que ajuda na elucidação da ideia de medidas antropométricas transformando-se em unidades métricas funcionais são as polegadas, as mãos, os pés e jardas, elementos pertencentes às Unidades Britânicas Imperiais ainda em uso e, que apesar de haver passadas várias repaginações durante os séculos XIX e XX, têm em suas valências métricas sanções estabelecidas em meados do século XII.²⁵

Outro aspecto estabelecido e aceito pela ciência foi a correlação das medida.^{21,27} Anotações sobre as experimentações e pesquisas associadas as distintas medidas corporais, físicas e comportamentalistas têm seus registros publicados desde o período da idade antiga,²⁷ porém, foi entre o final do século XVIII e o início do século XX, com a descoberta dos riscos aumentados para doenças associadas ao excesso de gordura, tais como doenças cardíacas,

diabetes tipo II e alguns tipos de câncer²⁸ que as ciências dedicadas ao estudo das distintas formas e medidas dos componentes do corpo começaram a fundamentar e estabelecer conceitos mais semelhantes aos utilizados hoje.^{28,29}

Ainda sobre esse período, o interesse por temas relacionados à antropometria junto ao crescente aumento na quantidade de dados publicados, por vezes, provenientes do empirismo exploratório, dotado de imprecisão de métodos e a não condição da comprovação das análises das medidas corporais^{25,27,28} também serviram como embasamento para a implementação de alguns conceitos segregacionistas e, em alguns casos, eugenistas.^{21,27} Tais marcos negativos foram ambiguamente apoiados pelas ciências biológicas que, por muitas vezes, apesar de produzir resultados “questionáveis” e carentes de fundamentação, acabaram por ganhar bastante espaço nas “comunidades intelectuais” emergentes.^{21,22,27}

Ao refletimos com relação a taxonomia das técnicas para a análise da composição corporal as diversas técnicas e métodos podem ser alocados em três níveis de validação (método direto, indireto e duplamente indireto).^{23,28,30,31} Os métodos diretos (MD), também chamado na literatura de método de análise direta da composição corporal, são as metodologias aplicadas *in vitro*, que em comparação aos métodos indiretos e duplamente indiretos são expressivamente menos utilizadas. A MD consistem na mensuração ou testagem físico-químicos de tecidos corporais proveniente da dissecação de cadáveres.^{28,31} Os métodos indiretos (MI) de análise da composição corporal são métodos validados a partir de pesquisas de técnicas dissidentes dos métodos diretos.³¹ Estes foram elaborados como uma alternativa *in vivo* para estipular a relação percentual entre a massa de gordura corporal, massa livre de gordura, a densidade corporal total e, também, traçam suposições sobre um ou mais parâmetros quantitativos em relação à quantidade de gordura corporal presente no corpo humano.^{28,31-33} Os métodos duplamente indiretos (MDI) são técnicas consideradas menos “rigorosas” com uma melhor aplicação prática e de menor custo financeiro quando comparado aos outros métodos.^{23,28,31-33} São métodos que utilizam equações para realizações de estimativas derivadas e validados a partir das técnicas indiretas. Principalmente as técnicas de densitometria.³¹ Diferente dos métodos de primeiro e segundo nível que possuem técnicas laboratoriais, os métodos duplamente indiretos têm a vantagem de poderem ser aplicadas nos ambientes de campo e clínico.^{23,28,32,33}

Em síntese, pode-se afirmar que os métodos de análise da composição corporal tornaram-se em ferramentas de grande importância para a pesquisa clínica e acadêmica. Mostrando ser um instrumento relevante na predição da capacidade de abundância ou escassez de atributos de uma determinada população. As técnicas de mensuração da composição corporal, associadas às técnicas antropométricas, principalmente as técnicas duplamente

indiretas^{23,28,30,31,34} adquiriram informações cada vez mais significativas, podendo funcionar como um apetrecho para o recorte do estado populacional mostrando-se muito eficaz na identificação e no fornecimento de dados, principalmente quando correlacionado às questões de bem-estar, qualidade de vida e efeito de doenças. Podendo ser aplicado a um único indivíduo ou para o uso em uma grande população^{27,35,36} e, como consequência, tal capacidade fez com que as tecnologias envoltas a essa área se desenvolvessem cada vez mais.²²

Em relação à medição da composição corporal, até o momento ainda não existe um método 100% eficaz e preciso, livre da necessidade do uso de um ou mais métodos associados.^{30,37,38} Porém, ao longo dos anos, a modelagem matemática e as ferramentas cada vez mais tecnológicas vêm-se introduzindo modelos indiretos que estimam ainda mais a composição corporal, fornecendo mais dados de qualidade para serem trabalhados.^{21-23,29}

A seguir, apresentamos uma breve descrição dos modelos de avaliação da composição corporal e antropométrica (indiretos e duplamente indiretos) não invasivas (somatotípica)³ mais comumente estabelecidos na comunidade científica especializada.^{2,24,30,32,37,39}

Métodos duplamente indiretos:

Índice de Massa Corporal (IMC) também referenciado como *índice de Quetelet*, em homenagem ao seu criador, o matemático e estatístico Adolphe Quetelet (1796-1894).³³ Consiste no cálculo da equação onde o peso corporal (em quilogramas) é dividido pelo resultado da altura (em metros), após esta ser elevada ao quadrado. Uma vez encontrado o valor resultante, o mesmo é comparado com o índice que mostra o quanto próximo ou distante estamos do Índice Corporal Ideal.^{30,40}

O IMC está direcionado à composição corporal do “Homem Mediano” apresentando uma correlação bastante positiva para populações sedentárias e clínicas, apresentando também uma boa ferramenta preditora de doenças ligadas às populações.³⁰ Seu baixo custo, grande acessibilidade por parte dos aplicadores e a grande assertividade sobre as populações já mencionadas são fatores que mantêm o IMC ainda em funcionamento. Entretanto cabe ressaltar que essa fórmula não contempla indivíduos atletas, deixando as previsões bastante imprecisas para essa população em específico.^{23,28,30,32,33}

Avaliações por meio da medição de dobras cutâneas, também conhecida como avaliação de dobras cutâneas, DC ou Plicometria, é um dos métodos mais conhecidos e praticados para a avaliação do percentual de gordura. Possui relativa precisão desde que sejam utilizados materiais de qualidade devidamente calibrados e que as aferições sejam realizadas por um

indivíduo bem treinado e familiarizado com a metodologia. Para a realização da técnica, usa-se um equipamento chamado compasso de dobras, o qual informa numericamente a espessura do pinçamento resultante do destacamento manual da pele e da gordura (subcutânea) realizado pelo avaliador.^{25,33}

A plicometria sustenta-se na teoria que a quantidade de gordura subcutânea, tecido gorduroso localizado diretamente abaixo da pele, é proporcional à quantidade de gordura total do corpo do avaliado. Uma vez realizadas as medições, estas são agregadas a outras medidas de predições como idade, altura, peso, circunferências dos segmentos. Então submetidos a um modelo estatístico de análise de regressão e, posteriormente, calculada numa equação de previsão que irá, enfim, fornecer dados estimados relativos à densidade corporal e percentual de gordura do avaliado.^{23,30} Cabe ressaltar que devido a enorme variedade de indivíduos e populações com distintas características físicas e heterogeneidade populacional, fez-se necessário a elaboração de equações cada vez mais específicas. Em contrapartida, a elaboração de equações específicas para as distintas populações aumentou ainda mais a precisão das estimativas. Atualmente atribui-se uma variabilidade de previsão do percentual de gordura corporal estimado entre 3% e 5%. Mediante, claro, do uso de equações e processos adequados.²⁹

Análise Bioimpedância ou Análise da Impedância Bioelétrica (ABI) é um método que permite estimar a composição corporal por meio de condutividade bioelétrica.^{2,23,28,30,32,38}

Por se tratar de um método confiável, rápido, não invasivo, de operação relativamente simples e barato, a AIB adquiriu grande quantidade de adeptos no que tange a metodologia de campo e prática “clínica”. A ABI sustenta-se a partir da ideia que o tecido livre de gordura possui proporcionalidade a condutividade bioelétrica devido à grande quantidade de água e íons presentes em sua estrutura, enquanto o tecido gorduroso possui em suas características estruturais fatores que impediriam a transmissão da corrente elétrica, exemplo: menos água.³⁰ A ABI, embora validada como um método geralmente bastante eficaz de medição da composição corporal, apresenta na literatura vieses em algumas populações no que tange o percentual de gordura. Exemplos como percentuais superestimados para indivíduos com baixos percentil gordo e subestimação do percentual para indivíduos obesos. Indivíduos atletas também se demonstraram subestimados em comparação a outros métodos preditos e aceitos na literatura.^{23,30,33}

Métodos Indiretos:

A Pesagem Hidrostática (PH) é um método indireto de avaliação corporal considerado como sendo um procedimento excelente e de alta fidedignidade. Por essa razão, é tido pelos pesquisadores como método padrão ouro (*gold standard*) para análise da composição corporal.^{23,28,30,32,33} Considerando a relação que o corpo possa ser subdividido em dois componentes comumente chamada na literatura de massa gorda (MG) e a massa livre de gordura (MLG)^{28,30,31}, a PH usa a variação do peso no ar e o peso na água para a determinação da densidade corporal.^{23,30,34}

