



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

André Luiz Conveniente Soares

**Qualidade da medida de espessura muscular do quadríceps
femoral obtida pela ultrassonografia: revisões sistemáticas e
metanálise**

Rio de Janeiro

2022

André Luiz Conveniente Soares

**Qualidade da medida de espessura muscular do quadríceps femoral obtida
pela ultrassonografia: revisões sistemáticas e metanálise**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Chagas Gomes

Rio de Janeiro

2022

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

S676 Soares, André Luiz Conveniente.
Qualidade da medida de espessura muscular do
quadríceps femoral obtida pela ultrassonografia: revisões
sistemáticas e metanálise / André Luiz Conveniente Soares.
– 2022.
72 f : il.

Orientador: Paulo Sérgio Chagas Gomes.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio
de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Ultrassonografia - Teses. 2. Musculo quadríceps –
Teses. 3. Hipertrofia - Teses. 4. Treinamento de força–
Teses. I. Gomes, Paulo Sérgio Chagas. II. Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e
Desportos. III. Título.

CDU 796.015

Bibliotecária: Mirna Lindenbaum CRB7 4916

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

André Luiz Conveniente Soares

**Qualidade da medida de espessura muscular do quadríceps femoral obtida
pela ultrassonografia: revisões sistemáticas e metanálise**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 06 de julho de 2022.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Paulo Sergio Chagas Gomes (Orientador)
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ



Prof. Dr. Roberto Mogami
Faculdade de Ciências Médicas - UERJ



Prof^a. Dr^a. Cláudia de Mello Meirelles
Setor de Pesquisa e Extensão - EsEFEx

Rio de Janeiro

2022

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mãe que me apoiou e incentivou minhas escolhas de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Paulo Sergio Chagas Gomes, que acreditou em meu potencial, contribuiu para minha formação acadêmica e desenvolvimento pessoal.

A banca examinadora, Dra. Cláudia de Mello Meirelles e Dr. Roberto Mogami, pelas contribuições no documento.

Ao Dr. Ramon Franco Carvalho que contribuiu para o desenvolvimento desse trabalho.

A todos os colaboradores do laboratório Crossbridges pela confiança, apoio e críticas construtivas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por investir na minha formação (processo: 88887.603070/2021-00).

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte que contribuíram com meus estudos.

A minha companheira, Catarina Vieira Branco de Matos, que esteve ao meu lado durante os bons e maus momentos.

RESUMO

SOARES, André Luiz Conveniente. *Qualidade da medida de espessura muscular do quadríceps femoral obtida pela ultrassonografia: revisões sistemáticas e metanálise*. 2022. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

A ultrassonografia vem sendo utilizada para determinar a espessura muscular em estudos de treinamento contrarresistência. Sua simplicidade operacional, baixo custo quando comparado a outros métodos e sua facilidade de avaliação de imagens a torna muito atraente nos ambientes de laboratório, clínicas e clubes desportivos. Entretanto, é necessário determinar a qualidade da medida para que o efeito de uma intervenção possa ser atribuído principalmente ao tratamento e menos ao erro da medida. Dessa forma, a presente dissertação foi dividida em dois estudos de revisão complementares. O estudo 1 teve como objetivo determinar a validade, confiabilidade e erro da medida da espessura muscular do quadríceps femoral obtida pela ultrassonografia em adultos saudáveis. Foi realizada uma busca nas bases de dados Pubmed, Web of Science e Scopus até abril de 2022. O risco de viés foi determinado usando a ferramenta COSMIN. Vinte e sete estudos foram elegíveis para revisão. A espessura muscular do quadríceps femoral obtida pela ultrassonografia foi válida, confiável e possuiu baixos erros de medida em adultos saudáveis. A média ponderada do erro relativo foi de 6,5%. O estudo 2 teve como objetivo determinar a magnitude e o tempo de intervenção do treinamento contrarresistência necessários para gerar adaptações na espessura muscular do quadríceps obtida pela ultrassonografia em adultos saudáveis. Foi realizada uma busca nas bases de dados Pubmed, Web of Science e Scopus até março de 2022. A qualidade metodológica dos estudos foi determinada com a escala TESTEX e o risco de viés foi determinado usando a ferramenta RoB 2.0 da Cochrane. Para a metanálise foi utilizado o inverso da variância com modelo de efeito fixo, relatado pela diferença média padronizada (DMP) com intervalo de confiança de 95%. Dez estudos foram elegíveis para metanálise. A análise geral dos estudos demonstrou uma DMP = 0,35 [IC 95%: 0,13 - 0,56] (P = 0,002), com baixa heterogeneidade de $I^2 = 0\%$ (P = 0,52). Nenhum viés de publicação foi detectado usando o gráfico de funil seguido pelo teste de Egger (P = 0,06). O grau de certeza da metanálise foi alto de acordo com a ferramenta GRADE. O treinamento contrarresistência gerou um aumento médio significativo de 16,6% na espessura muscular do quadríceps femoral obtida pela ultrassonografia em adultos saudáveis. Entretanto, só foi observado tamanho de efeito significativo após 8 semanas de intervenção. Protocolos com intensidades de 70 a 80% de 1RM, com intervalos de 60 a 90 segundos entre as séries e realizados de 2 a 3 vezes por semana obtiveram melhores resultados na variável desfecho. A partir dos estudos 1 e 2, conclui-se que a magnitude do erro relativo da espessura muscular de 6,5%, encontrado no estudo 1, foi menor do que a magnitude do efeito do treinamento contrarresistência na espessura muscular de 16,6%, encontrada no estudo 2. Dessa forma, a ultrassonografia pode ser utilizada para monitorar as modificações na espessura muscular do quadríceps femoral de adultos saudáveis derivadas do treinamento contrarresistência.

Palavras-chave: Hipertrofia. Treinamento de força. Ultrassom.

ABSTRACT

SOARES, André Luiz Conveniente. *Quality of quadriceps femoris muscle thickness measurement obtained by ultrasonography: systematic reviews and meta-analysis*. 2022. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Ultrasonography has been used to determine muscle thickness in studies of resistance training. Its operational simplicity, low cost when compared to other methods, and its ease of image evaluation make it very attractive in laboratory environments, clinics, and sports clubs. However, it is necessary to determine the quality of the measure so that the effect of an intervention can be attributed primarily to treatment and less to measurement error. Thus, the present dissertation was divided into two complementary review studies. Study 1 aimed to determine the validity, reliability and measurement error of quadriceps femoris muscle thickness obtained by ultrasonography in healthy adults. A search was performed in Pubmed, Web of Science, and Scopus databases until April 2022. Risk of bias was determined using the COSMIN tool. Twenty-seven studies were eligible for review. The muscle thickness of the quadriceps femoris obtained by ultrasound was valid, reliable, and had low measurement errors in healthy adults. The weighted mean of the relative error was 6.5%. Study 2 aimed to determine the magnitude and time of intervention of resistance training necessary to generate adaptations in quadriceps muscle thickness obtained by ultrasonography in healthy adults. A search was performed in Pubmed, Web of Science and Scopus databases until March 2022. The methodological quality of the studies was determined using the TESTEX scale and the risk of bias was determined using the Cochrane's RoB 2.0 tool. For the meta-analysis, the inverse of the variance with a fixed effect model was used, reported by the standardized mean difference (SMD) with a confidence interval of 95%. Ten studies were eligible for meta-analysis. The overall analysis of the studies showed a SMD = 0.35 [95% CI: 0.13 - 0.56] (P = 0.002), with low heterogeneity of $I^2 = 0\%$ (P = 0.52). No publication bias was detected using the funnel plot followed by the Egger test (P = 0.06). The degree of certainty of the meta-analysis was high according to the GRADE tool. Resistance training generated a significant mean increase of 16.6% in quadriceps femoris muscle thickness obtained by ultrasound in healthy adults. However, a significant effect size was only observed after 8 weeks of intervention. Protocols with intensities of 70 to 80% of 1RM, with intervals of 60 to 90 seconds between sets and performed 2 to 3 times a week obtained better results in the outcome variable. From studies 1 and 2, it is concluded that the magnitude of the relative error of muscle thickness of 6.5%, found in study 1, was smaller than the magnitude of the effect of resistance training on muscle thickness of 16.6%, found in study 2. Thus, ultrasonography can be used to monitor changes in quadriceps femoris muscle thickness in healthy adults resulting from resistance training.

Keywords: Hypertrophy. Strength training. Ultrasound.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Fluxograma da seleção dos estudos | 21 |
| Figura 2 – Fluxograma da seleção dos estudos | 37 |
| Figura 3 – Análise do risco de viés pela ferramenta RoB 2.0 | 45 |
| Figura 4 – <i>Forest Plot</i> comparando a espessura muscular entre o treinamento contrarresistência (RT) e controle (CON) | 46 |
| Figura 5 – <i>Forest Plot</i> com a análise de subgrupo por tempo de duração das intervenções | 47 |
| Figura 6 – Análise do viés de publicação pelo <i>Funnel Plot</i> | 48 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Visão geral dos estudos elegíveis | 23 |
| Tabela 2 – Análise do risco de viés pela ferramenta COSMIN..... | 26 |
| Tabela 3 – Visão geral dos estudos elegíveis | 40 |
| Tabela 4 – Resultados detalhados da avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos utilizando a escala TESTEX..... | 44 |
| Tabela 5 – Análise do nível de evidência da metanálise pela escala GRADE .. | 48 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|---|
| COSMIN | Consensus-based standards for the selection of health measurement instruments |
| CCI | Coeficiente de correlação intraclasse |
| CV | Coeficiente de variação |
| EM | Espessura muscular |
| EPM | Erro padrão da medida |
| ETM | Erro típico da medida |
| DMP | Diferença média padronizada |
| GRADE | Grading Recommendation Assessment, Development and Evaluation |
| MP | Média ponderada |
| PICOS | População, intervenção, comparação, desfecho e delineamento do estudo |
| PRISMA | Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses |
| PROSPERO | International Prospective Register of Systematic Reviews |
| RM | Repetição máxima |
| TESTEX | Tool for the Assessment of Study Quality and Reporting in Exercise |
| US | Ultrassonografia |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1 | ESTUDO 1 | 17 |
| 1.1 | Problematização | 17 |
| 1.2 | Objetivo | 18 |
| 1.3 | Método | 18 |
| 1.3.1 | <u>Registro da Pesquisa</u> | 18 |
| 1.3.2 | <u>Critérios de elegibilidade</u> | 18 |
| 1.3.3 | <u>Estratégia de busca</u> | 18 |
| 1.3.4 | <u>Processo de seleção</u> | 19 |
| 1.3.5 | <u>Risco de viés</u> | 19 |
| 1.3.6 | <u>Extração dos dados</u> | 19 |
| 1.3.7 | <u>Análise dos dados</u> | 20 |
| 1.4 | Resultados | 20 |
| 1.4.1 | <u>Seleção dos estudos</u> | 20 |
| 1.4.2 | <u>Características dos estudos</u> | 21 |
| 1.4.3 | <u>Risco de viés dos estudos incluídos</u> | 22 |
| 1.4.4 | <u>Resultado da média ponderada</u> | 22 |
| 1.5 | Discussão | 28 |
| 1.6 | Conclusão | 30 |
| 2 | ESTUDO 2 | 31 |
| 2.1 | problematização | 31 |
| 2.2 | Objetivo | 32 |
| 2.3 | Método | 32 |
| 2.3.1 | <u>Registro da Pesquisa</u> | 32 |
| 2.3.2 | <u>Critérios de elegibilidade</u> | 32 |
| 2.3.3 | <u>Estratégia de busca</u> | 33 |
| 2.3.4 | <u>Processo de seleção</u> | 33 |
| 2.3.5 | <u>Qualidade metodológica</u> | 33 |
| 2.3.6 | <u>Risco de viés</u> | 34 |
| 2.3.7 | <u>Extração dos dados</u> | 34 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.3.8 | <u>Análise dos dados</u> | 35 |
| 2.3.9 | <u>Nível de evidência da metanálise</u> | 35 |
| 2.4 | Resultados | 36 |
| 2.4.1 | <u>Seleção dos estudos</u> | 36 |
| 2.4.2 | <u>Características dos estudos</u> | 37 |
| 2.4.3 | <u>Qualidade metodológica dos estudos incluídos</u> | 38 |
| 2.4.4 | <u>Risco de viés dos estudos incluídos</u> | 38 |
| 2.4.5 | <u>Resultados da metanálise</u> | 38 |
| 2.4.6 | <u>Resultados do viés de publicação</u> | 39 |
| 2.4.7 | <u>Resultado da média ponderada</u> | 39 |
| 2.4.8 | <u>Resultado do nível de evidência da metanálise</u> | 39 |
| 2.5 | Discussão | 49 |
| 2.6 | Conclusão | 51 |
| | CONCLUSÃO GERAL | 52 |
| | REFERÊNCIAS | 53 |
| | APÊNDICE A – Equação de busca do estudo 1 | 63 |
| | APÊNDICE B – Critérios e classificação da COSMIN..... | 64 |
| | APÊNDICE C – Valores para o cálculo da média ponderada do erro relativo | 65 |
| | APÊNDICE D – Equação de busca do estudo 2 | 66 |
| | APÊNDICE E – Critérios e condições de pontuação da TESTEX..... | 67 |
| | APÊNDICE F – Domínios a serem atendidos da RoB 2.0..... | 69 |
| | APÊNDICE G – Valores para o cálculo da média ponderada do aumento médio (%) | 70 |

INTRODUÇÃO

A espessura muscular (EM) é comumente descrita como a distância longitudinal entre as aponeuroses profunda e superficial de um músculo (SOARES; NOGUEIRA; GOMES, 2021; ARRUDA et al. 2022). As medidas de EM obtidas através da ultrassonografia (US) têm se mostrado uma alternativa mais barata e de fácil operacionalização quando comparada a outros métodos de determinação da hipertrofia muscular (EMA et al., 2013a; FRANCHI et al., 2018a).

Medidas de EM realizadas com a US no modo B foram validadas a partir de medidas diretas de cadáveres (BÉNARD et al., 2009; KELLIS et al., 2009), ressonância magnética (JUUL-KRISTENSEN et al., 2000; MECHELLI et al., 2019a) e tomografia computadorizada (DUPONT et al., 2001) em diferentes grupamentos musculares. Mechelli et al. (2019) observaram uma correlação de 0,99 entre a US e a ressonância magnética tanto para a EM do reto femoral quanto para a EM do vasto intermédio em adultos saudáveis.

Na década de 1990, foi introduzido o método ultrassonográfico conhecido como panorâmico, adaptado do inglês *extended field of view* (WENG et al., 1997). A US panorâmica consiste na renderização de imagens estáticas capturadas através de um *software* dedicado enquanto o transdutor é movido sobre a pele (ELLIOTT, 2006). Para uma imagem final de qualidade o transdutor é conduzido lentamente sobre a pele de maneira uniforme, contínua e realizando uma pressão mínima (AHTIAINEN et al., 2010). A continuidade da imagem permite a visualização de uma parte maior do músculo ou grupamento muscular de interesse, sendo assim um recurso adicional à US tradicional (FRANCHI et al., 2018b; NOORKOIV; NOSAKA; BLAZEVICH, 2010; PIMENTA; BLAZEVICH; FREITAS, 2018; SCOTT et al., 2017).