Cabe ressaltar que, para a execução correta desse método, variáveis como a determinação do volume e residual e a gasometria devem ser controladas, pois podem interferir diretamente no resultado.^{28,30,31} Seguindo o princípio de Arquimedes, onde afirma-se que a massa de um corpo, ao ser submerso, possui um peso menor na água do que quando está em fora d'água, a “perda” de massa terá seu valor refletido no volume de líquido deslocado, sendo o valor do volume igual ao valor da massa “perdida” corrigido pela densidade da água e as variáveis já citadas a cima.⁴¹ Ou seja, é um método que relaciona a massa e o volume do corpo avaliado a fim de determinar a sua densidade.^{28,30,31,34,41} Em conceitos práticos, a PH é uma técnica de submersão total de um copo em um tanque de água, onde instrumentos ligados a células de carga utilizam as variações do líquido, o peso real (fora da água), o peso em imersão (dentro da água) e os controles das variáveis para, com o auxílio de cálculos matemáticos, determinar a densidade corporal e, posteriormente, estimar o percentual de MG e MLG.^{23,28,30,34,41}

Embora PH tenha sido muito utilizada na validação de métodos duplamente indiretos,^{28,31 30,34,41} a PH apresenta vários critérios que dificultam o uso dessa técnica durante a prática clínica. Equipamentos de alto custo, a necessidade de ser realizado em um espaço amplo, o tempo demasiadamente longo, a capacitação por parte dos avaliadores e a necessidade de colaboração por parte do indivíduo avaliado são alguns dos critérios que inviabilizam o uso desse teste em campo.^{28,41}

A Absorciometria Radiológica de Dupla Energia (DXA ou DEXA) sigla que vem do inglês *Dual Energy X-ray absorptiometry* é uma ferramenta que está cada vez mais presente nas comunidades de avaliação corporal justamente por apresentar dados mais precisos e uma composição que abrange não somente percentuais de gordura, mas, também, a densidade dos tecidos ósseos e a quantidade de massa magra.^{23,30} Considerada como padrão ouro em avaliação

da densitometria óssea, estudos recentes vêm demonstrando que a DEXA apresenta falhas na medição dos tecidos moles, sobretudo na quantificação da massa magra.^{24,30}

Tomografia computadorizada (TC) usa projeções de raios-X em diferentes ângulos do corpo com o intuito de poder gerar imagens de alta resolução bem como imagens de partes tridimensionais do corpo.

As distintas capacidades de penetração e, consequentemente, diferentes absorções da radiação pelos tecidos expostos causam uma diminuição (atenuação) da intensidade facilitando a detecção entre os tecidos magros e o tecido adiposo, tal ferramenta, por tanto, consegue “separar” esses tecidos.

A gordura presente no músculo esquelético, tecido e nos órgãos, como o fígado, também pode ser determinada com precisão usando TC. Embora, este último, seja significativamente menos preciso para órgão quando comparado ao tecido muscular esquelético.

Medidas do volume dos órgãos e diferentes depósitos de tecido gorduroso podem ser obtidos usando TC.²⁴

A Ressonância Magnética (RM) é um método laboratorial similar à TC na forma que opera e na precisão em relação aos resultados esperados.^{30,33} A diferença é que na RM, por meio de um imã, a radiação eletromagnética alinha as moléculas e átomos de hidrogênio presentes no tecido adiposo e nos líquidos corporais, respectivamente. Esses, em seguida, recebem energia (os prótons de Hidrogênio) absorvendo-a e, como consequência do processo, geram uma imagem.

Cabe ressaltar que a quantificação do tecido adiposo e do tecido muscular pode ser efetivada por meio da seleção da região de interesse na imagem. Assim como a DXA e a TC, a RM permite quantificar as densidades ósseas, musculares e de tecido adiposo o que a torna um método muito forte e robusto para pesquisa científica. Como aspecto negativo, a RM é um exame considerado “bastante caro”, de acesso limitado e que depende de operadores específicos para operar e interpretar. O que limita o número de acessos a esse recurso a um grupo mais seletivo ou, pelo menos, menos abrangente de pesquisadores.^{30,33}

A avaliação da Espessura Muscular por meio de Ultrassonografia, também chamado de ultrassom (US) é uma técnica de avaliação não invasiva, que pode ser executada de forma rápida, com um relativo “baixo custo”, baixos requisitos quanto ao manuseio da aparelhagem e bem estabelecida na comunidade científica no que diz respeito aos diagnósticos de distintas estruturas musculares e articulares de um segmento corporal.^{2,42} É capaz de avaliar, por meio de um diagnóstico de imagem, os elementos presentes em seus segmentos, tal processo dá-se

pelas distintas reações quanto a velocidade de recebimento de ondas sonoras nas estruturas avaliadas.^{15,30}

Geralmente tal método nos fornece informações a partir do posicionamento do sensor no ventre da musculatura escolhida podendo mostrar a profundidade da musculatura, ângulos de penetração e área de secção transversa da estrutura validada.^{15,33,42}

Por se tratar de um método amplamente difundido, esse encontra-se bastante associado a novos conceitos de avaliação, a exemplos da US de Campo Estendido. Técnica onde são somadas imagens de ultrassom para a construção de uma imagem em duas dimensões, 2D, de amplo aspecto. Muito comum em estudos envolvendo o comprimento de fascículos. E, também, da US tridimensional, onde a US é combinada com captura de movimento nos fornecendo um apanhado de recortes quadro a quadro que, posteriormente, podem ser compilados em uma imagem tridimensional capaz de revelar os “limites” de uma estrutura fornecendo ainda mais informações para estudo.^{2,23,33}

Eletromiografia:

A eletromiografia (EMG) é uma técnica utilizada no registro, desenvolvimento e análise dos sinais bio e mioelétricos obtidos a partir das variações fisiológicas dos distintos estados das membranas dos músculos.⁴³ É amplamente difundida nos meios clínicos, acadêmicos, científicos, biomédicos e também fazendo-se presente nos campos do desporto e da reabilitação.⁴³⁻⁴⁸ Há mais de 50 anos, a EMG vem acompanhando pesquisadores nas áreas de neuroeletrofisiologia conquistando uma posição sólida e significativamente grande como uma ferramenta eficiente para a avaliação ou quantificação das respostas de tarefas as quais a neurofisiologia muscular esteja envolvida.^{46,47} Quanto a captação do sinal, a EMG nos apresenta uma enorme gama de possibilidades, pois, a partir da atividade elétrica e motora dos músculos, podemos registrar as variações nas suas propriedades anatômicas e fisiológicas quando este é submetido ou está atuando sobre uma determinada condição.⁴⁵⁻⁴⁷

A capacidade de captação da atividade muscular fornece características muito singulares à EMG dando a ela a capacidade servir como ferramenta de avaliação do desempenho, recrutamento e ativação de uma ou mais estruturas do corpoo.^{43,45,49} Mas, para que tal tarefa ocorra de forma adequada, a análise, o processamento e a classificação dos sinais da EMG dependem de uma série de bons parâmetros que, caso não sejam cumpridos, podem acabar por interferir de forma inadequada, geralmente apresentando dados alterados ou com valores irreais.^{46,47}

Possuir uma boa compreensão dos conceitos e dos parâmetros acerca do que será investigado é uma excelente forma de garantir uma coleta de dados mais fiel e, consequentemente, um estudo de melhor confiança.^{44,47,48} Procedimentos básicos que vão desde a determinação do eletrodo, “limpeza” e preparação da pele afim de garantir uma boa impedância do tecido, posicionamento e orientação dos sensores são os passos iniciais na garantia de um bom estudo.^{43,45,47,49}

Outro aspecto importante que pode vir a desequilibrar uma pesquisa encontra-se na seleção dos eletrodos, a final, é por meio deles que a energia elétrica gerada pelos músculos é capital.^{46,47,49}

Diferentes modelos de eletrodos são disponíveis no mercado, porém os mais usuais consistem em dois modelos: os de superfície e os intramusculares.^{45,46,49} Outro procedimento bastante usual na eletromiografia é a necessidade de ampliação do sinal. Devido à energia gerada por meio da atividade elétrica da musculatura estriada esquelética possuir um valor bastante pequenos⁴⁷ para tornar possível a visualização do sinal EMG, faz-se necessário ampliá-lo. A detecção e ampliação do sinal a partir do momento que o mesmo é captado pelo sensor é denominado “ganho”.^{46,47} Nesse processo, também são incluídos os procedimentos necessários para retirar os “ruídos”, sinais eletromagnéticos provenientes da atividade externa, que, muitas vezes, atrapalhava a visualização do sinal EMG fornecendo dados não fíéis. Como uma solução aos ruídos, introduziu-se a técnica de ampliação diferencial onde se utiliza um par de eletrodos para a captação do sinal, sedo esses colocados sobre a musculatura de interesse e seguindo a orientação da fibra muscular. E um terceiro eletrodo colocado sobre alguma proeminência óssea do corpo (terra) a fim de auxiliar na ampliação apenas da energia captada pelos eletrodos colocados sobre o músculo alvo e, em contrapartida, a detectar a frequência energética dos ruídos externos.⁴³⁻⁴⁹ Sinais externos geralmente transitam em torno do 60 Hertz (Hz). Estes são comumente atribuídos aos sinais provenientes de correntes elétricas as quais se fazem presentes devido ao funcionamento de aparelhos elétricos e eletrônicos como lâmpadas ou aparelhos que possam estar plugados a tomada.⁴⁵⁻⁴⁷

Justamente pela sua grande versatilidade, a EMG de superfície acaba sendo muito desejável no meio acadêmico e no meio clínico, pois é uma forma simples, não invasiva e com um baixo custo em comparação ao valor de outros métodos laboratoriais. Permitindo uma avaliação com excelente qualidade, fácil reproduzibilidade e muita precisão dos achados neurofisiológicos e motores. Muito moldável para atender a maioria das necessidades que lhe são atribuídas³⁹ tanto no âmbito da reabilitação quanto no âmbito clínico, tecnológicos e assistivos.^{46,47}

2 JUSTIFICATIVA

A eletromiografia de superfície (EMG) já é realidade comumente⁴⁵ utilizada no campo médico e biomédico para análises de atividade muscular e análises biomecânicas de movimento.^{44,45} Entretanto, ainda existem lacunas na literatura com respeito ao aumento de secção transversa (hipertrofia) e atividade EMG.