A vantagem da US panorâmica é a possibilidade de em uma única imagem ser possível avaliar as porções proximal, medial e distal do músculo de interesse (ARRUDA et al., 2022; ORANCHUK et al., 2020; SOARES; NOGUEIRA; GOMES, 2021). A medida panorâmica permite observar adaptações setoriais na arquitetura muscular, como hipertrofia seletiva, decorrente de programas de treinamento contrarresistência, sem a necessidade de realizar mais de uma imagem, como feito em estudos anteriores (EARP et al., 2015; EMA et al., 2013a; MANGINE et al., 2018; MATTA et al., 2017; TRINDADE et al., 2019). Entretanto, não se pode supor que o erro da medida seja semelhante em diferentes porções do mesmo músculo

(HODSON-TOLE; LAI, 2019). Arruda et al. (2022) mostraram um erro relativo variando de 0,71 a 2,32% para a EM da porção distal do músculo vasto lateral. Estes valores foram significativamente diferentes ($p = 0,000$) quando comparados aos valores da porção proximal (0,47 a 1,24%) e medial (0,63 a 1,10%) do músculo avaliado. Desta forma, é necessário verificar o erro da medida em diferentes porções do músculo em estudos de treinamento que observam hipertrofia seletiva.

A hipertrofia muscular induzida pelo treinamento contrarresistência é um processo gradual, que ocorre ao longo dos meses de treinamento (NARICI et al., 1996). Aumentos significativos no tamanho do músculo puderam ser observados, em um nível macroscópico, após 3 semanas de treinamento contrarresistência (SEYNNES; DE BOER; NARICI, 2007). Intensidades variando entre 60 a 90% de uma repetição máxima (RM) (RHEA et al., 2003) ou 20 a 50% de 1RM quando associado à restrição de fluxo sanguíneo (LIXANDRÃO et al., 2018) são recomendadas para ganhos de força e hipertrofia muscular.

Não só a intensidade, mas outras variáveis do treinamento influenciam nos ganhos de força e hipertrofia muscular. Dentre elas destacam-se o volume (PAULSEN; MYKLESTAD; RAASTAD, 2003; RHEA et al., 2002; SCHOENFELD et al., 2019), a frequência semanal (ARAZI et al., 2021; CANDOW; BURKE, 2007; YUE et al., 2018), o intervalo entre as séries (FINK; KIKUCHI; NAKAZATO, 2018; PIIRAINEN et al., 2011; VILLANUEVA; LANE; SCHROEDER, 2015), entre outras.

Tipicamente, o volume do treinamento contrarresistência é obtido pelo produto do número de séries, repetições e carga para o mesmo grupamento muscular (SCHOENFELD et al., 2017). Para indivíduos iniciantes recomenda-se realizar de 5 a 9 séries semanais por grupamento muscular. Já indivíduos treinados podem se beneficiar tanto de volume moderado (5 a 9 séries por semana), quanto em alto volume (10 ou mais séries por semana) (RALSTON et al., 2017).

A frequência semanal refere-se ao número de sessões de treino realizados em uma semana para um determinado grupamento muscular (SCHOENFELD et al., 2016). O *American College of Sports Medicine* recomenda uma frequência de duas a três vezes por semana por grupamento muscular (ACSM, 2018). Entretanto, estudos apontam que não há diferença no número de sessões de treino por semana nos ganhos de força e hipertrofia muscular quando o volume e intensidade semanal são equalizados (CANDOW; BURKE, 2007; COLQUHOUN et al., 2018; YUE et al., 2018).

O intervalo entre as séries é o tempo destinado ao descanso e recuperação muscular, propiciando a regeneração de ligamentos de fosfato de alta energia (GRGIC et al., 2017). Intervalos mais longos (3 min) parecem ser melhores que intervalos menores (1 min) para ganhos de força e hipertrofia muscular em adultos treinados (SCHOENFELD et al., 2016). Entretanto, outros estudos mostram que intervalos menores podem promover os mesmos ganhos que intervalos longos, provavelmente devido ao aumento do recrutamento de unidades motoras e estresse metabólico intramuscular (AHTIAINEN et al., 2005; VILLANUEVA; LANE; SCHROEDER, 2015).

Além da inter-relação das diversas variáveis supra mencionadas, há outras variáveis que podem interferir nos ganhos de força e hipertrofia, tais como ordem dos exercícios (AVELAR et al., 2019; BRANDÃO et al., 2020), velocidade de execução do movimento (HACKETT et al., 2018; PEREIRA; GOMES, 2003), exercícios mono ou multiarticulares (DE FRANÇA et al., 2015; STIEN et al., 2020), tipo de contração muscular (GUILHEM et al., 2013; MAEO et al., 2018), entre outros.

Kawakami (2005) introduziu um modelo teórico de modificações na arquitetura das fibras musculares como resultado da hipertrofia em músculos penados. O modelo demonstrou que a EM pode ser um indicador direto de hipertrofia muscular resultante do treinamento de força. O estudo de Ema et al. (2013) confirma a adaptação do modelo citado nos músculos que compõe o quadríceps femoral em indivíduos jovens medidos pela US. Neste estudo, foi realizado um treinamento de extensão de joelho por 12 semanas, com sessões de treino de 3 vezes por semana, sendo 5 séries de 8 repetições, com intensidade de 80% de 1RM e 90 segundos de intervalo entre as séries. A pesquisa evidenciou incrementos médios estatisticamente significativos ($p < 0,05$) de 8,4 a 21,5% na EM dos músculos treinados.

Um estudo semelhante ao anterior foi realizado por Trindade et al. (2019), no qual foram registrados aumentos significativos ($p < 0,05$) na EM obtidos pela US de 25 a 30%. O estudo observou os músculos reto femoral, vasto lateral e vasto intermédio em um programa de treinamento no *Leg Press* por 9 semanas, em adultos saudáveis. O treino foi realizado 2 vezes por semana, com 4 séries a 75% de 1RM, até a fadiga muscular concêntrica e com 60 segundos de intervalo entre as séries. Entretanto, não fica claro na literatura o incremento médio que o treinamento contrarresistência promove na EM do quadríceps femoral obtido pela US, visto que

há uma variabilidade na magnitude dos resultados entre os estudos (EMA et al., 2013a; TRINDADE et al., 2019).

É necessário determinar a magnitude do aumento da EM do quadríceps femoral obtida pela US decorrente do treinamento contrarresistência. Ao mesmo tempo, é importante observar se a medida da EM obtida pela US é válida, confiável e possui baixo erro de medida. Dessa forma, haveria uma melhor possibilidade de inferir se os aumentos da EM obtida pela US são de fato em função do tratamento ou provenientes do erro da medida.

Para atingir os objetivos propostos e permitir uma interpretação e inferência mais adequada dos resultados dos estudos de treinamento, foram realizadas duas revisões sistemáticas que se complementam. A primeira revisão objetiva determinar a qualidade da medida, verificando a validade, confiabilidade e erro da medida dos métodos ultrassonográficos utilizados para mensurar a EM dos músculos que compõe o quadríceps femoral. A segunda revisão objetiva determinar a magnitude do aumento da EM obtida pela US derivada do treinamento contrarresistência nestes músculos.

1 ESTUDO 1

Validade, confiabilidade e erro da medida da espessura muscular do quadríceps femoral obtida pela ultrassonografia em adultos saudáveis: uma revisão sistemática.

1.1 Problematização

A US utiliza ondas com frequências variáveis que penetram no corpo, enquanto percorrem tecidos com diferentes impedâncias acústicas e refletem ecos de volta ao transdutor, onde são convertidos em sinais elétricos (O'BRIEN, 2007). O ângulo e a pressão do transdutor sobre a pele são fatores de interferência na medida, pois o posicionamento incorreto deste pode fazer com que os ecos refletidos não sejam detectados (LARIVIÈRE et al., 2013a, 2013b).

Outro aspecto importante, do ponto de vista anatômico, é a necessidade de um cuidado maior no posicionamento do transdutor a partir de uma descrição metodológica mais detalhada (BLAZEVIČ; GILL; ZHOU, 2006; ISHIDA et al., 2018), permitindo que os registros com a US sejam replicados em situações em que haja a necessidade de realizar medidas repetidas (ARRUDA et al., 2022; CLEARY et al., 2022). Esta necessidade é importante em estudos experimentais com algum tipo de tratamento, como treinamento contrarresistência, onde muitas vezes são observadas pequenas modificações (CORATELLA et al., 2021; STOCK et al., 2016).

A US é uma técnica comumente usada para mensurar as variáveis da arquitetura muscular, como a EM do quadríceps femoral (EMA et al., 2013a; TRINDADE et al., 2019). Sua simplicidade operacional, baixo custo quando comparado com a ressonância magnética e a tomografia computadorizada e sua facilidade de avaliação de imagens com *software* livre disponível, a torna muito atraente nos ambientes de laboratório de pesquisa, clínicas de reabilitação e clubes desportivos. Logo, torna-se necessário verificar na literatura métodos ultrassonográficos válidos, confiáveis e capazes de monitorar a EM do quadríceps femoral. Também é necessário verificar a magnitude do erro de medida de modo a poder inferir se as possíveis modificações observadas são derivadas do tratamento ou provenientes do erro da medida.

1.2 Objetivo

O objetivo do estudo foi determinar a validade, confiabilidade e a magnitude do erro da medida da EM dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio obtida pela US, em adultos saudáveis.

1.3 Método

1.3.1 Registro da Pesquisa

Esta revisão sistemática com metanálise seguiu as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Statement* (PAGE et al., 2021) e foi registrado no *International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO)* sob a identificação CRD42020205566 (SOARES; CARVALHO; GOMES, 2020).

1.3.2 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos estudos de US que realizaram teste de validade comparando as medidas de EM em cadáver ou *in vivo* através da ressonância magnética ou tomografia computadorizada. Também foram incluídos estudos que testaram a confiabilidade relativa e/ou erro da medida intra e/ou interavaliador da EM para adultos saudáveis de 18 a 65 anos. Os músculos aqui observados foram: reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio. Foram revisados estudos nos idiomas inglês e português. Foram excluídos resumos publicados em anais de congressos, dissertações, teses, medidas ou análises inadequadas, estudos de revisão da literatura e relatórios de pesquisa.

1.3.3 Estratégia de busca

Foram realizadas buscas nas bases de dados Pubmed, Web of Science e Scopus até abril de 2022. Houve a combinação dos seguintes termos: *validity, reliability, measurement error, error of measurement, coefficient of variation, thickness, quadriceps femoris, rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis* e

vastus intermedius. Os termos foram combinados utilizando os operadores booleanos “AND” entre os descritores e “OR” entre as análises e músculos. A equação de busca foi ajustada para a especificidade de cada base de dados, como consta em apêndice (APÊNDICE A, f. 63). Também foi realizada uma busca manual nas referências de estudos publicados anteriormente com temas semelhantes.

1.3.4 Processos de seleção

Após remover as duplicatas, houve o processo de triagem, onde o título e resumo dos estudos foram lidos por dois pesquisadores de forma independente. Em casos de diferenças, houve uma discussão entre os avaliadores para manter ou não o artigo na revisão. Quando ocorreu discordância, um terceiro pesquisador tomou a decisão final. Posteriormente, os artigos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra pelos mesmos pesquisadores para selecionar os estudos que atendiam aos critérios de elegibilidade especificados no item 1.3.2. Novamente, em casos de discordâncias, um terceiro pesquisador avaliou os estudos e determinou sua permanência ou exclusão da revisão.

1.3.5 Risco de viés

Dois pesquisadores realizaram a análise do risco de viés de forma independente. Quando houve discordância, os pesquisadores discutiram sobre a diferença. Em casos onde não houve consenso, um terceiro pesquisador tomou a decisão final.

O risco de viés dos estudos de validade, confiabilidade e erro da medida foi analisado de acordo com a adaptação das diretrizes do *Consensus-Based Standards for the Selection of Health Measurement Instruments* (COSMIN) (MOKKINK et al., 2020). Foram avaliados sete critérios, classificando-os em cinco estados discriminatórios diferentes. Os critérios e a classificação para cada item estão descritos em apêndice (APÊNDICE B, f. 64).

1.3.6 Extração de dados

Um pesquisador realizou a extração dos dados dos estudos que, posteriormente, foram conferidos pelo segundo pesquisador. Os seguintes dados foram extraídos: n amostral, sexo e idade dos participantes, teste de validade (cadáver, ressonância magnética e/ou tomografia computadorizada) e/ou tipo de confiabilidade e/ou erro da medida (intra e/ou interavaliador), músculo-alvo (reto femoral, vasto lateral, vasto medial e/ou vasto intermédio) e índices estatísticos, tais como coeficiente de correlação intraclassa (CCI), erro típico da medida (ETM), erro padrão da medida (EPM) e coeficiente de variação (CV).

1.3.7. Análise dos dados

Foi realizada a média ponderada (MP) do índice estatístico que representasse o erro relativo (ETM%, EPM% ou CV%), levando em consideração o n amostral, de acordo com a equação abaixo. Quando o resultado foi apresentado através de faixas de amplitude com o menor e maior valor de erro, foi considerado o maior valor de erro reportado.

$$MP = \frac{\sum(ER \times n)}{\sum n}$$

Onde:

MP = média ponderada

Σ = somatório

ER = erro relativo

n = número de sujeitos

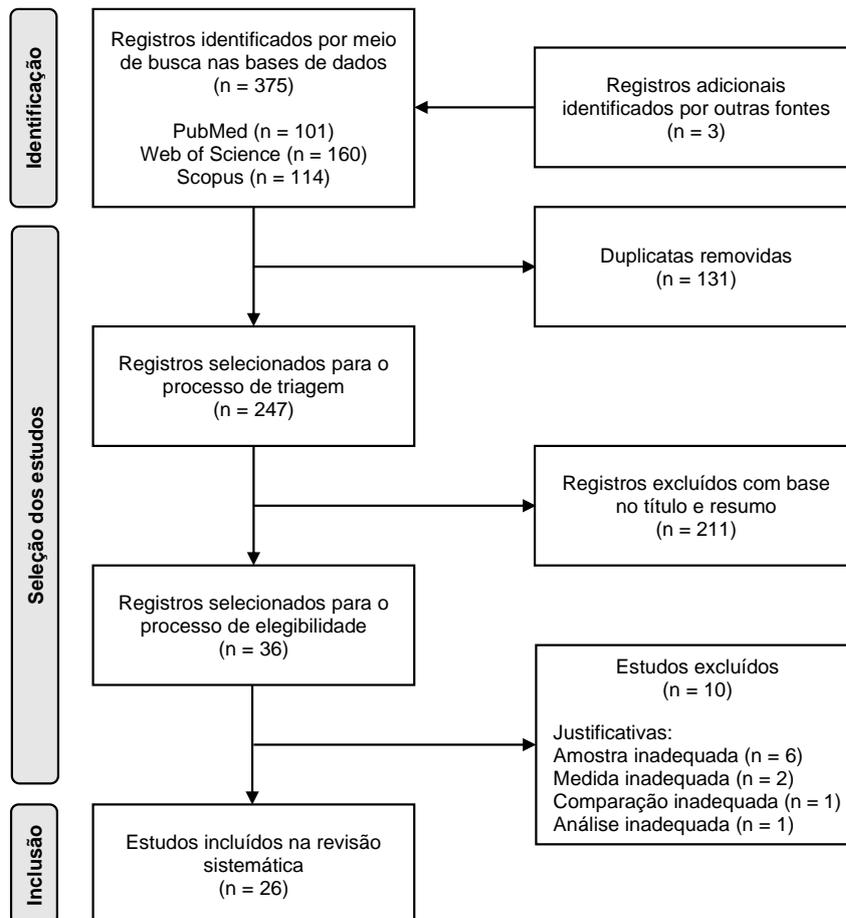
2.4 Resultados

2.4.1 Seleção dos estudos

A busca identificou 375 registros, sendo 101 na base de dados PubMed, 160 na Web of Science e 114 na Scopus. Foram adicionados 3 registros de outras fontes. Foram removidas 131 duplicatas e 247 registros foram selecionados para o processo de triagem. Após a leitura do título e resumo, 211 registros foram excluídos

e 36 artigos foram selecionados para o processo de elegibilidade. Posteriormente, foi realizada a leitura do texto na íntegra e 10 estudos foram excluídos por diferentes razões. Foram excluídos 6 estudos que apresentaram amostras inadequadas, 2 estudos que não mediram a EM, 1 estudo que não realizou a análise adequada e 1 um estudo que não informou o tipo de comparação. O resumo da seleção dos estudos está apresentado na figura 1 em forma de fluxograma.

Figura 1 – Fluxograma da seleção dos estudos



1.4.2 Características dos estudos

Dos 26 estudos incluídos, 4 eram de validade (BETZ et al., 2021; MECHELLI et al., 2019; NIJHOLT et al., 2020; WORSLEY et al., 2014), 4 eram apenas de confiabilidade (BAROTSI et al., 2020; CARESIO et al., 2017; CHIARAMONTE et al., 2019; TAKAHASHI et al., 2021) e 18 eram de confiabilidade e erro da medida (ARRUDA et al., 2022; CARR et al., 2021; CLEARY et al., 2022; DUDLEY-JAVOROSKI et al., 2010; EMA et al., 2013b; FRANCHI et al., 2018a; GOMES et al.,

2010; HAGOORT et al., 2022; ISHIDA et al., 2018; JACOB et al., 2021; LANFERDINI et al., 2021; LIMA; OLIVEIRA, 2013; MAIRET; MAÏSETTI; PORTERO, 2006; MECHELLI et al., 2019b; ORANCHUK et al., 2020; RUAS et al., 2017; SANTOS; SILVA, 2017; SOARES; NOGUEIRA; GOMES, 2021). Foram identificados 490 sujeitos, sendo 311 homens, 164 mulheres e 15 não originalmente identificados. Os participantes eram em sua maioria jovens adultos e a média de idade variou entre 18 a 49 anos. As características dos estudos incluídos estão resumidas na tabela 1.

1.4.3 Risco de viés dos estudos incluídos

A análise do risco de viés realizada através da ferramenta COSMIN mostrou que 4 estudos foram classificados como “muito bom” nos 7 critérios (ARRUDA et al., 2022; MECHELLI et al., 2019a; NIJHOLT et al., 2020; WORSLEY et al., 2014) e 3 com pelo menos 1 critério “inadequado” (BAROTSIS et al., 2020; CARR et al., 2021). A tabela 2 apresenta de forma detalhada a classificação dos estudos para cada um dos sete critérios.

1.4.4 Resultado da média ponderada

Para o cálculo da MP foram considerados os 16 valores de erro relativo da EM de diferentes músculos do quadríceps femoral obtidos de 12 dos 27 estudos incluídos. A partir do erro relativo, ponderado pelo n amostral, a MP foi de 6,5%. Os valores para o cálculo da MP do erro relativo estão em apêndice (APÊNDICE C, f. 65).

Tabela 1 – Visão geral dos estudos elegíveis

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Tipo de estudo | Comparação | Músculo | Índice estatístico |
|--------------------------------|-----------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------|--|
| Arruda et al. (2022) | 25H | 24 ± 4 | Confiabilidade e erro da medida | Intra e interavaliador | VL | Intra: CCI=0,991-0,998;ETM=0,01-0,03cm;CV=0,5-1,8% Inter: CCI=0,990-0,996;ETM=0,02-0,03cm;CV=0,6-2,3% |
| Barotsis et al. (2020) | 8H e 5M | 24 ± 3 | Confiabilidade | Intra-avaliador | RF VI | CCI = 0,621 - 0,976 CCI = 0,411 - 0,938 |
| Betz et al. (2021) | 7H e 9M | 33 ± 11 47 ± 11 | Validade e confiabilidade | Ressonância e intra e interavaliador | VL | Validade: CCI = 0,835 - 0,895 Intra: CCI = 0,928 - 0,961 Inter: CCI = 0,936 - 0,965 |
| Caresio et al. (2016) | 25H e 25M | 31 ± 11 | Confiabilidade | interavaliador | RF VL | CCI = 0,98 CCI = 0,99 |
| Carr et al. (2021) | 7H e 10M | 24 ± 3 21 ± 2 | Confiabilidade e erro da medida | Interavaliador | VL | CCI = 0,826 - 0,854; EPM = 0,19 cm; EPM% = 7,7-7,8% |
| Chiaramonte et al. (2019) | 21H | 26 a 38 | Confiabilidade | Intra e interavaliador | VL | Intra: CCI = 0,92 Inter: CCI = 0,97 |
| Cleary et al. (2022) | 15 NI | 18 a 35 | Confiabilidade e erro da medida | Intra e interavaliador | RF VL | Intra: EPM = 0,03 - 0,07 cm; EPM%=1,2-2,8% Inter: CCI = 0,984; EPM = 0,06 cm Intra: EPM = 0,04 - 0,08 cm; EPM%=1,6-3,3% Inter: CCI = 0,993; EPM = 0,05 cm |
| Dudley-Javoroski et al. (2010) | 8H e 8M | 26 ± 5 | Confiabilidade e erro da medida | Intra e interavaliador | VL | Intra: CCI = 0,66 - 0,99; CV = 0,8 - 6,4% Inter: CCI = 0,742 |

Legenda: CCI – coeficiente de correlação intraclassa; CV – coeficiente de variação; EPM – erro padrão da medida; ETM – erro típico da medida; H – homens; M – mulheres; N – número de sujeitos; NI – não informado; QF – quadríceps femoral; RF – reto femoral; VI – vasto intermédio; VL – vasto lateral; VM – vasto medial.

Tabela 1 – Continuação

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Tipo de estudo | Comparação | Músculo | Índice estatístico |
|-----------------------------------|-----------|-----------------|---------------------------------|------------------------|----------|--|
| Ema et al. (2013) | 7H e 7M | 24 ± 1 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | RF | CCI = 0,981 - 0,984; CV = 2,3 - 2,4% |
| Franchi et al. (2018) | 9H | 24 ± 2 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | VL | CCI = 0,99; EPM% = 1,7% |
| Gomes et al. (2010) | 7H e 8M | 34 ± 11 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | RF | CCI = 0,929; CV = 4,6% |
| Hagoort et al. (2022) | 7H e 5M | 23 ± 4 | Confiabilidade e erro da medida | Intra e interavaliador | VL | Intra: CCI = 0,93 - 0,98; EPM = 0,05 - 0,11 cm Inter: CCI = 0,98; EPM = 0,10 cm |
| Ishida et al. (2018) | 14H | 21 ± 1 | Confiabilidade e erro da medida | Intra e interavaliador | RF | Intra: CCI = 0,99; EPM = 0,04 cm Inter: CCI = 0,96; EPM = 0,07 cm |
| Jacob et al. (2021) | 32H | 18 ± 1 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | VL | CCI = 0,95; EPM = 0,04 cm |
| Lanferdini et al. (2021) | 11H e 11M | 27 ± 5 | Confiabilidade e erro da medida | Intra e interavaliador | RF VL | Intra: CCI = 0,848; EPM = 0,11 cm; CV = 14,8% Inter: CCI = 0,803; EPM = 0,15 cm; CV = 17,9% Intra: CCI = 0,987; EPM = 0,04 cm; CV = 14,7% Inter: CCI = 0,882; EPM = 0,09 cm; CV = 13,1% |
| Lima e Oliveira (2013) | 4H e 10M | 22 ± 2 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | VL | CCI = 0,95 - 0,99; ETM = 0,10 - 0,11 cm; CV = 3,1-3,8% |
| Mairet, Maïsetti e Portero (2006) | 10H e 9M | 30 ± 6 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | VL | CCI = 0,65 - 0,75; EPM = 0,15 - 0,18; EPM% = 6,7-7,9% |

Legenda: CCI – coeficiente de correlação intraclasse; CV – coeficiente de variação; EPM – erro padrão da medida; ETM – erro típico da medida; H – homens; M – mulheres; N – número de sujeitos; NI – não informado; QF – quadríceps femoral; RF – reto femoral; VI – vasto intermédio; VL – vasto lateral; VM – vasto medial.

Tabela 1 – Continuação

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Tipo de estudo | Comparação | Músculo | Índice estatístico |
|---------------------------------|-----------|-----------------|---------------------------------|---|----------------------|--|
| Mechelli et al. (2019) [a] | 10H e 10M | 49 ± 10 | Validade | Ressonância magnética | RF + VI | CCI = 0,99; EPM = 0,07 cm |
| Mechelli et al. (2019) [b] | 12H e 12M | 49 ± 10 | Confiabilidade e erro da medida | Intra e interavaliador | RF + VI | Intra: CCI = 0,96; EPM = 0,13 cm Inter: CCI = 0,98; EPM = 0,10 cm |
| Nijholt et al. (2020) | 5H e 9M | 33 ± NI | Validade e confiabilidade | Ressonância magnética e intra-avaliador | RF | Validade: CCI = 0,60 Confiabilidade: CCI = 0,87 |
| Oranchuck et al. (2020) | 26H | 29 ± 5 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | RF VL VI | CCI = 0,93 - 0,95; ETM = 0,23 - 0,47 cm; CV = 2,7-4,1% CCI = 0,94 - 0,98; ETM = 0,15 - 0,26 cm; CV = 2,4-3,8% CCI = 0,88 - 0,98; ETM = 0,14 - 0,37 cm; CV = 2,8-9,3% |
| Ruas et al. (2017) | 10H | 23 ± 2 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | RF VL VM VI | CCI = 0,97; EPM = 0,07 cm CCI = 0,97; EPM = 0,10 cm CCI = 0,97; EPM = 0,14 cm CCI = 0,99; EPM = 0,07 cm |
| Santos e Silva (2017) | 10H e 10M | 20 ± 2 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | RF VL VM VI | CCI = 0,88 - 0,99; EPM = 0,09 - 0,14 cm CCI = 0,70 - 0,99; EPM = 0,09 - 0,15 cm CCI = 0,80 - 0,98; EPM = 0,07 - 0,16 cm CCI = 0,74 - 0,99; EPM = 0,13 - 0,19 cm |
| Soares, Nogueira e Gomes (2021) | 12H | 24 ± 6 | Confiabilidade e erro da medida | Intra-avaliador | VL | CCI = 0,964; ETM = 0,07 cm; CV = 2,9% |

Legenda: CCI – coeficiente de correlação intraclasse; CV – coeficiente de variação; EPM – erro padrão da medida; ETM – erro típico da medida; H – homens; M – mulheres; N – número de sujeitos; NI – não informado; QF – quadríceps femoral; RF – reto femoral; VI – vasto intermédio; VL – vasto lateral; VM – vasto medial.

Tabela 1 – Continuação

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Tipo de estudo | Comparação | Músculo | Índice estatístico |
|-------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|---|---------|--|
| Takahashi et al. (2021) | 12H | 27 ± 4 | Confiabilidade | Intra e interavaliador | RF | Intra: CCI = 0,95 Inter: CCI = 0,70 |
| Worsley et al. (2014) | 12H | 18 a 30 | Validade e confiabilidade | Ressonância magnética e intra-avaliador | VM | Validade: CCI = 0,84 - 0,94 Confiabilidade: CCI = 0,90 - 0,98 |

Legenda: CCI – coeficiente de correlação intraclasse; CV – coeficiente de variação; EPM – erro padrão da medida; ETM – erro típico da medida; H – homens; M – mulheres; N – número de sujeitos; NI – não informado; QF – quadríceps femoral; RF – reto femoral; VI – vasto intermédio; VL – vasto lateral; VM – vasto medial.

Fonte: O autor, 2022.

Tabela 2 – Análise do risco de viés pela ferramenta COSMIN

| Estudo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|--------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Arruda et al. (2022) | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Muito bom |
| Barotsis et al. (2020) | Inadequado | Muito bom | Adequado | Muito bom | Duvidoso | Muito bom | Muito bom |
| Betz et al. (2021) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Muito bom | Muito bom | Adequado |
| Caresio et al. (2016) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Muito bom |
| Carr et al. (2021) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Inadequado | Muito bom | Muito bom | Muito bom |
| Chiaramonte et al. (2019) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Adequado | Muito bom | Adequado |
| Cleary et al. (2022) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Muito bom | Muito bom | Muito bom |
| Dudley-Javoroski et al. (2010) | Adequado | Duvidoso | Adequado | Adequado | Adequado | Duvidoso | Muito bom |

Legenda: C – critério; C1 – estabilidade; C2 – intervalo; C3 – medidas repetidas; C4 – cegamento na coleta; C5 – cegamento na análise; C6 – desenho do estudo; C7 – índice estatístico.

Tabela 2 – Continuação

| Estudo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ema et al. (2013) | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Muito bom | Adequado |
| Franchi et al. (2018) | Adequado | Duvidoso | Adequado | Adequado | Duvidoso | Muito bom | Muito bom |
| Gomes et al. (2010) | Duvidoso | Muito bom | Muito bom | Adequado | Muito bom | Muito bom | Adequado |
| Hagoort et al. (2022) | Adequado | Muito bom | Adequado | Adequado | Muito bom | Muito bom | Muito bom |
| Ishida et al. (2018) | Muito bom | Adequado |
| Jacob et al. (2021) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Adequado | Muito bom | Muito bom |
| Lanferdini et al. (2021) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Adequado | Muito bom | Adequado |
| Lima e Oliveira (2013) | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Duvidoso | Duvidoso | Muito bom | Adequado |
| Mairet, Maïsetti e Portero (2006) | Adequado | Adequado | Adequado | Adequado | Adequado | Duvidoso | Adequado |
| Mechelli et al. (2019) [a] | Muito bom |
| Mechelli et al. (2019) [b] | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Duvidoso | Muito bom | Adequado |
| Nijholt et al. (2020) | Muito bom |
| Oranchuck et al. (2020) | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Adequado | Duvidoso | Muito bom | Adequado |
| Ruas et al. (2017) | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Muito bom | Muito bom |
| Santos e Silva (2017) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Duvidoso | Muito bom | Muito bom |
| Soares, Nogueira e Gomes (2021) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Adequado | Adequado | Muito bom | Muito bom |
| Takahashi et al. (2021) | Muito bom | Muito bom | Adequado | Muito bom | Muito bom | Muito bom | Muito bom |
| Worsley et al. (2014) | Muito bom |

Legenda: C – critério; C1 – estabilidade; C2 – intervalo; C3 – medidas repetidas; C4 – cegamento na coleta; C5 – cegamento na análise; C6 – desenho do estudo; C7 – índice estatístico.

Fonte: O autor, 2022.

1.5 Discussão

Os estudos incluídos na revisão mostraram que a US é válida e confiável para mensurar a EM do quadríceps femoral de adultos saudáveis, além de possuir baixo erro de medida absoluto e relativo tanto intra quanto interavaliador. Entretanto, para que a medida seja reprodutível, os avaliadores devem se atentar para descrição do método que irão utilizar, isto inclui a definição do local da medida (BLAZEVIICH; GILL; ZHOU, 2006), marcação dos pontos anatômicos (ARRUDA et al., 2022), estabilidade do avaliado (JACOB et al., 2021), posicionamento do transdutor (ISHIDA et al., 2018) e experiência na análise da imagem (CLEARY et al., 2022).