Embora alguns autores tenham utilizado a EMG como ferramenta para avaliar as condições neurofisiológicas do músculo (GARFINKEL *et. al* 1992), (NISHIKAWA *et. al* 2022)^{50,51}, ainda não está claro na literatura se o uso da EMG pós-treinamento para hipertrofia pode oferecer informação neurofisiológica que possam contribuir para um melhor entendimento dos mecanismos neurofisiológicos que envolvem a hipertrofia muscular pós-programa de treinamento.

Objetivo geral

Verificar se a hipertrofia músculoesquelética proveniente do exercício mostra-se refletida no sinal eletromiográfico.

Objetivos específicos

Verificar os métodos utilizados nos estudos para coleta e processamento dos sinais EMG;

Verificar quais variáveis são utilizadas para quantificar a atividade dos músculos avaliados.

3 MÉTODOS

3.1 Design

Esta revisão sistemática (RS) de ensaios clínicos randomizados (ECRs) foi desenvolvida de acordo com os itens de relatório preferenciais para revisões sistemáticas (PRISMA).⁵² O protocolo foi registrado no banco de dados PROSPERO sob o número de protocolo CRD42022297938. O modelo PICOT^{53,54} foi utilizado para formular as perguntas deste estudo: P – Participantes (indivíduos hígidos com capacidade de treinamento físico); I – Intervenção Treinamento Resistido; C – Comparação (pré e pós-treinamento); O – Cumprimento dos Resultados (Desfechos Clínicos); EMG associada a outros métodos padrões ouro para quantificação dos elementos e ganhos físicos relacionados à hipertrofia musculoesquelética proveniente do exercício; e T – Tempo de Intervenção (estudos clínicos tempo de tratamento \geq a 4 semanas).

3.2 Critério de Eleição

3.2.1 Critério de Inclusão

Indivíduos adultos, saudáveis, submetidos a um trabalho físico com tempo superior a 4 semanas de treinamento. Não foram impostas restrições quanto à idade, sexo ou etnia dos participantes.

3.2.2 Critérios de Exclusão

Ensaio clínico com tempo de intervenção inferior a 4 semanas, RS, relatos de casos, séries de casos, editoriais, cartas de opinião, cartas ao editor, revisões de literatura, artigos envolvendo animais e estudos que não dissipam uma forma clara e concisa os métodos, amostra populacional, estado pregresso de saúde dos participantes dos respectivos trabalhos, estudos sem avaliação dos sujeitos na pré e pós-intervenção foram considerados inadequados para integrarem a presente revisão sistemática.

3.3 Fontes de Informação

As buscas foram realizadas nas bases de dados *Science Direct*, *Embase*, *MEDLINE*, *EMABSE*, *PEDro*, *SciELO*, *CINAHL* e *LILACS* para estudos potencialmente elegíveis, publicados em inglês, português e espanhol, entre janeiro de 1990 a dezembro de 2022.

3.3.1 Estratégia de Busca

Os termos “hipertrofia muscular esquelética” e “eletromiografia” foram verificados como *Medical Subject Headings* (MeSH) da *National Library of Medicine* e seus respectivos termos de entrada foram adicionados aos campos de busca para tornar a busca mais sensível e eficaz. Os seguintes termos de pesquisa foram selecionado e serão empregados: “muscle hypertrophy” AND “clinical trial”, “strength training” AND “clinical trial”, “electromyography” AND “strength training”, “hipertrofia muscular” AND “ensayo clínico”, “entrenamiento de fuerza” AND “hipertrofia muscular”, “electromiografia” AND “entrenamiento de fuerza”.

3.3.2 Seleção de Estudos

Dois revisores (S.L.E. e F.P) realizaram as pesquisas em todas as bases de dados identificadas. Todos os resultados da pesquisa foram importados para o *software* Rayyan (Qatar Computing Research Institute, Qatar Foundation) para garantir uma pesquisa sistemática e abrangente e documentar o processo de seleção.⁵⁵

O revisor S.L.E. gerenciou o Rayyan identificando e ou removendo citações duplicadas para garantir uma revisão independente dos títulos e resumos, cegando as decisões de ambos os revisores. S.L.E. e F.P. revisando os títulos e resumos das citações pré-selecionadas no Rayyan usando uma lista de verificação de inclusão/exclusão personalizada (indivíduos treinados, iniciantes, tempo de submissão ao treinamento \geq a 4 semanas e medidas de desfecho).

Em seguida, o S.L.E. pode identificar as possíveis discrepâncias entre os dois revisores no *software* Rayyan e os informando sobre o consenso para a seleção do estudo. Cópias do texto completo de todos os estudos selecionados foram obtidas para encontrar mais detalhes. Ambos os revisores revisaram as cópias completas dos artigos para identificar se os instrumentos avaliativos foram corretos bem como atenderam aos quesitos idealizados para os

critérios antes mencionados em relação aos participantes do estudo. Durante o processo de seleção, estudos adicionais não foram ser adicionados.

3.3.3 Avaliação da Qualidade Metodológica

A qualidade metodológica de cada ECR a ser incluído nesta revisão foi avaliada de forma independente por ambos os revisores (S.L.E. e F.P.). Para a qualidade metodológica, foi utilizado o Sistema de (JADAD MODIFICADO⁵⁶⁻⁵⁸) que consta de cinco tópicos, diretamente relacionados com a redução de vieses (centrados na validade interna) onde todas as questões têm a opção sim e não. Seu escore de qualidade possui dois pontos: 1 ponto para as respostas sim e 0 para resposta não. Sem a adição de pontos adicionais para métodos apropriados de randomização, sigilo e alocação.

3.3.4 Risco de Viés

Dois revisores (B.M.B. e F.P.) avaliaram independentemente o risco de viés (RoB-2) usando a ferramenta Cochrane, conforme relatado no manual de Colaboração Cochrane.^{59,60} Seis domínios de viés serão avaliados: (1) viés de seleção (por exemplo, geração de sequência aleatória e ocultação de alocação), (2) viés de desempenho (por exemplo, cegamento dos participantes), (3) viés de detecção (por exemplo, cegamento de avaliação do resultado), (4) viés de atrito (por exemplo, dados de resultados incompletos), (5) viés de relatório (por exemplo, relato seletivo) e (6) outros vieses. Essa ferramenta permite que os pesquisadores atribuam uma pontuação de qualidade de risco “alto”, “baixo” ou “pouco claro” com base em sete fatores que podem fazer com que os efeitos dessas intervenções em estudos individuais sejam superestimados. Discordâncias foram resolvidas em uma reunião de consenso. Quando a discordância persistiu, o terceiro autor da revisão foi consultado.

4 RESULTADOS

Artigo

A hipertrofia muscular esquelética proporcionada pelo exercício físico reflete no sinal eletromiográfico? Uma revisão sistemática

Running title: Exercise hypertrophy and electromyography

Luis Edaурdo Peixoto Rosa dos Santos, Bruna Massarot de Barros, Fabiano Politti¹

¹Universidade Nove de Julho, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, São Paulo, Brasil.

***Autor Correspondente**

Fabiano Politti

Rua Vergueiro, 2355 – Liberdade, São Paulo 01504-001, SP, Brasil.

Telefone/Fax: +55 11 3665-9325

E-mail: fabianopolitti@gmail.com

Acknowledgments

This study is supported by the Universidade Nove de Julho (UNINOVE, Brazil) and Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES: Process 88887.661742/2022-00).

RESUMO

Introdução: A hipertrofia muscular pode ser obtida por meio de programas específicos de treinamento e avaliada pela eletromiografia (EMG). **Objetivo:** Verificar por meio de uma revisão sistemática (RS) de literatura se a hipertrofia muscular esquelética proporcionada por exercício físico reflete no sinal EMG. **Método:** Esta revisão sistemática foi realizada de acordo com as diretrizes dos Itens Preferidos de Revisões Sistemáticas e Relatórios de Meta-Análise (PRISMA), tendo como fonte estudos que utilizaram a EMG para verificar a hipertrofia muscular pós-treinamento publicados entre janeiro de 1990 e novembro de 2022 nos idiomas inglês, português ou espanhol e coletados nas bases de dados Science Direct, Embase, MEDLINE, PEDro, SciELO, CINAHL e LILACS. Os termos “hipertrofia musculoesquelética”, “treinamento físico” e “eletromiografia” foram verificados como Medical Subject Headings (MeSH) da National Library of Medicine e seus respectivos termos de entrada e, posteriormente, adicionados aos campos de pesquisa para tornar a pesquisa mais sensível e eficaz. Os termos usados para a busca foram: “hipertrofia músculo esquelética” AND “ensaio clínico”, “treinamento físico” AND “ensaio clínico”, “eletromiografia” AND “hipertrofia”. **Resultados:** Foram encontrados 8.021 estudos, sendo que apenas cinco destes foram considerados elegíveis. Desses, dois estudos apresentaram boa qualidade metodológica, porém, todos apresentando um risco consideravelmente alto de viés. Dois estudos tiveram aumento na área de secção transversal (AST) e no aumento da amplitude EMG, um estudo apresentou uma AST aumentada, porém o sinal EMG não apresentou alteração, um estudo apresentou aumento na AST e diminuição no sinal EMG e em um estudo não foi encontrada nenhuma alteração para a AST e nenhuma alteração no sinal EMG. **Conclusão:** Nesta revisão sistemática, não foi possível encontrar evidência de que a hipertrofia musculoesquelética, proveniente do treinamento físico, também reflete na atividade EMG. Faz-se necessário uma melhor padronização de protocolos e a necessidade de mais estudos sobre este tema.