Os estudos de validade elegíveis compararam a EM obtida pela US contra a ressonância magnética. Worsley et al. (2014) avaliaram a EM em três porções diferentes do vasto medial e observaram um alto CCI variando entre 0,84 a 0,94. Já Nijholt et al. (2020) observaram um CCI moderado de 0,60 no músculo reto femoral. Entretanto, Mechelli et al. (2019) encontraram uma correlação quase perfeita de 0,99 nos músculos reto femoral e vasto intermédio. Por fim, Betz et al. (2021) mensuraram as porções proximal, medial e distal do músculo vasto lateral e observaram correlações variando de 0,835 a 0,895. Outros estudos de validade não foram elegíveis, pois foram realizados com amostra de pessoas com alguma enfermidade (SAHATHEVAN et al., 2021) ou em outros grupamentos musculares que não fosse o quadríceps femoral (DUPONT et al., 2001; JUUL-KRISTENSEN et al., 2000; KELLIS et al., 2009). Todos os estudos mencionados concluíram que a medida ultrassonográfica foi válida para mensurar a EM.

Todos os estudos incluídos na revisão realizaram análise de confiabilidade relativa. O menor valor de CCI foi de 0,411 (BAROTISIS et al., 2020) e o maior foi de 0,99, sendo observado em diversos estudos (ARRUDA et al., 2022; CARESIO et al., 2017; CLEARY et al., 2022; DUDLEY-JAVOROSKI et al., 2010; FRANCHI et al., 2018a; ISHIDA et al., 2018; LIMA; OLIVEIRA, 2013; RUAS et al., 2017; SANTOS; SILVA, 2017). A baixa confiabilidade encontrada no estudo de Barotsis et al. (2020) pode ter ocorrido porque a medida da EM foi realizada 4 vezes durante um período 24 horas com objetivo de observar a reprodutibilidade da medida ao longo do dia. Os participantes foram instruídos a manter sua rotina habitual nos intervalos entre as coletas, incluindo a prática de atividade física, dessa forma prejudicando a estabilidade entre as medidas.

Correlações mais altas foram observadas quando a comparação foi intra-avaliador, provavelmente por conta da reprodutibilidade da técnica. No entanto, alguns estudos de confiabilidade interavaliador encontraram altas correlações quando compararam avaliadores experientes contra avaliadores novatos (CARR et al., 2021; CLEARY et al., 2022; LANFERDINI et al., 2021). Eles observaram valores de CCI entre 0,803 e 0,993 na EM do reto femoral e vasto lateral. Cleary et al. (2022) sugerem que tanto avaliadores inexperientes como mais experientes continuem praticando suas medidas em imagens controle para manter o alto nível de confiabilidade antes de realizarem um estudo experimental. Além disso, Carr et al. (2021) destacaram a necessidade da descrição detalhada do método para que diferentes avaliadores possam replicar a técnica em diferentes ambientes e amostras.

Apesar do CCI ser uma análise estatística amplamente utilizada para verificar a confiabilidade, seus resultados são afetados pela heterogeneidade da amostra. Dessa forma, deve ser acompanhada de outras análises para detectar o erro da medida, como EPM ou ETM (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000). Na presente revisão, os erros absolutos encontrados variaram de 0,01 a 0,47 cm. Nosso laboratório vem mostrando que o cuidado metodológico de todo o processo, associado ao treinamento constante dos avaliadores vem resultando na diminuição do ETM. Em um primeiro estudo, nosso grupo apresentou um ETM intra-avaliador de 0,07 cm para a EM do vasto lateral (SOARES; NOGUEIRA; GOMES, 2021). Em um estudo mais recente, tanto o ETM intra quanto interavaliador diminuíram para uma faixa de 0,01 a 0,03 cm para a mesma variável (ARRUDA et al., 2022).

Na área de ciências do exercício e do esporte, foi recomendado como critério que o erro da medida relativa aceitável não deve ultrapassar de 10% (ATKINSON; NEVILL, 1998). Com exceção de 1 estudo elegível nessa revisão, todos apresentaram CVs abaixo dos 10%. Lanferdini et al. (2021) observaram CVs de 13,1 a 17,9%. Os autores do trabalho discutiram que a magnitude do erro provavelmente se deu pela inexperiência dos avaliadores com a medida ultrassonográfica.

A análise de MP do erro relativo encontrada foi de 6,5%. Talvez este valor seja uma forma menos arbitrária e baseada em evidência para definir um ponto de corte aceitável para o erro da medida da EM do quadríceps femoral em adultos saudáveis. Estudos anteriores mostram que é perfeitamente possível alcançar este índice quando os avaliadores são treinados para a coleta e análise da medida

(ARRUDA et al., 2022; CLEARY et al., 2022; DUDLEY-JAVOROSKI et al., 2010; FRANCHI et al., 2018a; GOMES et al., 2010; LIMA; OLIVEIRA, 2013; SOARES; NOGUEIRA; GOMES, 2021).

Com base na experiência atual do nosso laboratório, sugere-se que antes de um estudo experimental, onde será utilizado a US para detectar modificações na EM, seja realizado um estudo de confiabilidade e erro da medida pelos avaliadores responsáveis. Além da definição precisa do local da medida e do treinamento dos avaliadores na realização da medida propriamente dita, recomenda-se a descrição operacional de alguns procedimentos com base na COSMIN, como: orientar os voluntários a não realizarem atividade física pelo menos 24 horas antes da coleta das imagens, informar o intervalo entre as medidas repetidas, descrever de forma detalhada onde será posicionado o transdutor sobre a pele para obtenção da imagem do músculo, codificar e embaralhar as imagens de modo a “cegar” os avaliadores das imagens e realizar a análise estatística adequada aos objetivos.

1.6 Conclusão

Com base nos estudos incluídos nessa revisão, conclui-se que a EM do reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio obtida pela US é uma medida válida, confiável e possuiu baixos erros de medida em adultos saudáveis. Foram observados altos valores de correlação tanto para os estudos de validade quanto para os estudos de confiabilidade. Além disso, foi observado uma baixa magnitude nos erros da medida, com erro médio de 6,5% e amplitude de 0,5 a 17,9%.

2 ESTUDO 2

Efeito do treinamento contrarresistência na espessura muscular do quadríceps femoral obtida pela ultrassonografia: uma revisão sistemática com metanálise.

2.1 Problematização

Desde a década de 1980 até os dias atuais, a US no modo B tem sido utilizada para monitorar os efeitos do treinamento contrarresistência na EM (HAMMARSTRÖM et al., 2022; WEISS; CLARK; HOWARD, 1988). A US é operacionalmente simples e de menor custo quando comparada a métodos mais sofisticados, como ressonância magnética e tomografia computadorizada. A facilidade de avaliação da imagem com *software* livre disponível a torna bastante atrativa em ambientes de laboratórios de pesquisa, clínicas de reabilitação e clubes esportivos.

As imagens obtidas através da US são comumente utilizadas na determinação e quantificação das dimensões da musculatura estriada esquelética em diferentes grupamentos musculares (GOMES et al., 2010; MEIRELLES; GOMES, 2016). Tais medidas auxiliam no acompanhamento das modificações geradas por alguma intervenção na arquitetura muscular, como, por exemplo, o treinamento contrarresistência (GUILHEM et al., 2013; WAKAHARA et al., 2015), alongamento (BLAZEVIČH et al., 2014; LIMA et al., 2015), eletroestimulação (DEVRIMSEL; METIN; BEYAZAL, 2019; MELO et al., 2016), entre outros.

É importante controlar as variáveis do treinamento contrarresistência para maximizar os efeitos na hipertrofia muscular. Entretanto, ainda não há uma síntese de evidências que melhor explore a relação dose-resposta no aumento da EM, em particular, no quadríceps femoral obtido pela US. Da mesma forma, metanálises recentes apontam o tempo de intervenção como uma variável essencial para maximizar os efeitos hipertróficos do treinamento em diferentes populações devido a continuidade do mesmo (HAGSTROM et al., 2020; POLITO; PAPST; FARINATTI, 2021; POTON; POLITO; FARINATTI, 2017; SILVA et al., 2014). Portanto, é necessário determinar a magnitude do aumento da EM do quadríceps femoral obtida

pela US resultante do treinamento contrarresistência, levando em consideração a duração do programa de treinamento.

2.2 Objetivo

O objetivo do estudo foi determinar a magnitude dos efeitos do treinamento contrarresistência na EM dos músculos reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio obtida pela US em adultos saudáveis. Objetivou-se também identificar o tempo de intervenção necessário para observar tamanhos de efeito significativos.

2.3 Método

2.3.1 Registro da Pesquisa

Esta revisão sistemática seguiu as recomendações do PRISMA *Statement* (PAGE et al., 2021) e foi registrado no PROSPERO sob a identificação CRD42021266582 (SOARES; CARVALHO; GOMES, 2021).

2.3.2 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos estudos controlados randomizados de treinamento contrarresistência de pelo menos três semanas, com exercícios que promoveram contrações musculares isotônicas com fase concêntrica e excêntrica e foram comparados a um grupo controle (sem intervenção). Um dos critérios para o estudo ter sido considerado elegível é ter avaliado a EM através da US. Os músculos aqui observados foram: reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio. Foram revisados estudos no idioma inglês.

Foram excluídos resumos publicados em anais de congressos, dissertações, teses, revisões e relatórios. Também não foram incluídos estudos com ingestão de suplemento alimentar, uso de recursos ergogênicos, medida contralateral, reabilitação de lesão ou doenças preexistentes, como diabetes, hipertensão, entre outras.

A estratégia PICOS (população, intervenção, comparação, desfecho e delineamento do estudo) está descrita abaixo:

- *Population* (participantes): adultos saudáveis de 18 a 65 anos, ativos ou inativos e sem doença pré-existente.
- *Intervention* (intervenção): Treinamento contrarreristência isotônico com ações concêntricas e excêntricas, com duração igual ou superior a 3 semanas.
- *Comparator* (comparação): grupo controle sem intervenção.
- *Outcome* (desfecho): EM do quadríceps femoral (reto femoral, vasto lateral, vasto medial e/ou vasto intermédio) obtida pela US.
- *Study design* (delineamento do estudo): estudo controlado randomizado.

2.3.3 Estratégia de busca

Foram realizadas buscas nas bases de dados Pubmed, Web of Science e Scopus até março de 2022. Houve a combinação dos seguintes termos: *resistance training, strength training, thickness, quadriceps femoris, rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis e vastus intermedius*. Os termos foram combinados utilizando os operadores booleanos “AND” entre os descritores e “OR” entre os sinônimos e os músculos. A equação de busca foi ajustada para a especificidade de cada base de dados, como consta em apêndice (APÊNDICE D, f. 66). Também foi realizada uma busca manual nas referências de estudos publicados anteriormente com temas semelhantes.

2.3.4 Processo de seleção

Após remover as duplicatas, houve o processo de triagem, onde o título e resumo dos estudos foram lidos por dois pesquisadores de forma independente utilizando a estratégia PICOS. Em casos de diferenças, houve uma discussão entre os avaliadores para manter ou não o artigo na revisão. Quando ocorreu discordância, um terceiro pesquisador tomou a decisão final. Posteriormente, os artigos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra pelos mesmos pesquisadores

para selecionar os estudos que atendiam aos critérios de elegibilidade especificados no item 2.2.2. Novamente, em casos de discordâncias, um terceiro pesquisador avaliou os estudos e determinou sua permanência ou exclusão da revisão.

2.3.5 Qualidade metodológica

Após a seleção dos artigos, dois pesquisadores realizaram a análise da qualidade metodológica de forma independente. Quando houve conflito, os pesquisadores debateram a respeito dos critérios e, quando necessário, um terceiro pesquisador tomou a decisão final.

Para verificar a qualidade metodológica dos estudos de treinamento contrarreristência foi utilizada a escala *Tool for the Assessment of Study Quality and Reporting in Exercise* (TESTEX) (SMART et al., 2015). A escala é específica para estudos da área de ciências do exercício, levando em consideração a impossibilidade de cegamento dos participantes e é composta por 12 critérios e 15 pontos. Os estudos que apresentaram pontuação igual ou superior a 10 foram considerados de alta qualidade metodológica, como sugerido pelos autores da TESTEX. Os critérios e as condições de pontuação estão listados em apêndice (APÊNDICE E, f. 67)

2.3.6 Risco de viés

Dois pesquisadores realizaram a análise do risco de viés de forma independente. Quando houve discordância, estes discutiram sobre a diferença. Em casos onde não houve consenso, um terceiro pesquisador tomou a decisão final.

A análise do risco de viés foi determinada pela ferramenta *Risk of Bias 2.0* da *Cochrane*, ou RoB 2.0 (HIGGINS et al., 2019). Esta ferramenta é composta por 5 domínios que determinam se os estudos de intervenção contêm vieses metodológicos. Cada domínio é classificado como: baixo risco de viés, algumas preocupações e alto risco de viés. A classificação final de cada estudo se deu pela pior pontuação dos domínios. Os domínios a serem atendidos estão especificados em apêndice (APÊNDICE F, f. 69).

2.3.7 Extração dos dados

Um pesquisador extraiu os dados dos estudos que, posteriormente, foram conferidos pelo segundo pesquisador. Os seguintes dados foram extraídos: n amostral, sexo e idade dos participantes, duração da intervenção, frequência semanal, número de séries, número de repetições, intensidade do exercício, tempo de intervalo entre as séries ou exercícios, músculo-alvo (reto femoral, vasto lateral, vasto medial e/ou vasto intermédio), aumento médio percentual da EM entre os momentos pré e pós intervenção e valores de média e desvio padrão da EM do momento pós tratamento para metanálise. Quando os resultados de EM eram apresentados em forma gráfica, foi enviado um e-mail para o autor correspondente solicitando os dados do respectivo estudo. Nos casos onde não houve retorno do autor correspondente, foi utilizado o *software* WebPlotDigitizer (<https://automeris.io/WebPlotDigitizer/>) para extrair a informação quando possível.

2.3.8 Análise dos dados

Para a análise dos dados foi utilizado o inverso da variância com modelo de efeito fixo. Os resultados individuais de cada estudo foram apresentados através da diferença média padronizada (DMP) com intervalo de confiança de 95%. Para este cálculo foi utilizado o n amostral, média e desvio padrão da EM do momento pós tratamento (treinamento contrarresistência) e grupo controle (sem intervenção). Foi realizada uma análise de subgrupo considerando a duração das intervenções (até oito semanas e mais de oito semanas). Os resultados foram apresentados graficamente através do *forest plot*. Posteriormente, foi realizado a análise da heterogeneidade pelo teste de inconsistência (I^2) a partir da porcentagem da variabilidade nas estimativas de efeito. Todas as análises mencionadas anteriormente foram realizadas através do *software Review Manager (RevMan, versão 5.4, The Cochrane Collaboration, 2020)*.

Para determinar o viés de publicação da metanálise foi utilizada a técnica gráfica de *funnel plot*, seguido do teste de Egger (StatsDirect software, versão 3, Wirral, UK). Por fim, foi realizada a MP do aumento médio percentual da EM, ponderado pelo n amostral de cada estudo, de acordo com a equação abaixo.

$$MP = \frac{\sum(\Delta \times n)}{\sum n}$$

Onde:

MP = média ponderada

Σ = somatório

Δ = aumento médio (%)

n = número de sujeitos

2.3.9 Nível de evidência da metanálise

Para determinar o nível de evidência da revisão sistemática foi utilizada a ferramenta *Grading Recommendation Assessment, Development and Evaluation* (GRADE) (ZHANG et al., 2019). Os critérios do instrumento foram: risco de viés, inconsistência, evidência indireta, imprecisão e viés de publicação. No sistema GRADE, a avaliação da qualidade da evidência é classificada em quatro níveis: alta (evidência suficiente na estimativa do efeito sem vieses de notificação conhecidos ou suspeitos), moderada (o verdadeiro efeito está próximo da estimativa do efeito com algumas possibilidades de que seja substancialmente diferente), baixa (a confiança do efeito é limitada) e muito baixa (pouca confiança na estimativa do efeito).