Palavras-chaves: “hipertrofia músculo esquelética”, “treinamento físico”, “eletromiografia”, “EMG”, “treinamento físico”.

1 INTRODUÇÃO

O aumento na massa muscular constitui em um dos componentes chaves do condicionamento em vários esportes devido à correlação entre a área de secção transversa do músculo e a força muscular.^{61,62} Além disso, níveis adequados de massa muscular é uma questão importante do ponto de vista da saúde uma vez que o seu baixo nível está associado ao aumento no risco de desenvolvimento de várias doenças, como as cardiovasculares⁶³ e o risco cardiometaabólico em adolescentes⁶⁴, bem como diabetes tipo II em adultos de meia-idade e idosos.⁶⁵

O treinamento resistido é uma intervenção de exercício primária usada para desenvolver força e estimular a hipertrofia muscular. Embora tenha-se observado que a realização de séries de exercícios de resistência até a falha muscular momentânea (ou seja, o número máximo de repetições possíveis em uma determinada série) seja necessária para recrutar todas as unidades motoras possíveis^{66,67} e que essa forma de treinamento pode aumentar a massa e a força muscular,^{66,67} uma recente revisão de literatura sugere que o treinamento com ou sem a falha muscular pode produzir aumentos semelhantes na força muscular e no tamanho do músculo.⁶⁸

Alguns métodos têm sido utilizados para avaliar a hipertrofia muscular pós período de intervenção, porém, a capacidade de quantificar com precisão as mudanças no tamanho do músculo em resposta à carga indutora de hipertrofia foi recentemente identificada como sendo mais complexa do que se pensava, com variabilidade substancial entre os métodos.² A ressonância magnética é o padrão ouro atual para medir mudanças no tamanho do músculo (área de secção transversal e volume), porém, é um procedimento de alto custo operacional.⁶⁹ Uma alternativa potencial de menor custo e mais prontamente disponível à ressonância magnética é a ultrassonografia, na qual já demonstrou ser eficiente para avaliar as adaptações da massa muscular esquelética, medindo a espessura muscular mesmo em uma população envelhecida.⁷⁰

Além desses recursos, muitos estudos têm utilizado a eletromiografia para comparar os efeitos de diferentes protocolos de exercícios utilizando como uma das formas de avaliação a ativação muscular.⁷¹ Em geral, essa é uma técnica utilizada para medir o potencial elétrico gerado pela despolarização do sarcolema.^{45,72} Dessa forma, o sinal EMG mede a soma dos potenciais de ação da unidade motora fornecendo, assim, informações importantes sobre a ativação muscular.⁷³

No entanto, a efetividade sobre o uso da EMG para avaliar a hipertrofia muscular decorrente de programas específicos de treinamento ainda não é claro na literatura. Dessa maneira, a hipótese deste estudo foi a de que as mudanças neurofisiológicas proporcionadas pela hipertrofia muscular também podem influenciar na atividade do músculo. Sendo assim, o objetivo desta revisão sistemática de literatura (RS) foi responder a seguinte pergunta: a hipertrofia do músculo esquelético pós um programa de treinamento de hipertrofia reflete no sinal EMG?

2 MÉTODO

2.1 Design

Esta revisão sistemática RS de ensaios clínicos randomizados (ECRs) foi desenvolvida de acordo com os itens de relatório preferenciais para revisões sistemáticas (PRISMA).⁵² O protocolo foi registrado no banco de dados PROSPERO sob o número de protocolo CRD42022297938. O modelo PICOT foi utilizado para formular as perguntas deste estudo: P – Participantes (indivíduos que realizaram treinamento resistido); I – Intervenção Treinamento Resistido; C – Comparaçāo (pré e pós-treinamento); O – Cumprimento dos Resultados (desfechos clínicos) EMG associada outros métodos padrões ouro para quantificação dos elementos e ganhos físicos relacionados a hipertrofia muscular esquelética proveniente do exercício; e T – tempo de intervenção (estudos clínicos tempo de tratamento \geq a 4 semanas).⁵³

2.2 Critério de Eleição

2.2.1 Critério de Inclusão

Não foram impostas restrições quanto à idade, sexo ou etnia dos participantes. Os estudos deveriam conter ao menos um desfecho clínico como área de sessão transversa do músculo (AST) ou de espessura muscular, além da atividade EMG.

2.2.2 Critérios de Exclusão

Ensaio clínico com tempo de intervenção inferior a 4 semanas, RS, estudos que não utilizavam eletromiografia de superfície, relatos de casos, séries de casos, editoriais, cartas de opinião, cartas ao editor, revisões de literatura, artigos envolvendo animais e estudos que não

dissipam uma forma clara e concisa os métodos, amostra populacional estado pregresso de saúde dos participantes dos respectivos trabalhos, estudos sem avaliação dos sujeitos na pré e pós-intervenção foram considerados inadequados para integrarem a presente revisão sistemática.

2.2.3 Fontes de Informação

As buscas foram realizadas nas bases de dados *Science Direct*, *Embase*, *MEDLINE*, *EMABSE*, *PEDro*, *SciELO*, *CINAHL* e *LILACS* para estudos potencialmente elegíveis, publicados em inglês, português e espanhol, entre janeiro de 1990 a novembro de 2022.

2.2.4 Estratégia de Busca

Os termos “hipertrofia muscular esquelética” e “eletromiografia” foram verificados como *Medical Subject Headings* (MeSH) da *National Library of Medicine* e seus respectivos termos de entrada foram adicionados aos campos de busca para tornar a busca mais sensível e eficaz. Os seguintes termos de pesquisa foram selecionados e serão empregados: “muscle hypertrophy” AND “clinical trial”, “strength training” AND “clinical trial”, “electromyography” AND “strength training”, “hipertrofia muscular” AND “ensayo clínico”, “entrenamiento de fuerza” AND “hipertrofia muscular”, “eletromiografia” AND “entrenamiento de fuerza”.

2.2.5 Seleção de Estudos

Dois revisores (S.L.E. e F.P.) realizaram as pesquisas em todas as bases de dados identificadas. Todos os resultados da pesquisa serão importados para o *software* Rayyan (Qatar Computing Research Institute, Qatar Foundation) para garantir uma pesquisa sistemática e abrangente e documentar o processo de seleção.⁵⁵

O revisor S.L.E. gerenciou o Rayyan identificando e/ou removendo citações duplicadas para garantir uma revisão independente dos títulos e resumos, cegando as decisões de ambos os revisores. Assim, S.L.E. e F.P. revisando os títulos e resumos das citações pré-selecionadas no Rayyan usando uma lista de verificação de inclusão/exclusão personalizada (indivíduos treinados, iniciantes, tempo de submissão ao treinamento \geq a 4 semanas e medidas de desfecho).

Em seguida, S.L.E. pode identificar as possíveis discrepâncias entre os dois revisores no *software* Rayyan informando sobre o consenso para a seleção do estudo. Cópias do texto

completo de todos os estudos selecionados foram obtidas para encontrar mais detalhes. Ambos os revisores revisaram as cópias completas dos artigos para identificar se os instrumentos avaliativos foram corretos bem como atenderam aos quesitos idealizados para os critérios antes mencionados em relação aos participantes do estudo. Durante o processo de seleção, não houve a adição de estudos extras.

2.2.6 Avaliação da Qualidade Metodológica

A qualidade metodológica de cada ECR a ser incluído nesta revisão foi avaliada de forma independente por ambos os revisores (S.L.E. e F.P.). Para a garantia dessa mesma qualidade metodológica, foi utilizado o sistema modificado de Jadad.⁵⁶⁻⁵⁸ Esse sistema é constituído de cinco tópicos, diretamente relacionados com a redução de vieses (centrados na validade interna) onde todas as questões têm as opções sim e não. Seu escore de qualidade possui dois pontos: 1 ponto para as respostas sim e 0 para resposta não. Sem a adição de pontos adicionais para métodos apropriados de randomização, sigilo e alocação.

2.2.7 Risco de Viés

Dois revisores (B.M.B e F.P.) avaliaram independentemente o risco de viés (RoB-2) usando a ferramenta Cochrane, conforme relatado no manual de Colaboração Cochrane.^{59,60} Seis domínios de vieses sugeridos para ser avaliados: (1) viés de seleção (por exemplo, geração de sequência aleatória e ocultação de alocação), (2) viés de desempenho (por exemplo, cegamento dos participantes), (3) viés de detecção (por exemplo, cegamento de avaliação do resultado), (4) viés de atrito (por exemplo, dados de resultados incompletos), (5) viés de relatório (por exemplo, relato seletivo) e (6) outros vieses. Essa ferramenta permitiu aos pesquisadores atribuírem as pontuações de qualidade de risco “alto”, “baixo” ou “pouco claro” com base em sete fatores que podem fazer com que os efeitos dessas intervenções em estudos individuais fossem superestimados. Todas as discordâncias foram resolvidas em uma reunião de consenso determinado ao sinal de uma discordância persistente, o terceiro autor da revisão seria consultado.