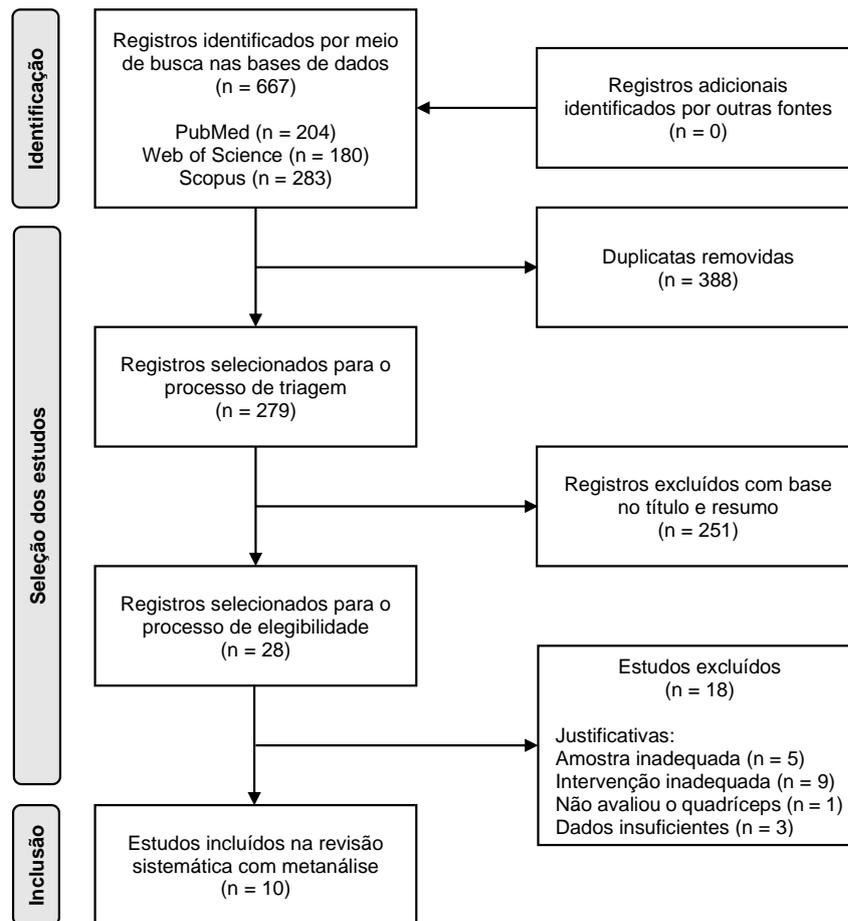
2.4 Resultados

2.4.1 Seleção dos estudos

A busca identificou 667 registros, sendo 204 na base de dados PubMed, 180 na Web of Science e 283 na Scopus. Não houve adição de registro por outras fontes. Foram removidas 388 duplicatas e 279 registros foram selecionados para o processo de triagem. Após a leitura do título e resumo, 251 registros foram excluídos e 28 artigos foram selecionados para o processo de elegibilidade. Posteriormente, foi realizada a leitura do texto na íntegra e 18 estudos foram excluídos por diferentes razões. Foram excluídos 5 estudos que apresentaram amostras inadequadas e 9 estudos que apresentaram intervenções inadequadas de acordo com a estratégia

PICOS, além de 1 estudo que não avaliou a variável desfecho no músculo-alvo e 3 estudos que não informaram os resultados de média e desvio padrão da EM do momento pós intervenção. O resumo da seleção dos estudos está apresentado na figura 2 em forma de fluxograma.

Figura 2 – Fluxograma da seleção dos estudos



Fonte: O autor, 2022.

2.4.2 Características dos estudos

Dos 10 estudos incluídos, 4 tinham mais de um grupo experimental elegível, totalizando 14 comparações. Esta revisão conteve 295 participantes, sendo que 181 participantes estavam em um grupo experimental e 114 em um grupo controle, entretanto para metanálise totalizou-se um n de 158 no grupo controle para comparação aos 14 grupos experimentais. Foram identificados 162 homens e 133 mulheres. Os participantes eram em sua maioria jovens adultos e a média de idade variou entre 19 a 31 anos. Os participantes eram sedentários ou ativos e, ou não tinham experiência prévia com treinamento contrarresistência, ou não treinavam a pelo menos 6 meses. Não houve registro de estudos com atletas.

A duração das intervenções variou entre 4 e 14 semanas, com frequência de 2 a 3 vezes por semana, sendo que 6 comparações (4 estudos) tiveram duração de

até 8 semanas (ANSDELL et al., 2020; BRANDNER et al., 2019; CORATELLA et al., 2021; STOCK et al., 2016) e 8 comparações (6 estudos) tiveram duração de mais de 8 semanas (ALEGRE et al., 2006; BOTTON et al., 2016; EMA et al., 2013a; MATTA et al., 2015, 2017; TRINDADE et al., 2019). Os exercícios realizados foram agachamento, levantamento terra, extensão de joelhos uni e bilateral na cadeira extensora e *Leg Press* 45°. As características dos estudos incluídos estão resumidas na tabela 3.

Os valores de média e desvio padrão do momento pós intervenção, para metanálise, dos estudos de Coratella et al. (2021) e Stock et al. (2016) foram solicitados através dos e-mails dos autores correspondentes. Não foi necessário o uso do *software* WebPlotDigitizer para extrair informações de gráficos.

2.4.3 Qualidade metodológica dos estudos incluídos

Dois dos 10 estudos incluídos obtiveram 10 ou mais pontos na escala TESTEX e foram considerados como de alta qualidade metodológica. A tabela 4 mostra com detalhes a pontuação dos estudos em cada um dos doze itens.

2.4.4 Risco de viés dos estudos incluídos

A análise do risco de viés realizada através da ferramenta RoB 2.0 mostrou que pelo menos um dos domínios apresentaram “algumas preocupações” em todos os estudos analisados. Entretanto, apenas 1 dos 10 estudos apresentou algum domínio com “alto risco de viés”. A figura 3 apresenta de forma detalhada a classificação dos estudos em cada um dos cinco domínios.

2.4.5 Resultados da metanálise

A análise geral dos estudos demonstrou um tamanho de efeito pequeno e significativo favorável ao treinamento contrarresistência em comparação ao controle ($Z = 3,12$, $P = 0,002$, $DMP = 0,35$ [IC 95%: 0,13 - 0,56]), sendo observada uma baixa heterogeneidade ($\text{Chi}^2 = 7,01$, $df = 13$, $P = 0,90$, $I^2 = 0\%$), como observado na figura 4.

A figura 5 mostra a análise de subgrupo pela duração dos estudos. Foi observado um tamanho de efeito pequeno e não significativo para as intervenções de até 8 semanas em comparação ao controle ($Z = 1,55$, $P = 0,12$, $DMP = 0,26$ [IC 95%: $-0,07 - 0,59$]) e uma baixa heterogeneidade ($\text{Chi}^2 = 4,22$, $df = 5$, $P = 0,52$, $I^2 = 0\%$). Também foi observado um tamanho de efeito pequeno e significativo favorável a intervenções com mais de 8 semanas em comparação ao controle ($Z = 2,79$, $P = 0,005$, $DMP = 0,41$ [IC 95%: $0,12 - 0,70$]) e uma baixa heterogeneidade ($\text{Chi}^2 = 2,35$, $df = 7$, $P = 0,94$, $I^2 = 0\%$). O teste para diferença de subgrupos apresentou baixa heterogeneidade ($\text{Chi}^2 = 0,44$, $df = 1$, $P = 0,51$, $I^2 = 0\%$).

2.4.6 Resultados do viés de publicação

A regressão linear de Egger não indicou viés de publicação ($P = 0,06$). O gráfico de *funnel plot* expresso na figura 6 representa a distribuição dessas publicações.

2.4.7 Resultado da média ponderada

Para o cálculo da MP foram considerados os 36 valores de aumento médio percentual da EM de diferentes músculos do quadríceps femoral obtidos dos 10 estudos incluídos. A partir do aumento percentual, ponderado pelo n amostral, a MP foi de 16,6%. Os valores para o cálculo da MP do aumento médio percentual estão em apêndice (APÊNDICE G, f. 70).

2.4.8 Resultado do nível de evidência da metanálise

Os critérios de risco de viés, inconsistência, evidência indireta, imprecisão e viés de publicação foram classificados como “não grave” pela escala GRADE. Não houve outras considerações que afetassem o nível de evidência. O grau de certeza do resultado da metanálise foi considerado alto, como demonstrado na tabela 5.

Tabela 3 – Visão geral dos estudos elegíveis

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Duração da intervenção | Frequência semanal | Características do treinamento | Músculo | Δ |
|----------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|-----------------------|---|---------|-------------------|
| Alegre et al. (2006) | 16 | 22 \pm 2 | 13 semanas | 3x/sem | Agachamento: 3-4x6-12 reps (50-60% 1RM), IS: 180 s | VL | \uparrow 7,0% |
| Ansdell et al. (2020) | 6H e 4M | 25 \pm 5 | 4 semanas | 3x/sem | Agachamento: 4x5+5+3+3 reps (25%, 50%, 75% e 90% 1RM) + 4x6-8 reps (80% 1RM), IS: 300 s | VL | \leftrightarrow |
| Botton et al. (2016) [a] | 14M | 25 \pm 1 | 12 semanas | 2x/sem | Extensão de joelhos unilateral: 1-3 sem: 2x12-15RM, IS: 60 s; 4-6 sem: 3x9-12RM, IS: 120 s; 7-9 sem: 3x7-10RM, IS: 120 s, 10-12 sem: 4x5-8RM, IS: 180 s | QF | \uparrow 8,4% |
| Botton et al. (2016) [b] | 15M | 24 \pm 4 | 12 semanas | 2x/sem | Extensão de joelhos bilateral: 1-3 sem: 2x12-15RM, IS: 60 s; 4-6 sem: 3x9-12RM, IS: 120 s; 7-9 sem: 3x7-10RM, IS: 120 s; 10-12 sem: 4x5-8RM, IS: 180 s | QF | \uparrow 8,9% |
| Brandner et al. (2019) [a] | 8H e 3M | 23 \pm 3 | 8 semanas | 3x/sem | Extensão de joelhos: 4x8-10 reps (70% 1RM), IS: 60 s | QF | \uparrow 12,8% |
| Brandner et al. (2019) [b] | 7H e 3M | 23 \pm 3 | 8 semanas | 3x/sem | Extensão de joelhos: 4x30+15+15+15 reps (20% 1RM), IS: 30 s | QF | \uparrow 9,3% |
| Coratella et al. (2021) | 15M | 22 \pm 4 | 8 semanas | 2x/sem | Extensão de joelhos: 4x5 reps (90% 1RM); IS: 180 s | VL | \uparrow 7,8% |

Legenda: d – distal; H – homens; IS - intervalo entre as séries; M – mulheres; N – número de sujeitos do grupo experimental; NI – não informado; p – proximal; QF – quadríceps femoral; reps – repetições; RF – reto femoral; RM – repetições máximas; s – segundos; sem – semanas; VI – vasto intermédio; VIL – vasto intermédio lateral; VIM – vasto intermédio medial; VL – vasto lateral; VM – vasto medial; \uparrow – aumento significativo em comparação ao momento pré intervenção; \leftrightarrow – sem diferença significativa em comparação ao momento pré intervenção; Δ – aumento médio percentual.

Tabela 3 – Continuação

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Duração da intervenção | Frequência semanal | Características do treinamento | Músculo | Δ |
|-------------------|-----------|-----------------|---------------------------|-----------------------|---|---------|--------|
| | | | | | | RFp | ↑16,1% |
| | | | | | | RFd | ↑21,5% |
| | | | | | | VLp | ↑8,4% |
| | | | | | | VLd | ↑9,2% |
| Ema et al. (2013) | 11H | 27 ± 2 | 12 semanas | 3x/sem | Extensão de joelhos: 5x8 reps (80% 1RM); IS: 90 s | VMp | ↑10,1% |
| | | | | | | VILp | ↔ |
| | | | | | | VILd | ↔ |
| | | | | | | VIMp | ↑9,9% |
| | | | | | | VIMd | ↑13,5% |

Legenda: d – distal; H – homens; IS - intervalo entre as séries; M – mulheres; N – número de sujeitos do grupo experimental; NI – não informado; p – proximal; QF – quadríceps femoral; reps – repetições; RF – reto femoral; RM – repetições máximas; s – segundos; sem – semanas; VI – vasto intermédio; VIL – vasto intermédio lateral; VIM – vasto intermédio medial; VL – vasto lateral; VM – vasto medial; ↑ – aumento significativo em comparação ao momento pré intervenção; ↔ – sem diferença significativa em comparação ao momento pré intervenção; Δ – aumento médio percentual.

Tabela 3 – Continuação

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Duração da intervenção | Frequência semanal | Características do treinamento | Músculo | Δ |
|-------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|-----------------------|--|---------|--------|
| Matta et al. (2015) | 12H | 19 ± 1 | 14 semanas | 2x/sem | Extensão de joelhos unilateral: 3x9-11RM; IS: 60 s | RFp | ↑14,3% |
| | | | | | | RFd | ↑55,0% |
| Matta et al. (2017) | 12H | 19 ± 1 | 14 semanas | 2x/sem | Extensão de joelhos unilateral: 3x9-11RM; IS: NI | RF | ↑13,6% |
| | | | | | | VL | ↔ |
| | | | | | | VM | ↔ |
| | | | | | | VI | ↔ |
| Stock et al. (2016) [a] | 15M | 21 ± 3 | 4 semanas | 2x/sem | Agachamento e levantamento terra: 2x5RM; IS: 180 s | VL | ↔ |
| Stock et al. (2016) [b] | 16M | 21 ± 3 | 4 semanas | 2x/sem | Agachamento e levantamento terra: 4x5RM; IS: 180 s | VL | ↑6,8% |

Legenda: d – distal; H – homens; IS - intervalo entre as séries; M – mulheres; N – número de sujeitos do grupo experimental; NI – não informado; p – proximal; QF – quadríceps femoral; reps – repetições; RF – reto femoral; RM – repetições máximas; s – segundos; sem – semanas; VI – vasto intermédio; VIL – vasto intermédio lateral; VIM – vasto intermédio medial; VL – vasto lateral; VM – vasto medial; ↑ – aumento significativo em comparação ao momento pré intervenção; ↔ – sem diferença significativa em comparação ao momento pré intervenção; Δ – aumento médio percentual.

Tabela 3 – Continuação

| Estudo | N Sexo | Idade (anos) | Duração da intervenção | Frequência semanal | Características do treinamento | Músculo | Δ |
|----------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|-----------------------|--|---------|--------|
| Trindade et al. (2019) [a] | 12H | 31 ± 6 | 9 semanas | 2x/sem | Leg Press 45° 3xRM (75% 1RM); IS: 60 seg | RFp | ↑25,0% |
| | | | | | | RFd | ↑30,0% |
| | | | | | | VLp | ↑27,0% |
| | | | | | | VLd | ↑28,7% |
| | | | | | | VMp | ↑25,2% |
| Trindade et al. (2019) [b] | 12H | 31 ± 7 | 9 semanas | 2x/sem | Extensão de joelhos (<10 seg antes): 1xRM (20% 1RM); Leg Press 45°: 3xRM (75% 1RM); IS: 60 seg | VMd | ↑27,7% |
| | | | | | | RFp | ↑22,3% |
| | | | | | | RFd | ↑42,3% |
| | | | | | | VLp | ↑31,1% |
| | | | | | | VLd | ↑41,0% |
| VMp | ↑25,4% | | | | | | |
| VMd | ↑23,4% | | | | | | |

Legenda: d – distal; H – homens; IS - intervalo entre as séries; M – mulheres; N – número de sujeitos do grupo experimental; NI – não informado; p – proximal; QF – quadríceps femoral; reps – repetições; RF – reto femoral; RM – repetições máximas; s – segundos; sem – semanas; VI – vasto

intermédio; VIL – vasto intermédio lateral; VIM – vasto intermédio medial; VL – vasto lateral; VM – vasto medial; ↑ – aumento significativo em comparação ao momento pré intervenção; ↔ – sem diferença significativa em comparação ao momento pré intervenção; Δ – aumento médio percentual.

Fonte: O autor, 2022.

Tabela 4 – Resultados detalhados da avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos utilizando a escala TESTEX

| Estudo | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | Total |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| Alegre et al. (2006) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| Ansdell et al. (2020) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 8 |
| Botton et al. (2016) | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 8 |
| Brandner et al. (2019) | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| Coratella et al. (2021) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| Ema et al. (2013) | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 8 |
| Matta et al. (2015) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 6 |
| Matta et al. (2017) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 6 |
| Stock et al. (2016) | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 9 |
| Trindade et al. (2019) | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |

Legenda: C – critério; C1 – elegibilidade especificada; C2 – randomização especificada; C3 – ocultação de alocação; C4 – semelhança na linha de base dos grupos; C5 – cegamento do avaliador; C6 – adesão; relato de eventos adversos e frequência ao exercício; C7 – análise de intenção de tratar; C8 – comparação entre grupos da medida de desfecho primário e comparação entre grupos de desfecho secundário; C9 – medidas pontuais e de variabilidade; C10 – atividades do grupo controle; C11 – intensidade relativa do exercício; C12 – volume de exercício e gasto energético.

Fonte: O autor, 2022.

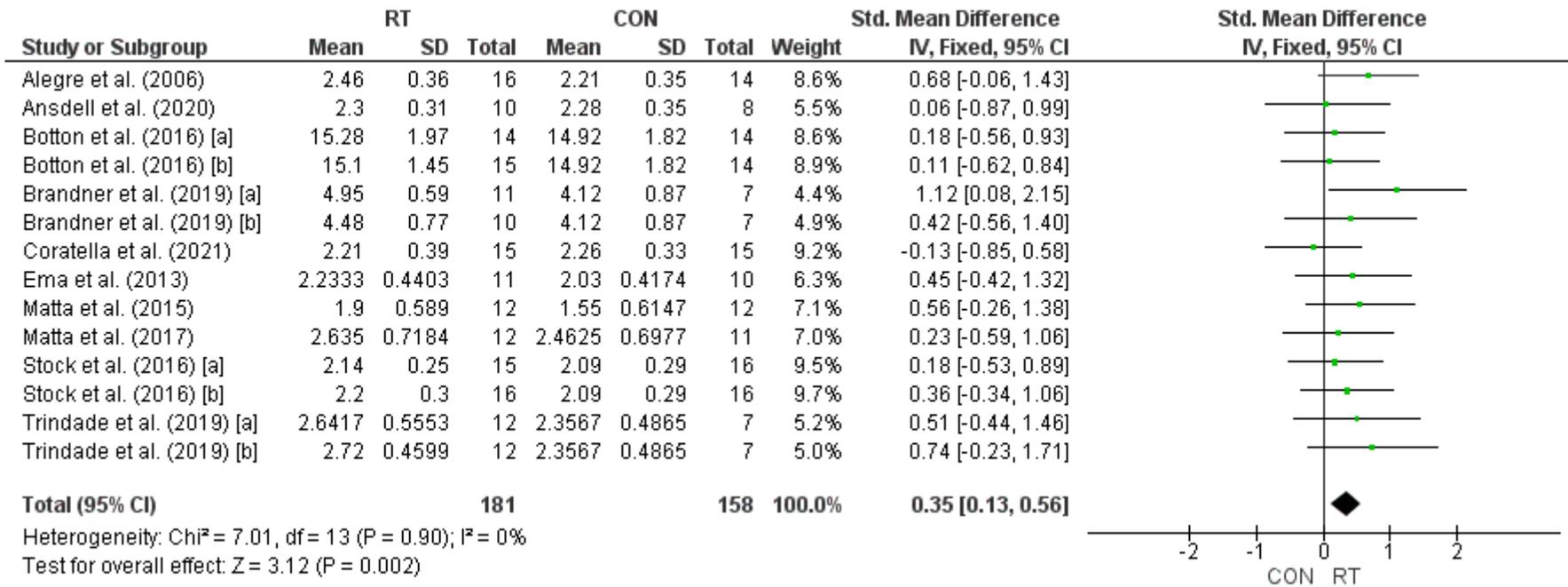
Figura 3 – Análise do risco de viés pela ferramenta RoB 2.0

| | Viés no processo de randomização | Viés de intervenção pretendida | Viés de atrito de desfechos incompletos | Viés de aferição dos desfechos | Viés de relato de desfechos | Viés geral |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|------------|
| Alegre et al. (2006) | - | + | - | - | + | - |
| Ansdell et al. (2020) | - | + | - | - | + | - |
| Botton et al. (2016) | - | + | - | - | + | - |
| Brandner et al. (2019) | - | + | + | - | + | - |
| Coratella et al. (2021) | + | + | - | - | + | - |
| Ema et al. (2013) | - | + | - | - | + | - |
| Matta et al. (2015) | - | + | - | - | + | - |
| Matta et al. (2017) | - | + | - | - | + | - |
| Stock et al. (2016) | - | + | - | + | + | - |
| Trindade et al. (2019) | - | + | × | + | + | × |

+ Baixo risco de viés
- Algumas preocupações
× Alto risco de viés

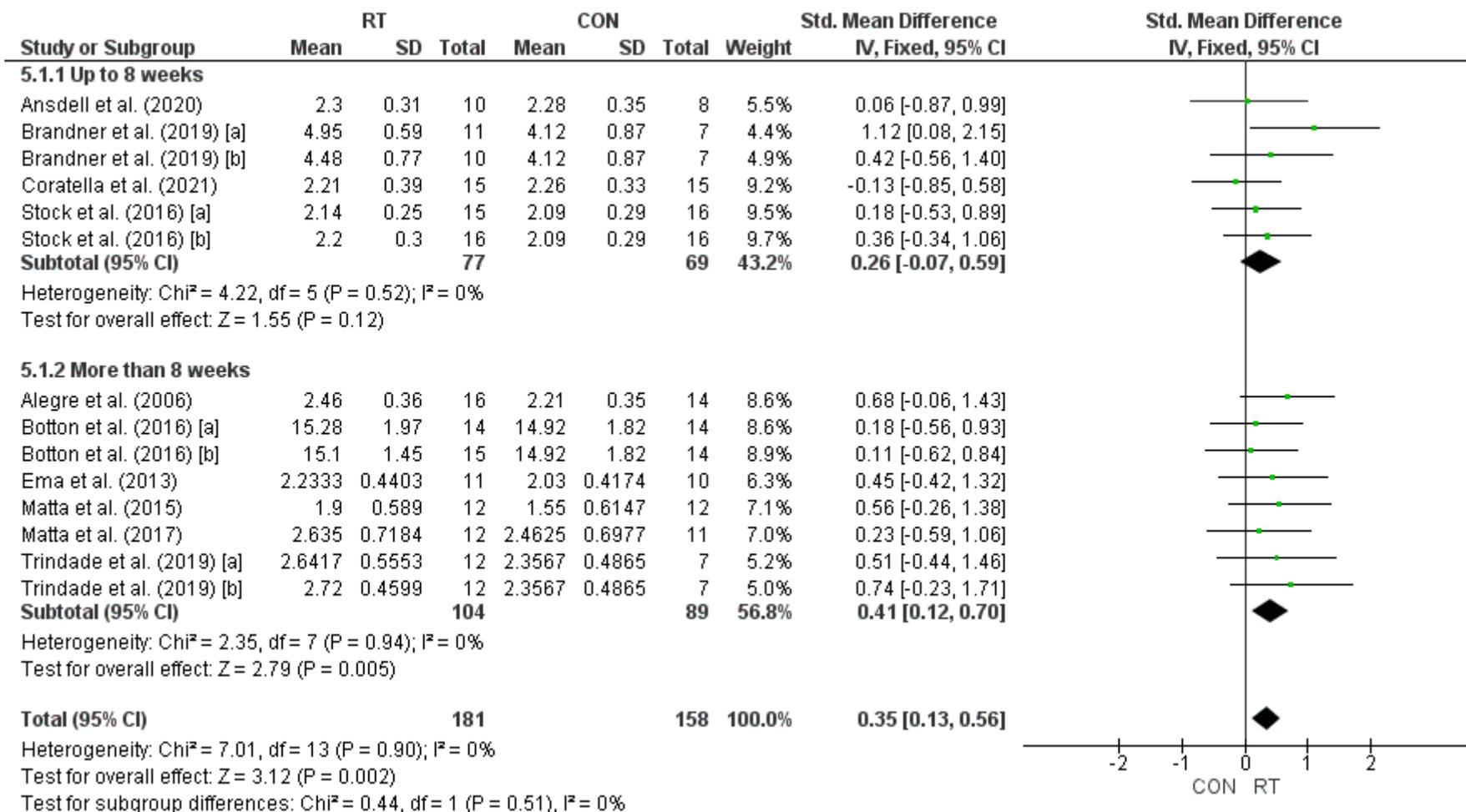
Fonte: O autor, 2022.

Figura 4 – *Forest Plot* comparando a espessura muscular entre o treinamento contrarresistência (RT) e controle (CON)



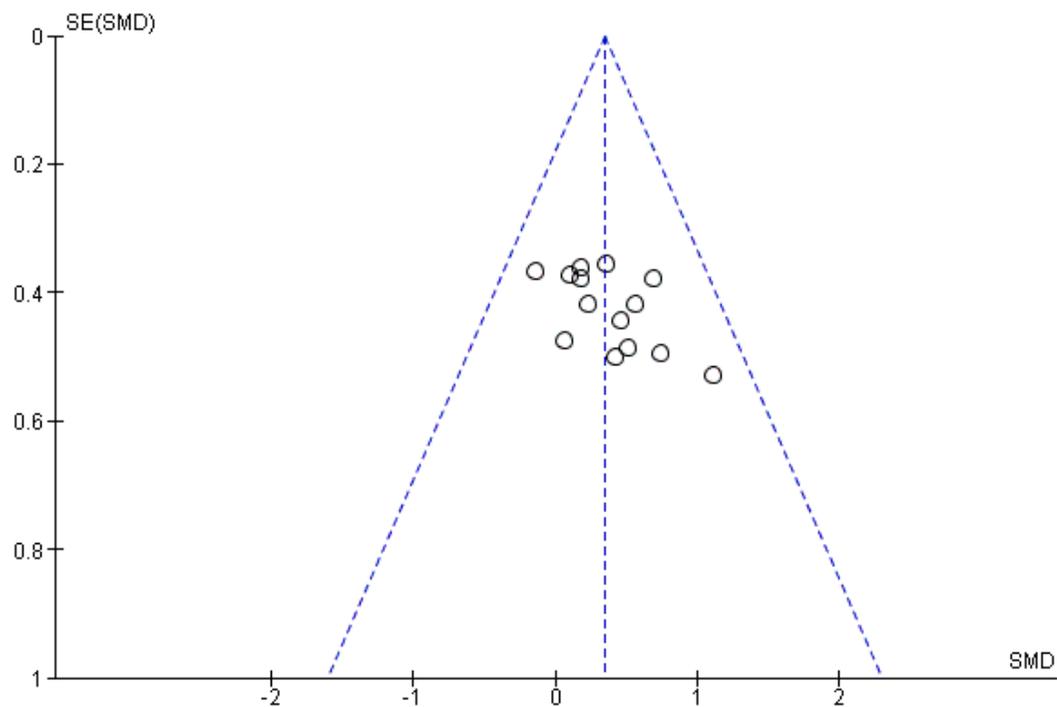
Fonte: O autor, 2022.

Figura 5 – Forest Plot com a análise de subgrupo por tempo de duração das intervenções



Legenda: RT – treinamento contrarresistência; CON – controle.

Fonte: O autor, 2022.

Figura 6 – Análise do viés de publicação pelo *Funnel Plot*

Fonte: O autor, 2022.

Tabela 5 – Análise do nível de evidência da metanálise pela escala GRADE

| Nº dos estudos | Delineamento do estudo | Avaliação de certeza | | | | | Nº de pacientes | | Efeito | | Certeza |
|----------------|-------------------------------|----------------------|----------------|--------------------|------------|----------------------|-----------------|-----|-------------------|----------------------|--------------|
| | | Risco de viés | Inconsistência | Evidência indireta | Imprecisão | Outras considerações | TCR | CON | Relativo (95% IC) | Absoluto (95% IC) | |
| 10 | ensaios clínicos randomizados | não grave | não grave | não grave | não grave | nenhuma | 181 | 158 | - | DMP 0,35 (0,13-0,56) | ⊕⊕⊕⊕ Alta |

Fonte: O autor, 2022.

2.5 Discussão

O resultado da metanálise evidenciou que o treinamento contrarresistência promoveu efeito positivo na EM obtida pela US em adultos saudáveis. A análise de subgrupo mostrou que em 8 semanas de treinamento não foi possível observar este efeito. Os estudos com mais de 8 semanas demonstraram resultados favoráveis e consistentes. A inspeção visual do *funnel plot* acompanhada pelo teste de Egger confirmaram a ausência de assimetria na metanálise, indicando não haver viés de publicação.

É possível identificar que há uma tendência nos estudos com amostras só de mulheres (BOTTON et al., 2016; CORATELLA et al., 2021; STOCK et al., 2016) apresentaram um tamanho de efeito menor quando comparada a amostras mistas ou só de homens. Apesar do treinamento contrarresistência ser capaz de promover aumento da massa muscular em homens e mulheres, a efeito absoluto deste aumento se mostra superior nos homens (HUBAL et al., 2005; PETERSON et al., 2011; WALTS et al., 2008). Essa diferença pode estar relacionada a regulação hormonal (VINGREN et al., 2010), tipos de fibras musculares (STARON et al., 2000), arquitetura muscular (KUBO et al., 2003), dentre outros fatores. Entretanto, isto não se aplica aos ganhos relativos (JONES et al., 2021; ROBERTS; NUCKOLS; KRIEGER, 2020).

Mesmo com uma baixa intensidade (20% de 1RM), Brandner et al. (2019) detectaram aumento significativo de 9,3% na EM do quadríceps femoral, entretanto a magnitude do aumento do grupo que realizou alta intensidade (70% de 1RM) foi de 12,8%. Protocolos com intensidades de 70 a 80% de 1RM ou 8 a 12 RM, com intervalo entre as séries de 60 a 90 segundos e realizadas de 2 a 3 vezes por semana obtiveram melhores resultados na variável desfecho (BRANDNER et al., 2019; EMA et al., 2013a; MATTA et al., 2015; TRINDADE et al., 2019).

O estudo de Matta et al. (2015) apresentou um incremento de 14,3% na porção proximal e 55,0% na porção distal da EM do reto femoral. Matta et al. (2017), em outro documento, parecem ter utilizado os dados do mesmo estudo anteriormente mencionado, visto que as características dos sujeitos e do treinamento foram as mesmas, entretanto não foi identificada diferença significativa na espessura dos demais músculos do quadríceps. Outros estudos viram aumentos significativos com magnitudes inferiores no reto femoral, de 16,1 a 30,0%, e foram

acompanhados pelo aumento do vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio (EMA et al., 2013; TRINDADE et al., 2019).