Por se tratar de estudos envolvendo treinamento físico por longos períodos de tempo, ficou decidido que não avaliariam o item (3) relativo ao “viés de detecção”. Tendo em vista que a natureza dos estudos não torna possível a ideia de que os sujeitos executem as tarefas sem familiarização, supervisão e em alguns estudos^{50,74,75} a intervenção do(s) avaliador(es).

3 RESULTADOS

A figura 1 demonstra o Fluxograma dessa RS. No primeiro acesso, foram encontrados 8.021 estudos publicados entre janeiro de 1990 dezembro de 2022. Após a aplicação dos filtros utilizando os critérios de exclusão, apenas cinco estudos foram considerados elegíveis.⁷⁴⁻⁷⁸

Acreditamos que as distintas metodologias e o amplo espaço de tempo entre as publicações tenham sido fatores desfavoravelmente desequilibrastes para tal desfecho.

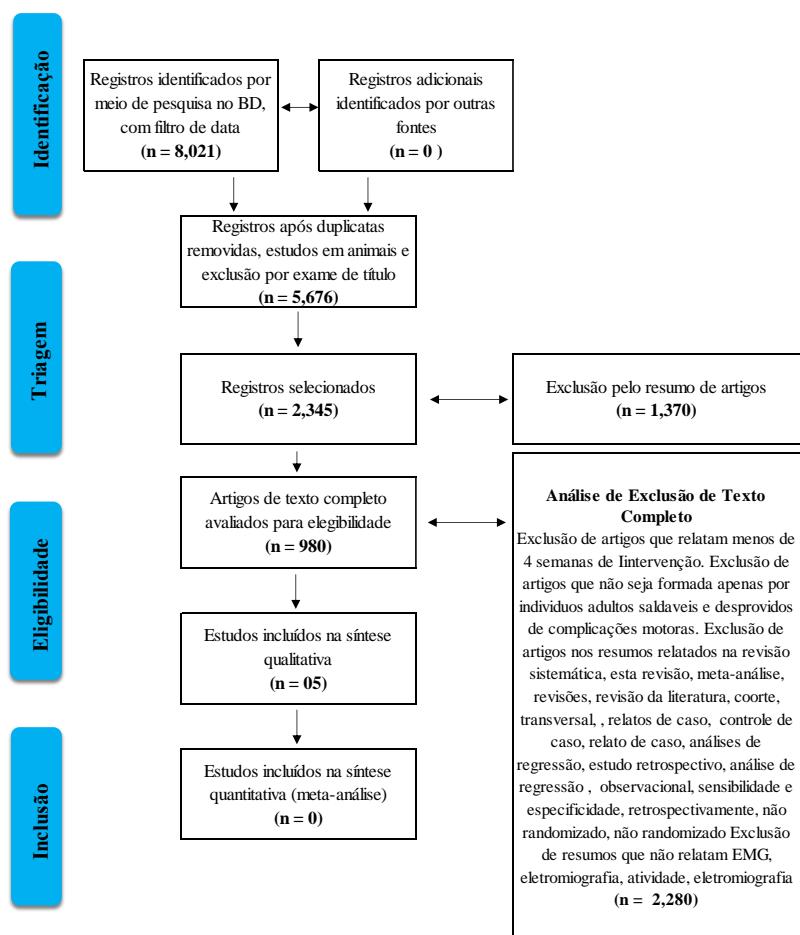


Figura 1. Fluxograma de seleção de ensaios com base na diretriz PRISMA

3.1 Qualidade dos Estudos

A partir da escala JADAD modificada⁵⁶⁻⁵⁸⁵¹ (Tabela 1), os estudos foram quantificados quanto a comparação em cinco itens para se extrair o grau de confiança, confiabilidade e qualidade metodológica. Quanto à randomização, quatro dos cinco estudos utilizaram seleção randomizada dos sujeitos estudados^{50,75,76,79} enquanto um estudo não descreveu esse

procedimento.⁷⁷ A descrição adequada do processo de randomização não foi encontrada em nenhum dos ensaios clínicos. Ainda nesse tópico, nenhum estudo mostrou uma alocação que possa ser considerada de alta confiabilidade e baixo viés de risco. Um estudo⁷⁸ relatou haver alocado seus sujeitos de forma arbitaria, enquanto que no de maior amostra populacional⁷⁹ é descrito um agrupamento de seus indivíduos, baseado na força e composição corporal a partir da sua primeira avaliação.

Todos os estudos apresentaram uma boa qualidade para comparação dos resultados e, também, na apresentação e comparação adequada dos seus respectivos desfechos. Quanto as perdas e exclusões três dos cinco estudos^{75,76,79} relataram perdas e exclusões de sujeitos durante o andamento dos estudos. Ao final, somadas as populações dos três estudos, temos um registro de 39 pessoas que foram afastadas das intervenções para as quais os mesmos foram alocados.

Quanto ao escore total, todos os estudos mostraram-se tendo o que é considerado um “bom” escore.

Tabela 1: Qualidade metodológica dos estudos elegíveis

Study	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	*Escore
Walker al. (2018) ⁷⁶	1	0	1	1	1	4
Santilla <i>et al.</i> (2009) ⁷⁹	1	0	1	1	1	4
Cannon <i>et al.</i> (2007) ⁷⁷	0	0	1	1	0	3
Ahtiainen <i>et al.</i> (2005) ⁷⁵	1	0	1	1	0	3
Garfinkel & Cafarelli (1992) ⁷⁸	1	0	1	1	0	3

Q1: O estudo foi descrito como randomizado? **Q2:** A randomização foi adequada? **Q3:** Houve comparações dos resultados?. **Q4:** As comparações e resultados descritos são adequados?

Q5: Foram descritas as perdas e exclusões? * Alto risco de viés = ou < 3; > 3 baixo risco de viés.

Fonte: elaborada pelo autor

Quanto a Rob-2 (figura 2), mesmo com a adequação, a dinâmica do estudo por meio da supressão do viés de detecção, graficamente marcado em cinza, os estudos selecionados apresentaram um nível alto do risco de viés.

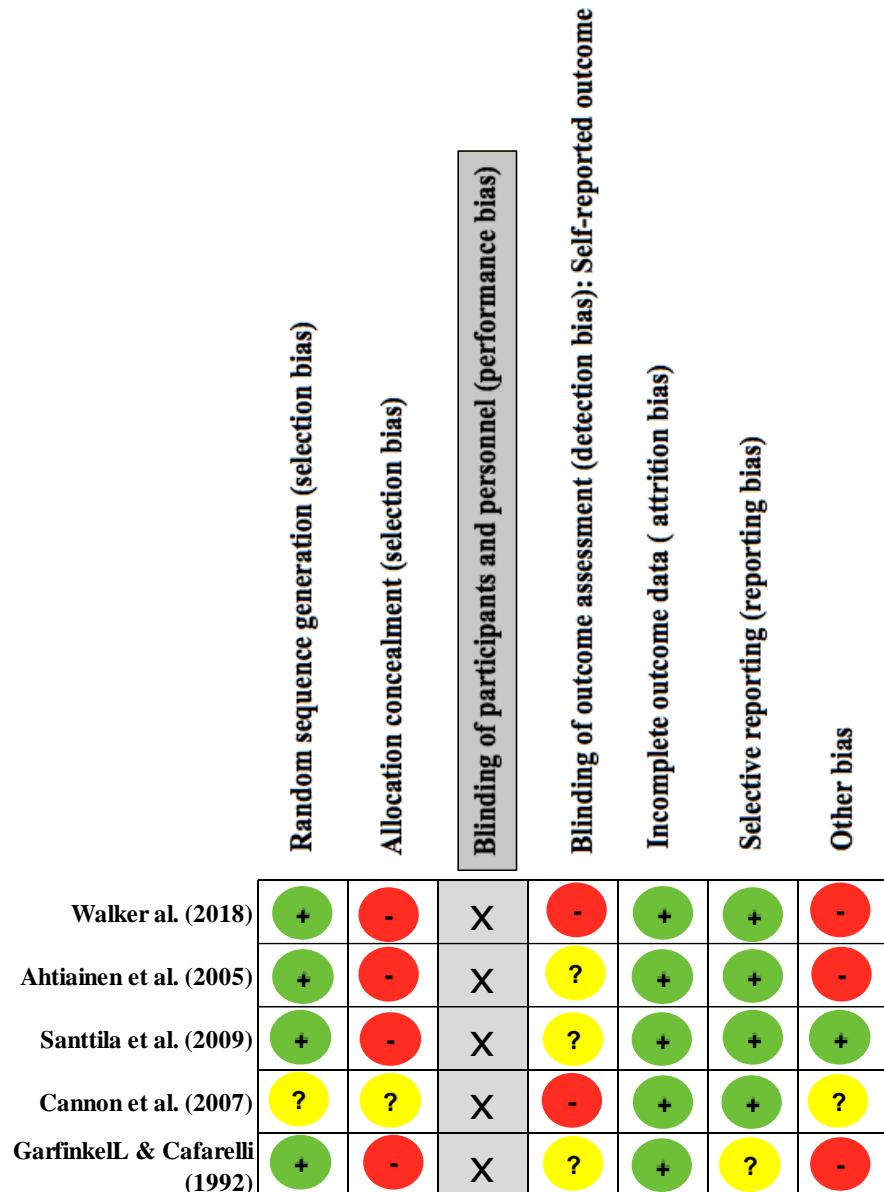


Figura 2. Apresentação da qualidade dos estudos individuais Cochrane para o risco de viés. Todos os estudos selecionados são devidamente etiquetados cada um dos sete tipos de vieses sob a representação gráfica de baixo risco (em verde), Incerteza (em amarelo) e alto risco de viés (em vermelho). Fonte: elaborada pelo autor

3.2 População

Com relação ao tamanho amostral, os estudos apresentaram uma amostra populacional de 155 indivíduos (Tabela 2). O maior estudo foi constituído de 72 indivíduos⁷⁹ enquanto o menor por 13.⁷⁵

Quanto as amostras populacionais, 70 indivíduos pertencentes ao sexo feminino^{77,77,78} e 85 ao masculino.^{75,79} Nenhum dos cinco estudos elegíveis (Tabela 2) utilizou população mista (masculino e feminino).