Os estudos de Ema et al. (2013) e Trindade et al. (2019) utilizaram a US para mensurar a EM nas diferentes porções do quadríceps femoral. Ambos os estudos detectaram hipertrofia seletiva em diferentes magnitudes, entretanto um estudo realizou o treinamento na cadeira extensora e outro no *Leg Press*. Há evidência de que exercícios diferentes podem gerar adaptações seletivas ao longo do quadríceps femoral (ZABALETA-KORTA et al., 2021).

Oito dos 10 estudos elegíveis informaram a confiabilidade e erro relativo da EM, com amplitude do CCI variando entre 0,804 a 0,996 e CV entre 1,3 a 8,9%. A média ponderada do aumento da EM foi de 16,6%, sendo maior que o erro relativo. Cabe comentar que foram utilizados diferentes aparelhos de US para mensurar a EM dos estudos aqui revisados. O tamanho dos transdutores lineares variou de 3,8 a 10 centímetros. As frequências utilizadas foram de 5,0 até 15 MHz. Todos os estudos utilizaram o modo B com cortes de imagem transversal ou sagital.

Ao utilizar ferramentas mais recentes de análise da qualidade metodológica (SMART et al., 2015) e risco de viés (STERNE et al., 2019), nota-se o aumento do rigor metodológico das mesmas. Um dos critérios presentes em ambas as ferramentas é exigir que o estudo descreva com detalhes o processo de randomização. Entretanto, apenas 1 estudo presente na metanálise pontuou neste critério e obteve baixo risco de viés de seleção (CORATELLA et al., 2021).

Apesar da ferramenta TESTEX levar em consideração a impossibilidade de cegar os participantes aos grupos de intervenção e controle nos estudos de treinamento, é perfeitamente possível que o avaliador de desfecho não saiba a qual grupo cada participante está alocado. Entretanto, apenas 2 dos 10 estudos relataram o cegamento do avaliador, evitando assim o viés de detecção (STOCK et al., 2016; TRINDADE et al., 2019).

É interessante notar que apesar do estudo de Trindade et al. (2019) obter a classificação de alta qualidade metodológica na escala TESTEX, o mesmo obteve alto risco no viés de atrito pela ferramenta RoB 2.0. Isto porque houve uma grande perda amostral, principalmente no grupo controle, onde os sujeitos tiveram que ser excluídos por se envolverem em treinamento de força durante o período em que estavam vinculados à pesquisa.

O nível de evidência da metanálise foi classificado como alto de acordo com a escala GRADE. Portanto, há um maior poder de certeza nos resultados aqui apresentados, onde a US demonstrou-se capaz de detectar as adaptações na EM decorrentes do treinamento contrarresistência.

A presente metanálise indicou que o treinamento contrarresistência foi capaz de gerar aumentos significativos na EM dos músculos do quadríceps femoral de adultos saudáveis sem experiência recente com treinamento de força. A magnitude desses aumentos foi em média de 16,6%, com tamanho de efeito pequeno e significativo. Entretanto, não foi possível detectar efeito clínico significativo antes de 8 semanas de treinamento. Isto não significa que aumentos com magnitudes inferiores, mas estatisticamente significativas não possam ser observadas antes de 8 semanas através da análise de variância, apenas que há uma menor possibilidade de encontrar tamanhos de efeito significativos. Portanto, recomenda-se que em futuros estudos de treinamento que utilizarem a US para avaliar a EM do quadríceps femoral tenham um tempo de intervenção superior a 8 semanas.

2.6 Conclusão

Com base nos resultados encontrados, conclui-se que o treinamento contrarresistência gerou efeito clínico significativo na EM do reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio, valores estes obtidos pela US em adultos saudáveis. Entretanto, para observar tamanhos de efeito significativos foram necessárias intervenções superiores a 8 semanas.

CONCLUSÃO GERAL

O estudo 1 determinou que a EM do reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio obtida pela US foi válida, confiável e possuiu baixos erros de medida em adultos saudáveis. De modo geral, foram observados altos valores de CCI e baixos erros de medida tanto absoluto quanto relativo. Ressalta-se que para observar baixos erros de medida é necessário experiência e cuidado nas seguintes etapas: definição do local da medida, marcação dos pontos anatômicos, estabilidade do avaliado, manejo do transdutor e proficiência na análise da EM via *software*.

O estudo 2 determinou que o efeito do treinamento contrarresistência na EM do reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio obtido pela US foi clinicamente significativo em adultos saudáveis. Entretanto, para observar tamanhos de efeito significativos foram necessárias intervenções superiores a 8 semanas. Ressalta-se que para observar aumentos substanciais na EM recomenda-se, além do tempo de intervenção, utilizar os protocolos aqui discutidos, levando em consideração as seguintes variáveis do treinamento: intensidade, volume, intervalo entre as séries e frequência semanal.

A partir dos estudos 1 e 2, conclui-se que a magnitude do erro relativo da EM de 6,5%, encontrado no estudo 1, foi menor do que a magnitude do efeito do treinamento contrarresistência na EM de 16,6%, encontrada no estudo 2. Dessa forma, a US pode ser utilizada para monitorar as modificações na EM do quadríceps femoral de adultos saudáveis derivadas do treinamento contrarresistência.

Por fim, podemos inferir que, no conjunto dos estudos avaliados nas duas revisões, os efeitos hipertróficos do treinamento foram maiores que o erro da medida. Entretanto não há como generalizar esta conclusão para populações onde os ganhos de massa muscular são muito pequenos como no caso de atletas de elite, diferentes porções (proximal, medial e distal) do quadríceps femoral ou outros grupamentos musculares. Sendo assim, futuros estudos devem ser realizados de modo a esclarecer melhor a qualidade da medida em diferentes populações, diferentes músculos ou diferentes porções do mesmo músculo.

REFERÊNCIAS

ACSM. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 10. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2018.

AHTIAINEN, J. P. et al. Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 3, p. 572–582, 2005.

AHTIAINEN, J. P. et al. Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 2, p. 273–279, 2010.

ALEGRE, L. M. et al. Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength. **Journal of Sports Sciences**, v. 24, n. 5, p. 501–508, 2006.

ANSDELL, P. et al. Task-specific strength increases after lower-limb compound resistance training occurred in the absence of corticospinal changes in vastus lateralis. **Experimental Physiology**, v. 105, n. 7, p. 1132–1150, 2020.

ARAZI, H. et al. Effects of different resistance training frequencies on body composition and muscular performance adaptations in men. **PeerJ**, v. 9, e10537, p. 1–16, 2021.

ARRUDA, B. R. et al. Reliability and measurement error of the proximal, medial and distal portions of the vastus lateralis muscle thickness measured with extended field of view ultrasonography. **Kinesiology**, v. 54, n. 1, p. 107–114, 2022.

ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. **Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 217–238, 1998.

AVELAR, A. et al. Effects of order of resistance training exercises on muscle hypertrophy in young adult men. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 44, n. 4, p. 420–424, 2019.

BAROTSIKIS, N. et al. Reliability of muscle thickness measurements in ultrasonography. **International Journal of Rehabilitation Research**, v. 43, n. 2, p. 123–128, 2020.

BÉNARD, M. R. et al. Anatomical information is needed in ultrasound imaging of muscle to avoid potentially substantial errors in measurement of muscle geometry. **Muscle and Nerve**, v. 39, n. 5, p. 652–665, 2009.

BETZ, T. M. et al. Reliability and validity of a standardized ultrasound examination protocol to quantify vastus lateralis muscle. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 53, n. 7, 2021.

BLAZEVICH, A. J. et al. Range of motion, neuromechanical, and architectural adaptations to plantar flexor stretch training in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 5, p. 452–462, 2014.

BLAZEVICH, A. J.; GILL, N. D.; ZHOU, S. Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. **Journal of Anatomy**, v. 209, n. 3, p. 289–310, 2006.

BOTTON, E. et al. Neuromuscular adaptations to unilateral vs. bilateral strength training in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 7, p. 1924–1932, 2016.

BRANDÃO, L. et al. Varying the order of combinations of single- and multi-joint exercises differentially affects resistance training adaptations. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 5, p. 1254–1263, 2020.

BRANDNER, C. R. et al. Muscular adaptations to whole body blood flow restriction training and detraining. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 2019.

CANDOW, D. G.; BURKE, D. G. Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 1, p. 204–207, 2007.

CARESIO, C. et al. Fully automated muscle ultrasound analysis (MUSA): robust and accurate muscle thickness measurement. **Ultrasound in Medicine and Biology**, v. 43, n. 1, p. 195–205, 2017.

CARR, J. C. et al. The influence of sonographer experience on skeletal muscle image acquisition and analysis. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 6, n. 4, 2021.

CHIARAMONTE, R. et al. The primacy of ultrasound in the assessment of muscle architecture: Precision, accuracy, reliability of ultrasonography. Physiatrist, radiologist, general internist, and family practitioner's experiences. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 65, n. 2, p. 165–170, 2019.

CLEARY, C. J. et al. Skeletal muscle analysis of panoramic ultrasound is reliable across multiple raters. **PLOS ONE**, v. 17, n. 5, e0267641, 2022.

COLQUHOUN, R. J. et al. Training volume, not frequency, indicative of maximal strength adaptations to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 5, p. 1207–1213, 2018.

CORATELLA, G. et al. Including the eccentric phase in resistance training to counteract the effects of detraining in women: a randomized controlled trial. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2021.

DE FRANÇA, H. S. et al. The effects of adding single-joint exercises to a multi-joint exercise resistance training program on upper body muscle strength and size in trained men. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 8, p. 822–826, 2015.

DEVIRIMSEL, G.; METIN, Y.; BEYAZAL, M. S. Short-term effects of neuromuscular electrical stimulation and ultrasound therapies on muscle architecture and functional capacity in knee osteoarthritis: a randomized study. **Clinical Rehabilitation**, v. 33, n. 3, p. 418–427, 2019.

DUDLEY-JAVOROSKI, S. et al. Reliability and responsiveness of musculoskeletal ultrasound in subjects with and without spinal cord injury. **Ultrasound in Medicine and Biology**, v. 36, n. 10, p. 1594–1607, 2010.

DUPONT, A. C. et al. Real-time sonography to estimate muscle thickness: Comparison with MRI and CT. **Journal of Clinical Ultrasound**, v. 29, n. 4, p. 230–236, 2001.

EARP, J. E. et al. Inhomogeneous quadriceps femoris hypertrophy in response to strength and power training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 11, p. 2389–2397, 2015.

ELLIOTT, S. T. A user guide to extended field of view in ultrasonography. **Ultrasound**, v. 14, n. 1, p. 55–58, 2006.

EMA, R. et al. Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 11, p. 2691–2703, 2013a.

EMA, R. et al. In vivo measurement of human rectus femoris architecture by ultrasonography: validity and applicability. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 33, n. 4, p. 267–273, 2013b.

FINK, J.; KIKUCHI, N.; NAKAZATO, K. Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 38, n. 2, p. 261–268, 2018.

FRANCHI, M. V. et al. Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in the assessment of strength training-induced hypertrophy. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 28, n. 3, p. 846–853, 2018a.

FRANCHI, M. V. et al. Muscle architecture assessment: strengths, shortcomings and new frontiers of in vivo imaging techniques. **Ultrasound in Medicine and Biology**, v. 44, n. 12, p. 2492–2504, 2018b.

GOMES, P. S. C. et al. Confiabilidade da medida de espessuras musculares pela ultrassonografia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 1, p. 41–45, 2010.

GRGIC, J. et al. The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 8, p. 983–993, 2017.

GUILHEM, G. et al. Neuromuscular adaptations to isoload versus isokinetic eccentric resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 45, n. 2, p. 326–335, 2013.

HACKETT, D. A. et al. Effect of movement velocity during resistance training on muscle-specific hypertrophy: a systematic review. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 4, p. 473–482, 2018.

HAGOORT, I. et al. Age- and muscle-specific reliability of muscle architecture measurements assessed by two-dimensional panoramic ultrasound. **BioMedical Engineering Online**, v. 21, n. 1, 2022.

HAGSTROM, A. D. et al. The effect of resistance training in women on dynamic strength and muscular hypertrophy: a systematic review with meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 50, n. 6, p. 1075–1093, 2020.

HAMMARSTRÖM, D. et al. Ribosome accumulation during early phase resistance training in humans. **Acta Physiologica**, v. 235, n. 1, e13806, 2022.

HIGGINS, J. P. T. et al. (EDS.). **Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials (RoB 2)**. [s.l.] Cochrane, 2019.

HODSON-TOLE, E. F.; LAI, A. K. M. Ultrasound-derived changes in thickness of human ankle plantar flexor muscles during walking and running are not homogeneous along the muscle mid-belly region. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 15090, 2019.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, v. 30, n. 1, p. 1–15, 2000.

HUBAL, M. J. et al. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 6, p. 964–972, 2005.

ISHIDA, H. et al. Muscle thickness and echo intensity measurements of the rectus femoris muscle of healthy subjects: Intra and interrater reliability of transducer tilt during ultrasound. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 22, n. 3, p. 657–660, 2018.

JACOB, I. et al. The effect of limb position on measured values of vastus lateralis muscle morphology using B Mode ultrasound. **Translation Sports Medicine**, v. 4, n. 6, p. 697–705, 2021.

JONES, M. D. et al. Sex differences in adaptations in muscle strength and size following resistance training in older adults: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 51, n. 3, p. 503–517, 2021.

JUUL-KRISTENSEN, B. et al. Comparison of muscle sizes and moment arms of two rotator cuff muscles measured by ultrasonography and magnetic resonance imaging. **European Journal of Ultrasound**, v. 11, n. 3, p. 161–173, 2000.

KAWAKAMI, Y. The Effects of strength training on muscle architecture in humans. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 3, p. 208–217, 2005.

KELLIS, E. et al. Validity of architectural properties of the hamstring muscles: correlation of ultrasound findings with cadaveric dissection. **Journal of Biomechanics**, v. 42, n. 15, p. 2549–2554, 2009.

KUBO, K. et al. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 2, p. 125–130, 2003.

LANFERDINI, F. J. et al. Reliability of knee extensor neuromuscular structure and function and functional tests' performance. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 27, p. 584–590, 2021.

LARIVIÈRE, C. et al. Reliability of ultrasound measures of the transversus abdominis: effect of task and transducer position. **PM and R**, v. 5, n. 2, p. 104–113, 2013a.

LARIVIÈRE, C. et al. Ultrasound measures of the lumbar multifidus: effect of task and transducer position on reliability. **PM and R**, v. 5, n. 8, p. 678–687, 2013b.

LIMA, K. M. M. et al. Assessment of muscle architecture of the biceps femoris and vastus lateralis by ultrasound after a chronic stretching program. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 25, n. 1, p. 55–60, 2015.

LIMA, K. M. M.; OLIVEIRA, L. F. Confiabilidade das medidas de arquitetura do músculo vasto lateral pela ultrassonografia. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 19, n. 1, p. 217–223, 2013.

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 Medicine**, v. 48, n. 2, p. 361–378, 2018.

MAEO, S. et al. Neuromuscular adaptations to work-matched maximal eccentric versus concentric training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 8, p. 1629–1640, 2018.

MAIRET, S.; MAÏSETTI, O.; PORTERO, P. Homogeneity and reproducibility of in vivo fascicle length and pennation determined by ultrasonography in human vastus lateralis muscle. **Science and Sports**, v. 21, n. 5, p. 268–272, 2006.

MANGINE, G. T. et al. Resistance training does not induce uniform adaptations to quadriceps muscles. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, e0198304, 2018.

MATTA, T. T. et al. Heterogeneity of rectus femoris muscle architectural adaptations after two different 14-week resistance training programmes. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 3, p. 210–215, 2015.

MATTA, T. T. et al. Selective hypertrophy of the quadriceps musculature after 14 weeks of isokinetic and conventional resistance training. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 2, p. 137–142, 2017.