A menor idade populacional teve média de $19,2 \pm 0,9$ anos⁵⁵ e a maior $69,8 \pm 6,6$ anos de idade.⁵³ Ainda observando os estudos, podemos notar um grande e variado aspecto, não só nas amostras populacionais e variações de idade, como já citado anteriormente, mas também no nível de atividade prévia (E) dos participantes. De mulheres jovens sedentári⁷⁸ a indivíduos com anos de treinamento de experiência em treinamento resistido⁷⁵ podemos quase afirmar que não há níveis de atividade repetidos. Apenas um estudo não informou o nível de atividade de seus participantes,⁷⁹ porém o estudo em questão tem como população soldados recém-ingressados na força militar que serão submetidos a 300 horas de treinamento militar regular independente do grupo em que os sujeitos sejam alocados, tais informações nos dão margem para presumir que, muito provavelmente, essa população possa ser considerada ativa ou até mesmo muito ativa.

Saindo das divergências e adentrando as convergências, nota-se que todos os estudos tiveram como *priori* indivíduos não obesos (F), mesmo entre estudos com grupos compostos por mulheres idosas com baixo nível de atividade.⁸⁰ Embora não tenha declarado de forma explícita, o índice de massa corporal de suas participantes, Garfinkel & Cafarelli (1992)⁷⁸ relatam em seu estudo uma média relativamente harmoniosa de altura e massa dos sujeitos estudados as quais podemos considerar consistentes com a não obesidade. Um estudo de Wang et al. (2015)⁸¹, que mostra a trajetória do IMC de jovens adultos, homens e mulheres canadenses, corrobora com nossa suposição sobre a predição de um perfil não obeso para as participantes.⁸¹

Tabela 2. Dados demográficos das amostras.

Estudo	n	Idade média	Gênero	Atividade física	Composição corporal
Walker al. (2018) ⁸⁰	38	$69,0 \pm 5,0$	F	Nível baixo	IMC <37
Ahtiainen et al. (2005)	13	$28,7 \pm 6,2$	M	Treinados	$14,8 \pm 3,9\%$
Santilla et al. (2009) ⁵⁵	72	$19,2 \pm 0,9$	M	?	IMC $23 \pm 3,8$
Cannon et al. (2007) ⁵³	17	$25,0 \pm 4,0$	F	Ativa	$26,0 \pm 4,5$
Garfinkel & Cafarelli (1992) ⁷⁸	15	$21,9 \pm 2,7$	F	Sedentárias	?

n: número de participantes. IMC: Índice de massa corporal

3.3 Desfechos

As principais medidas de desfecho encontradas nos estudos foram AST,^{56,53,51,54} espessura muscular,⁵⁵ pico de torque,^{51, 53} EMG^{51,53,54, 55,56} (Tabela 3).

Os protocolos utilizados para as coletas dos sinais EMG foram variados e a descrição metodológica pobres. Os parâmetros EMG utilizados também foram diferentes sendo que dois estudos utilizaram o RMS,^{53,56} dois o iEMG^{51,55} e em um estudo⁵⁴ não ficou claro os parâmetros utilizados. Em relação à normalização do sinal EMG, apenas três ensaios clínicos descreveram os procedimentos utilizados.^{51,53,55}

Tabela 3: Resumo dos estudos incluídos na presente revisão (n = 5)

Estudar	População/Grupo/ Diagnóstico	Desfechos	Protocolo da EMG	Parâmetro EMG
				e Normalização
Walker <i>et al.</i> (2018) ⁵⁶	n= 36	AST	CVM	RMS
	M(n=0) F(n=36)	EMG: teste dinâmico de leg press/MVC	1RM: ? (intervalo de descanso=?)	Normalização (?)
	Treinamento de força (n= 13)		Gravação: 70% extensão do joelho	
	Treinamento de força reduzido (n=14)		Número de repetições =?	
	Grupo controle (n=9)		Tempo de coleta EMG: ?	
Santilla <i>et al.</i> (2009) ⁵⁵	n= 62	Força muscular	Extensão de perna (isometria)	iEMG
	M(n=?) F(n=?)	Espessura muscular	Número de repetições =?	Normalização: fase EMG
	Idade média= 19,2 anos	EMG: CVM	Tempo de coleta EMG: ?	máxima
	Treinamento de força (n=21)			
	Treinamento de resistência (n=19)			
Cannon <i>et al.</i> (2007) ⁵³	Treinamento básico (n=22)			
	n=17	AST	Contrações de controle em repouso	RMS com janela móvel de
	Idade média: 25,4 anos	Pico de torque	Número de repetições =?	de 50 ms
	Mulheres jovens (n=9)	isométrico	Tempo de coleta EMG: ?	Normalização: pico da onda M
Ahtiainen <i>et al.</i> (2005) 51	Mulheres idosas (n=8)	EMG: Ondas M		
	n=13	AST	Força de extensão de perna CVM	iEMG
	M(n=0) F(n=13)	Pico de torque	antes, durante e após as cargas de	Normalização: % do valor de
	Idade média: 28,7 anos	isométrico	descanso curto e descanso longo	pré-carga
	Descanso curto/descanso longo	EMG: onda M		

antes do período de treinamento
experimental
Número de repetições =?
Tempo de coleta EMG: ?

Garfinkel L &	n=15	AST	MVC: 3-5 seg	
Cafarelli (1992) ⁵⁴	M (n=0) F(n=15)	EMGmax:?	EMGmax: (número de tempo =?)	EMGmax
	Idade: ?		Gravação de tempo:?	Normalização= ?
	Grupo normal (n=8)			
	Grupo experimental (n=7)			

AST: área de secção transversa do músculo. **CVM:** contração voluntária máxima. **EMG:** eletromiografia. **iEMG:** integral do sinal eletromiográfico. **EMGmax:** eletromiográfica valor máximo. **n:** número de indivíduos. **S:** segundos. **M:** masculino. **F:** Feminino.

Tabela 3: Resumo dos estudos incluídos na presente revisão (n = 5)

Estudos (ano)	Exercícios propostos	Resultados
Walker <i>et al.</i> (2018) ⁶⁰	- Leg press 3 series	- Grupo Treino 2x: AST e EMG aumentaram - Grupo treino 1x: diminuiu AST e aumentou EMG
Santilla <i>et al.</i> (2009) ⁵⁹	- Leg press 60°-180° (joelhos) 4 e 5 series 10 RM /+15% de carga - Smith(70°-180°) 4 series/ 3 series 10 RM/ +15% C	- EMG não alterou em nenhum grupo; - EMG MMSS aumentou no grupo corrida; - AST não aumentou.
Cannon <i>et al.</i> (2007) ⁵⁷	- Extensão e flexão bilateral de joelho - Realizada 3 vezes semanais	- Pico de Força aumentou - AST aumentou - EMG aumentou em todos os grupos
Ahtiainen <i>et al.</i> (2005) ⁵⁵	- Extensão de joelhos e Cadeira Flexora	- AST aumentou - EMG não aumentou
GarfinkelL & Cafarelli (1992) ⁵⁸	- 30 repetições de Extensão máxima de joelho em uma cadeira Isométrica adaptada	- CVM aumentou - AST aumentou - EMG diminuiu perna treinada - EMG não mudou na perna controle

4 DISCUSSÃO

Nesta RS, foi verificada a hipótese de que as mudanças neurofisiológicas proporcionadas pela hipertrofia muscular também podem influenciar na atividade do músculo. Porém, de acordo com os resultados observados, essa hipótese não foi confirmada uma vez que os estudos apresentaram metodologia heterogênea e um alto risco de viés.

De acordo com os resultados desta RS, foi possível observar que os procedimentos metodológicos adotados para a coleta de dados ainda necessitam ser melhor padronizados. Nenhum dos estudos apresentaram metodologia similar para a coleta do sinal EMG. Além disso, as descrições sobre o protocolo de coleta de dados foram incompletas em dois ensaios clínicos selecionados nesta RS^{77-80,82} como demonstrado na Tabela 3. O número de repetições do sinal EMG e o tempo de intervalo entre as coletas podem interferir diretamente nos resultados e essas informações não foram encontradas em nenhum dos estudos selecionados (Tabela 3).

Todos os parâmetros EMG utilizados nos artigos selecionados foram calculados somente no domínio do tempo sendo o RMS^{77,80} utilizado em dois estudos e o iEMG^{79,82} em outros dois enquanto que um estudo utilizou o pico do sinal retificado.⁸² Dois estudos não relataram como os sinais foram normalizados^{78,80} e essa é uma questão metodológica que pode influenciar diretamente nos resultados do estudo.

A extração de parâmetros no domínio da frequência poderia oferecer informações adicionais sobre a atividade dos músculos estudados. Seus valores normalmente refletem eventos musculares como, por exemplo, a fadiga,⁸³ porém variações na distribuição de frequências do espectro de potência do sinal EMG também são modificadas por variações no nível de força⁸³⁻⁸⁵ recrutamento de novas unidades motoras não fadigadas^{86,87} proporção de fibras musculares⁸¹ e tipo de músculo (fásico ou tônico).⁸⁹

Em relação à atividade muscular observada pós-treinamento para hipertrofia, na maioria dos estudos, as alterações na área de secção transversa e na espessura muscular também refletiram no sinal EMG. O aumento na AST também refletiu no aumento da amplitude EMG em dois estudos,^{77,80} enquanto que nenhuma alteração foi encontrada para a AST e o sinal EMG em um estudo.⁷⁹ Em um estudo, o AST aumentou e o sinal EMG não apresentou alteração.⁸² O aumento na AST e a diminuição no sinal EMG foi observada em um estudo.⁵⁰ Essas respostas tornam difícil realizar uma análise segura sobre a efetividade do sinal EMG como ferramenta para avaliar a hipertrofia muscular.

Contudo, considerando que a AST seja considerada como medida padrão ouro para avaliar alterações na espessura da fibra muscular⁶⁹ e que as mudanças nesse parâmetro também se refletiram nos resultados do sinal EMG na maioria dos estudos selecionados, os resultados desta RS sugerem que a EMG pode ser uma ferramenta para avaliar alterações neurofisiológicas proporcionadas na hipertrofia. Sendo assim, novos protocolos experimentais e novas formas de processamento do sinal EMG, como os utilizados no domínio da frequência, talvez possam trazer novas perspectivas em relação à possibilidade do uso da EMG para avaliar a hipertrofia muscular.

Acreditamos que as distintas metodologias e o amplo espaço de tempo entre as publicações tenham sido fatores desfavoravelmente desequilibrastes para tal desfecho.

5 CONCLUSÃO

Nesta revisão sistemática, não foi possível encontrar evidências de que a hipertrofia musculoesquelética, proveniente do treinamento físico, é refletida pela atividade eletromiográfica EMG. Acredita-se que os diferentes protocolos para coleta dos sinais tenham grande influência no resultado e reforçamos a necessidade de mais estudos acerca do tema.

6 REFERÊNCIAS

1. Arthur C Guyton, Hall, J. E. & Editorial, G. C. *Tratado de fisiologia médica*. (Elsevier, 2017).
2. Haun, C. T. *et al.* A Critical Evaluation of the Biological Construct Skeletal Muscle Hypertrophy: Size Matters but So Does the Measurement. *Front. Physiol.* **10**, (2019).
3. Phillips, S. M. A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. *Sports Med. Auckl. NZ* **44 Suppl 1**, S71-77 (2014).
4. Tesch, P. A., Komi, P. V. & Häkkinen, K. Enzymatic adaptations consequent to long-term strength training. *Int. J. Sports Med.* **8 Suppl 1**, 66–69 (1987).
5. Ghélis, C. & Yon, J. *Protein Folding*. (Academic Press, 1982).
6. Rosenberg, I. H. Summary comments. *Am. J. Clin. Nutr.* **50**, 1231–1233 (1989).
7. Rosenberg, I. H. Sarcopenia: Origins and Clinical Relevance. *Clin. Geriatr. Med.* **27**, 337–339 (2011).
8. Tanimoto, Y. *et al.* Association between sarcopenia and higher-level functional capacity in daily living in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **55**, e9–e13 (2012).
9. Liederman, E. E. *Muscle Building*. (E. Liederman, 1924).
10. Vigarello, G. A INVENÇÃO DA GINÁSTICA NO SÉCULO XIX: MOVIMENTOS NOVOS, CORPOS NOVOS. *Rev. Bras. Ciênc. Esporte* **25**, (2003).
11. Ramos, J. J. *Exercícios Físicos Na História E Na Arte*. (IBRASA, 1983).
12. Prado Filho, K. & Trisotto, S. O corpo problematizado de uma perspectiva histórico-política. *Psicol. Em Estudo* **13**, 115–121 (2008).
13. Coyne, S. *et al.* Making Men of Steel: Superhero Exposure and the Development of Hegemonic Masculinity in Children. *Sex Roles* **86**, 634–647 (2022).

14. Baghurst, T., Hollander, D. B., Nardella, B. & Haff, G. G. Change in sociocultural ideal male physique: An examination of past and present action figures. *Body Image* **3**, 87–91 (2006).
15. Markov, A. *et al.* Acute Effects of Aerobic Exercise on Muscle Strength and Power in Trained Male Individuals: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med. Auckl. Nz* **52**, 1385–1398 (2022).
16. McGlory, C., Devries, M. C. & Phillips, S. M. Skeletal muscle and resistance exercise training; the role of protein synthesis in recovery and remodeling. *J. Appl. Physiol. Bethesda Md 1985* **122**, 541–548 (2017).
17. Schumann, M. *et al.* Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med. Auckl. Nz* **52**, 601–612 (2022).
18. Lixandrão, M. E. *et al.* Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med. Auckl. NZ* **48**, 361–378 (2018).
19. LOPEZ, P. *et al.* Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* **53**, 1206–1216 (2021).
20. Jenkins, N. D. M. *et al.* Neuromuscular Adaptations After 2 and 4 Weeks of 80% Versus 30% 1 Repetition Maximum Resistance Training to Failure. *J. Strength Cond. Res.* **30**, 2174–2185 (2016).
21. Madureira, N. L. A estatística do corpo: antropologia física e antropometria na alvorada do século xx. *Etnográfica Rev. Cent. Em Rede Investig. Em Antropol.* 283–303 (2003) doi:10.4000/etnografica.2899.

22. *Human Variation: From the Laboratory to the Field*. (CRC Press, 2010).
23. *Handbook of Anthropometry: Physical Measures of Human Form in Health and Disease*. (Springer, 2012).
24. Kuriyan, R. Body composition techniques. *Indian J. Med. Res.* **148**, 648–658 (2018).
25. Lopes, L. S. A cultura da medição em Portugal ao longo da história. **7** (2005).
26. Instrumentação Física - Distância e Comprimento - Definições História e Medições - Centro de Tecnologia Acadêmica IF-UFRGS.
https://cta.if.ufrgs.br/projects/instrumentacao-fisica/wiki/Dist%C3%A2ncia_e_Comprimento_-Defini%C3%A7%C3%A7%C3%85es_Hist%C3%B3ria_e_Medi%C3%A7%C3%A7%C3%85es.
27. Macedo, C. C. Q. A influência da frenologia no Instituto Histórico de Paris: raça e história durante a Monarquia de Julho (1830-1848). *Humanidades Em Diálogo* **7**, 127–145 (2016).
28. Monteiro, A. B. & Filho, J. F. Analysis of the body composition: a review of methods. *Rev. Bras. Cineantropometria E Desempenho Hum.* **4**, 80–92 (2002).
29. Michels, G. Historical aspects of kinanthropometry: from ancient times to contemporaneous. *Rev. Bras. Cineantropometria E Desempenho Hum.* **2**, 106–110 (2000).
30. NCSA, N. S. and C. A. *Guia para avaliações do condicionamento físico*. (Editora Manole, 2014).
31. Martin, A. D. & Drinkwater, D. T. Variability in the measures of body fat. Assumptions or technique? *Sports Med. Auckl. NZ* **11**, 277–288 (1991).
32. Campa, F., Toselli, S., Mazzilli, M., Gobbo, L. A. & Coratella, G. Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special

- Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients* **13**, 1620 (2021).
33. Mazić, S. *et al.* Body composition assessment in athletes: a systematic review. *Med. Pregl.* **67**, 255–260 (2014).
34. D.A. Brodie. Techniques of Measurement of Body Composition Part I. <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-198805010-00003>.
35. Medeiros, G. B. de. Pobreza antropométrica no Brasil. <https://repositorio.ufpb.br> (2012).
36. Franca Junior, I. & Novaes, H. M. D. Antropometria como prática social de saúde: uma abordagem histórica. (Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993).
37. Branski, L. K. *et al.* Measurement of body composition in burned children: is there a gold standard? *JPEN J. Parenter. Enteral Nutr.* **34**, 55–63 (2010).
38. Cezar, C. Alguns aspectos básicos para uma proposta de taxionomia no estudo da composição corporal, com pressupostos em cineantropometria. *Rev. Bras. Med. Esporte* **6**, 188–193 (2000).
39. D.A. Brodie. Techniques of Measurement of Body Composition Part II. *Tech. Meas. Body Compos. Part II* **5**, 74–98 (1988).
40. Pich, S. Adolphe Quetelet e a biopolítica como teologia secularizada. *História Ciênc. Saúde-Manguinhos* **20**, 849–864 (2013).
41. Salem, M., Monteiro, A. B. M. C., Filho, J. F. & Neto, C. S. P. A COMPOSIÇÃO CORPORAL ATRAVÉS DA TÉCNICA DA PESAGEM HIDROSTÁTICA. *Rev. Educ. Física J. Phys. Educ.* **72**, (2003).
42. Baptista, R. *et al.* Effects of Concentric Versus Eccentric Strength Training on the Elderly's Knee Extensor Structure and Function. 13.
43. Konrad, P. The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. 61 (2006).

44. Papagiannis, G. I. *et al.* Methodology of surface electromyography in gait analysis: review of the literature. *J. Med. Eng. Technol.* **43**, 59–65 (2019).
45. Chowdhury, R. H. *et al.* Surface electromyography signal processing and classification techniques. *Sensors* **13**, 12431–12466 (2013).
46. Aquino, C. F. de. Eletromiografia: interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação. *Fisioter. Bras.* **6**, 305–310 (2005).
47. Kamen, G. & Gabriel, D. A. *Essentials of electromyography*. (Human Kinetics, 2010).
48. Sabaneeff, A., Caldas, L. D. & Garcia, M. A. C. Proposal of surface electromyography signal acquisition protocols for masseter and temporalis muscles. (2017).
49. Marchetti, P. H. & Duarte, M. Instrumentação em Eletromiografia. **29** (2006).
50. Garfinkel, S. & Cafarelli, E. Relative changes in maximal force, EMG, and muscle cross-sectional area after isometric training. *Med. Sci. Sports Exerc.* **24**, 1220–1227 (1992).
51. Nishikawa, Y. *et al.* The effect of electrical muscle stimulation on quadriceps muscle strength and activation patterns in healthy young adults. *Eur. J. Sport Sci.* **21**, 1414–1422 (2021).
52. von Elm, E. *et al.* The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *PLoS Med.* **4**, e296 (2007).
53. Lira, R. P. C. & Rocha, E. M. PICOT: Imprescriptible items in a clinical research question. *Arq. Bras. Oftalmol.* **82**, 1–1 (2019).
54. Riva, J. J., Malik, K. M. P., Burnie, S. J., Endicott, A. R. & Busse, J. W. What is your research question? An introduction to the PICOT format for clinicians. *J. Can. Chiropr. Assoc.* **56**, 167–171 (2012).

55. Sherrington, C., Moseley, A. M., Herbert, R. D., Elkins, M. R. & Maher, C. G. Ten years of evidence to guide physiotherapy interventions: Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Br. J. Sports Med.* **44**, 836–837 (2010).
56. Jadad, A. R. *et al.* Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? *Control. Clin. Trials* **17**, 1–12 (1996).
57. Carneiro, D., Belo, L. R., Coriolano, M. das G. W. de S., Asano, A. G. C. & Lins, O. G. Qualidade de vida em disfagia na doença de Parkinson: uma revisão sistemática. *Rev. CEFAC* **15**, 1347–1356 (2013).
58. Silva Filho, C. R. da, Saconato, H., Conterno, L. O., Marques, I. & Atallah, Á. N. Avaliação da qualidade de estudos clínicos e seu impacto nas metanálises. *Rev. Saúde Pública* **39**, 865–873 (2005).
59. Whiting, P. *et al.* ROBIS: A new tool to assess risk of bias in systematic reviews was developed. *J. Clin. Epidemiol.* **69**, 225–234 (2016).
60. Bristol, U. of. ROBIS tool. <https://www.bristol.ac.uk/population-health-sciences/projects/robis/robis-tool/>.
61. Herman, J. R. *et al.* Correlation Between Muscle Fiber Cross-Sectional Area And Strength Gain Using Three Different Resistance-Training Programs In College-Aged Women. *J. Strength Cond. Res.* **24**, 1 (2010).
62. Jones, E. J., Bishop, P. A., Woods, A. K. & Green, J. M. Cross-sectional area and muscular strength: a brief review. *Sports Med. Auckl. NZ* **38**, 987–994 (2008).
63. Srikanthan, P., Horwitz, T. B. & Tseng, C. H. Relation of Muscle Mass and Fat Mass to Cardiovascular Disease Mortality. *Am. J. Cardiol.* **117**, 1355–1360 (2016).
64. Burrows, R. *et al.* Low muscle mass is associated with cardiometabolic risk regardless of nutritional status in adolescents: A cross-sectional study in a Chilean birth cohort. *Pediatr. Diabetes* **18**, 895–902 (2017).

65. Son, J. W. *et al.* Low muscle mass and risk of type 2 diabetes in middle-aged and older adults: findings from the KoGES. *Diabetologia* **60**, 865–872 (2017).
66. Fisher, J., Steele, J., Bruce-Low, S. & Smith, D. Evidence based resistance training recommendations. *Med. Sport.* **15**, 147–162 (2011).
67. Fisher, J., Steele, J. & Smith, D. EVIDENCE-BASED RESISTANCE TRAINING RECOMMENDATIONS FOR MUSCULAR HYPERTROPHY. *Med. Sport.* (2013).
68. Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J. & Sabol, F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *J. Sport Health Sci.* **11**, 202–211 (2022).
69. Stokes, T. *et al.* Methodological considerations for and validation of the ultrasonographic determination of human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. *Physiol. Rep.* **9**, e14683 (2021).
70. Franchi, M. V. *et al.* Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in the assessment of strength training-induced hypertrophy. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **28**, 846–853 (2018).
71. Vigotsky, A. D. *et al.* Greater electromyographic responses do not imply greater motor unit recruitment and ‘hypertrophic potential’ cannot be inferred. *J. Strength Cond. Res.* **31**, e1–e4 (2017).
72. Merletti, R. & Parker, P. A. Electromyography: Physiology, Engineering, and Non-Invasive Applications. *Wiley.com* <https://www.wiley.com/en-us/Electromyography%3A+Physiology%2C+Engineering%2C+and+Non+Invasive+Applications+-p-9780471675808>.
73. Enoka, R. M. & Duchateau, J. Inappropriate interpretation of surface EMG signals and muscle fiber characteristics impedes understanding of the control of neuromuscular function. *J. Appl. Physiol. Bethesda Md 1985* **119**, 1516–1518 (2015).

74. Santtila, M., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. Changes in maximal and explosive strength, electromyography, and muscle thickness of lower and upper extremities induced by combined strength and endurance training in soldiers. *J. Strength Cond. Res.* **23**, 1300–1308 (2009).
75. Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *J. Strength Cond. Res.* **19**, 572–582 (2005).
76. Walker, S., Serrano, J. & Van Roie, E. Maximum Dynamic Lower-Limb Strength Was Maintained During 24-Week Reduced Training Frequency in Previously Sedentary Older Women. *J. Strength Cond. Res.* **32**, 1063–1071 (2018).
77. Cannon, J., Kay, D., Tarpenning, K. M. & Marino, F. E. Comparative effects of resistance training on peak isometric torque, muscle hypertrophy, voluntary activation and surface EMG between young and elderly women. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* **27**, 91–100 (2007).
78. Garfinkel, S. & Cafarelli, E. Relative changes in maximal force, EMG, and muscle cross-sectional area after isometric training. *Med. Sci. Sports Exerc.* **24**, 1220–1227 (1992).
79. Santtila, M., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. Changes in maximal and explosive strength, electromyography, and muscle thickness of lower and upper extremities induced by combined strength and endurance training in soldiers. *J. Strength Cond. Res.* **23**, 1300–1308 (2009).
80. Walker, S., Serrano, J. & Van Roie, E. Maximum Dynamic Lower-Limb Strength Was Maintained During 24-Week Reduced Training Frequency in Previously Sedentary Older Women. *J. Strength Cond. Res.* **32**, 1063–1071 (2018).

81. Wang, M. *et al.* Trajectories of Body Mass Index from Young Adulthood to Middle Age among Canadian Men and Women. *Adv. Epidemiol.* **2015**, 1–11 (2015).
82. Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J. & Häkkinen, K. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *J. Strength Cond. Res.* **19**, 572–582 (2005).
83. Roman-Liu, D., Tokarski, T. & Wójcik, K. Quantitative assessment of upper limb muscle fatigue depending on the conditions of repetitive task load. *J. Electromyogr. Kinesiol. Off. J. Int. Soc. Electrophysiol. Kinesiol.* **14**, 671–682 (2004).
84. Boissy, P., Pigeon, P., Arsenault, A. B., Gravel, D. & Bourbonnais, D. EMG power spectrum shifts of biceps brachii when acting as an antagonist. in *Proceedings of 17th International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society* vol. 2 1339–1340 vol.2 (1995).
85. Bilodeau, M., Goulet, C., Nadeau, S., Arsenault, A. B. & Gravel, D. Comparison of the EMG power spectrum of the human soleus and gastrocnemius muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.* **68**, 395–401 (1994).
86. Jurell, K. C. Surface EMG and fatigue. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* **9**, 933–947, viii–ix (1998).
87. Krogh-Lund, C. & Jørgensen, K. Myo-electric fatigue manifestations revisited: power spectrum, conduction velocity, and amplitude of human elbow flexor muscles during isolated and repetitive endurance contractions at 30% maximal voluntary contraction. *Eur. J. Appl. Physiol.* **66**, 161–173 (1993).
88. Gerdle, B., Karlsson, S., Crenshaw, A. G., Elert, J. & Fridén, J. The influences of muscle fibre proportions and areas upon EMG during maximal dynamic knee extensions. *Eur. J. Appl. Physiol.* **81**, 2–10 (2000).

89. Larsson, B., Kadi, F., Lindvall, B. & Gerdle, B. Surface electromyography and peak torque of repetitive maximum isokinetic plantar flexions in relation to aspects of muscle morphology. *J. Electromyogr. Kinesiol. Off. J. Int. Soc. Electrophysiol. Kinesiol.* **16**, 281–290 (2006).