MECHELLI, F. et al. Validity of ultrasound imaging versus magnetic resonance imaging for measuring anterior thigh muscle, subcutaneous fat, and fascia thickness. **Methods and Protocols**, v. 2, n. 3, p. 1–10, 2019a.

MECHELLI, F. et al. Inter-rater and intra-rater reliability of ultrasound imaging for measuring quadriceps muscle and non-contractile tissue thickness of the anterior thigh. **Biomedical Physics and Engineering Express**, v. 5, n. 3, 2019b.

MEIRELLES, C. M.; GOMES, P. S. C. Effects of short-term carbohydrate restrictive and conventional hypoenergetic diets and resistance training on strength gains and muscle thickness. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, p. 578–584, 2016.

MELO, M. O. et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on neuromuscular parameters and health status in elderly women with knee osteoarthritis: A randomized trial. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 48, n. 3, p. 293–299, 2016.

MOKKINK, L. B. et al. COSMIN Risk of Bias tool to assess the quality of studies on reliability or measurement error of outcome measurement instruments: a Delphi study. **BMC Medical Research Methodology**, v. 20, n. 293, p. 1–13, 2020.

NARICI, M. V. et al. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 157, n. 2, p. 175–186, 1996.

NIJHOLT, W. et al. Reliability and validity of ultrasound to estimate muscles: a comparison between different transducers and parameters. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 35, p. 146–152, 2020.

NOORKOIV, M.; NOSAKA, K.; BLAZEVIČ, A. J. Assessment of quadriceps muscle cross-sectional area by ultrasound extended-field-of-view imaging. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 631–639, 2010.

O'BRIEN, W. D. Ultrasound - biophysics mechanisms. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 93, n. 1–3, p. 212–255, 2007.

ORANCHUK, D. J. et al. Variability of regional quadriceps architecture in trained men assessed by B-mode and extended-field-of-view ultrasonography. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 3, p. 430–436, 2020.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, p. 1–11, 2021.

PAULSEN, G.; MYKLESTAD, D.; RAASTAD, T. The influence of volume of exercise on early adaptations to strength training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 115–120, 2003.

PEREIRA, M. I. R.; GOMES, P. S. C. Movement velocity in resistance training. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p. 427–438, 2003.

PETERSON, M. D. et al. Progression of volume load and muscular adaptation during resistance exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 6, p. 1063–1071, jun. 2011.

PIIRAINEN, J. M. et al. Effects of a heart rate-based recovery period on hormonal, neuromuscular, and aerobic performance responses during 7 weeks of strength training in men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 8, p. 2265–2273, 2011.

PIMENTA, R.; BLAZEVIČH, A. J.; FREITAS, S. R. Biceps femoris long-head architecture assessed using different sonographic techniques. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 12, p. 2584–2594, 2018.

POLITO, M. D.; PAPST, R. R.; FARINATTI, P. Moderators of strength gains and hypertrophy in resistance training: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 19, p. 2189–2198, 2021.

POTON, R.; POLITO, M.; FARINATTI, P. Effects of resistance training in HIV-infected patients: a meta-analysis of randomised controlled trials. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 24, p. 2380–2389, 17 dez. 2017.

RALSTON, G. W. et al. The effect of weekly set volume on strength gain: a meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 47, n. 12, p. 2585–2601, 2017.

RHEA, M. R. et al. Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 16, n. 4, p. 525–529, 2002.

RHEA, M. R. et al. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 3, p. 456–464, 2003.

ROBERTS, B. M.; NUCKOLS, G.; KRIEGER, J. W. Sex differences in resistance training: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 5, p. 1448–1460, 2020.

RUAS, C. V. et al. Test-retest reliability of muscle thickness, echo-intensity and cross sectional area of quadriceps and hamstrings muscle groups using B-mode ultrasound. **International Journal of Kinesiology and Sports Science**, v. 5, n. 1, p. 37–41, 2017.

SAHATHEVAN, S. et al. Validity of ultrasound imaging in measuring quadriceps muscle thickness and cross-sectional area in patients receiving maintenance hemodialysis. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 45, n. 2, p. 422–426, 2021.

SANTOS, R.; SILVA, P. A. S. A. Reproducibility of ultrasound-derived muscle thickness and echo-intensity for the entire quadriceps femoris muscle. **Radiography**, v. 23, n. 3, p. 51–61, 2017.

SCHOENFELD, B. J. et al. Longer inter-set rest periods enhance muscle strength and Hypertrophy in resistance-trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 7, p. 1805–1812, 2016.

SCHOENFELD, B. J. et al. Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3508–3523, 2017.

SCHOENFELD, B. J. et al. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 1, p. 94–103, 2019.

SCOTT, J. M. et al. Panoramic ultrasound: a novel and valid tool for monitoring change in muscle mass. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 8, n. 3, p. 475–481, 2017.

SEYNNES, O. R.; DE BOER, M.; NARICI, M. V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 1, p. 368–373, 2007.

SILVA, N. L. et al. Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: a meta-analysis of dose-response relationships. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 17, n. 3, p. 337–344, 2014.

SMART, N. A. et al. Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. **International Journal of Evidence-Based Healthcare**, v. 13, n. 1, p. 9–18, 2015.

SOARES, A. L. C.; CARVALHO, R. F. C.; GOMES, P. S. C. **Quality indicators of lower limb muscle architecture measurements by conventional and panoramic ultrasonography: systematic review and meta-analysis**. Disponível em: <https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42020205566>. Acesso em: 2 set. 2021.

SOARES, A. L. C.; CARVALHO, R. F. C.; GOMES, P. S. C. **Effects of resistance training on muscle thickness and cross-sectional area of quadriceps femoris muscles measured by ultrasound: a systematic review**. Disponível em: <https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42021266582>. Acesso em: 8 mar. 2021.

SOARES, A. L. C.; NOGUEIRA, F. S.; GOMES, P. S. C. Assessment methods of vastus lateralis muscle architecture using panoramic ultrasound: a new approach, test-retest reliability and measurement error. **Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance**, v. 23, e76402, 2021.

STARON, R. S. et al. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. **Journal of Histochemistry and Cytochemistry**, v. 48, n. 5, p. 623–629, 2000.

STERNE, J. A. C. et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. **BMJ**, v. 366, 2019.

STIEN, N. et al. Training specificity performing single-joint vs. multi-joint resistance exercises among physically active females: A randomized controlled trial. **PLoS ONE**, v. 15, n. 5, e0233540, 2020.

STOCK, M. S. et al. Evidence of muscular adaptations within four weeks of barbell training in women. **Human Movement Science**, v. 45, p. 7–22, 2016.

TAKAHASHI, Y. et al. Intra- and inter-rater reliability of rectus femoris muscle thickness measured using ultrasonography in healthy individuals. **Ultrasound Journal**, v. 13, n. 1, 2021.

TRINDADE, T. B. et al. Effects of pre-exhaustion versus traditional resistance training on training volume, maximal strength, and quadriceps hypertrophy. **Frontiers in Physiology**, v. 10, p. 1424, 2019.

VILLANUEVA, M. G.; LANE, C. J.; SCHROEDER, E. T. Short rest interval lengths between sets optimally enhance body composition and performance with 8 weeks of strength resistance training in older men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 2, p. 295–308, 2015.

VINGREN, J. L. et al. Testosterone physiology in resistance exercise and training: The up-stream regulatory elements, **Sports Medicine**, v. 40, n. 12, p. 1037–1053, 2010.

WAKAHARA, T. et al. Increase in vastus lateralis aponeurosis width induced by resistance training: implications for a hypertrophic model of pennate muscle. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 2, p. 309–316, 2015.

WALTS, C. T. et al. Do sex or race differences influence strength training effects on muscle or fat? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 4, p. 669–676, 2008.

WEISS, L. W.; CLARK, F. C.; HOWARD, D. G. Effects of heavy-resistance triceps surae muscle training on strength and muscularity of men and women. **Physical Therapy**, v. 68, n. 2, p. 208–213, 1988.

WENG, L. et al. US extended-field-of-view imaging technology. **Radiology**, v. 203, n. 3, p. 877–880, 1997.

WORSLEY, P. R. et al. Validity of measuring distal vastus medialis muscle using rehabilitative ultrasound imaging versus magnetic resonance imaging. **Manual Therapy**, v. 19, n. 3, p. 259–263, 2014.

YUE, F. L. et al. Comparison of 2 weekly-equalized volume resistance-training routines using different frequencies on body composition and performance in trained males. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 43, n. 5, p. 475–481, 2018.

ZABALETA-KORTA, A. et al. The role of exercise selection in regional muscle hypertrophy: a randomized controlled trial. **Journal of Sports Sciences**, v. 39, n. 20, p. 2298–2304, 2021.

ZHANG, Y. et al. GRADE guidelines: 20. Assessing the certainty of evidence in the importance of outcomes or values and preferences-inconsistency, imprecision, and other domains. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 111, p. 83–93, 2019.

APÊNDICE A – Equação de busca do estudo 1

| Base de dados | Equações de busca (04/05/2022) | Artigos (n) |
|----------------|---|-------------|
| Pubmed | ("valid"[All Fields] OR "validate"[All Fields] OR "validated"[All Fields] OR "validates"[All Fields] OR "validating"[All Fields] OR "validation"[All Fields] OR "validational"[All Fields] OR "validations"[All Fields] OR "validator"[All Fields] OR "validators"[All Fields] OR "validities"[All Fields] OR "validity"[All Fields] OR ("reliabilities"[All Fields] OR "reliability"[All Fields] OR "reliable"[All Fields] OR "reliability"[All Fields] OR "reliably"[All Fields]) OR "measurement error"[All Fields] OR "error of measurement"[All Fields] OR "coefficient of variation"[All Fields]) AND ("thick"[All Fields] OR "thickness"[All Fields] OR "thicknesses"[All Fields]) AND ("quadriceps femoris"[All Fields] OR "rectus femoris"[All Fields] OR "vastus lateralis"[All Fields] OR "vastus medialis"[All Fields] OR "vastus intermedius"[All Fields]) | 101 |
| Web of Science | (TS=(validity OR reliability OR "measurement error" OR "error of measurement" OR "coefficient of variation") AND TS=(thickness) AND TS=("quadriceps femoris" OR "rectus femoris" OR "vastus lateralis" OR "vastus medialis" OR "vastus intermedius")) | 160 |
| Scopus | (TITLE-ABS-KEY(validity OR reliability OR "measurement error" OR "error of measurement" OR "coefficient of variation") AND TITLE-ABS-KEY(thickness) AND TITLE-ABS-KEY("quadriceps femoris" OR "rectus femoris" OR "vastus lateralis" OR "vastus medialis" OR "vastus intermedius")) | 114 |

APÊNDICE B – Critérios e classificação da COSMIN

Critérios:

1. Os voluntários ficaram estáveis no tempo entre as medidas repetidas.
2. O intervalo de tempo entre as medidas repetidas foi adequado.
3. As condições das medidas repetidas foram semelhantes.
4. O(s) profissional(is) repetiram a coleta sem conhecimento dos valores da medida anterior.
5. O(s) profissional(is) atribuíram escores ou determinaram valores sem conhecimento dos valores anteriores.
6. Houve alguma outra falha importante no desenho ou nos métodos estatísticos do estudo.
7. Foi calculado o índice estatístico adequado ao objetivo do estudo.

Classificação:

- Muito bom: quando há evidências ou argumentos convincentes fornecidos de que o padrão foi atendido.
- Adequado: quando se assume, embora não explicitamente descrito, que o padrão foi atendido.
- Duvidoso: quando não está claro que o padrão foi cumprido.
- Inadequado: quando houver evidência de que o padrão não foi atendido.
- Informação indisponível: quando não houver qualquer informação que ajude no julgamento do critério.

APÊNDICE C – Valores para o cálculo da média ponderada do erro relativo

| Estudos | Músculos | ER | n |
|---------------------------------|----------|------|----|
| Arruda et al. (2022) | VL | 2,3 | 25 |
| Carr et al. (2021) | VL | 7,7 | 17 |
| Cleary et al. (2022) [a] | RF | 2,8 | 15 |
| Cleary et al. (2022) [b] | VL | 3,3 | 15 |
| Dudley-Javoroski et al. (2010) | VL | 6,4 | 16 |
| Ema et al. (2013) | RF | 2,4 | 14 |
| Franchi et al. (2018) | VL | 1,7 | 9 |
| Gomes et al. (2010) | RF | 4,6 | 15 |
| Lanferdini et al. (2021) [a] | RF | 17,9 | 22 |
| Lanferdini et al. (2021) [b] | VL | 14,7 | 22 |
| Lima e Oliveira (2013) | VL | 3,8 | 14 |
| Mairet et al. (2006) | VL | 7,9 | 19 |
| Oranchuk et al. (2020) [a] | RF | 4,1 | 26 |
| Oranchuk et al. (2020) [b] | VL | 3,8 | 26 |
| Oranchuk et al. (2020) [c] | VI | 9,3 | 26 |
| Soares, Nogueira e Gomes (2021) | VL | 2,9 | 12 |

APÊNDICE D – Equação de busca do estudo 2

| Base de dados | Equações de busca (29/03/2022) | Artigos (n) |
|----------------|--|-------------|
| Pubmed | (("thick"[All Fields] OR "thickness"[All Fields] OR "thicknesses"[All Fields]) AND ("resistance training"[All Fields] OR "strength training"[All Fields]) AND ("quadriceps femoris"[All Fields] OR "rectus femoris"[All Fields] OR "vastus lateralis"[All Fields] OR "vastus medialis"[All Fields] OR "vastus intermedius"[All Fields])) | 204 |
| Web of Science | (TS=(thickness) AND TS=("strength training" OR "resistance training") AND TS=("quadriceps femoris" OR "rectus femoris" OR "vastus lateralis" OR "vastus medialis" OR "vastus intermedius")) | 180 |
| Scopus | (TITLE-ABS-KEY(thickness) AND TITLE-ABS-KEY("resistance training" OR "strength training") AND TITLE-ABS-KEY("quadriceps femoris" OR "rectus femoris" OR "vastus lateralis" OR "vastus medialis" OR "vastus intermedius")) | 283 |

APÊNDICE E – Critérios e condições de pontuação da TESTEX

1. Elegibilidade especificada: um ponto foi concedido se os critérios de elegibilidade foram especificados e cumpridos.
2. Randomização especificada: um ponto foi concedido se o método descrito para alocar os sujeitos do estudo em cada grupo foi verdadeiramente aleatório.
3. Ocultação de alocação: um ponto foi concedido se a alocação do grupo foi ocultada dos participantes elegíveis para inclusão no estudo, onde o consentimento deve ter sido dado antes da randomização.
4. Semelhança na linha de base dos grupos: um ponto foi concedido se os dados de linha de base foram separados por alocação de grupo e não apresentaram nenhuma diferença significativa.
5. Cegamento do avaliador: um ponto foi concedido se foi declarado que o avaliador de pelo menos uma medida de desfecho primário estava cego. O critério não levou em consideração o cegamento de quem aplicou ou recebeu o tratamento.
6. O sexto critério foi dividido em três pontos: adesão, relato de eventos adversos e frequência ao exercício. Um ponto foi concedido se a adesão foi maior que 85% para cada grupo, ou seja, a porcentagem de participantes que completaram o estudo em cada grupo deve ter sido informada e com perdas inferiores a 15%. Um ponto foi concedido se os eventos adversos que levaram os participantes a abandonarem o estudo foram relatados ou se não houveram perdas de participantes. Um ponto foi concedido se a frequência de sessões de exercício relativa concluídas for informada.
7. Análise de intenção de tratar: um ponto foi concedido se a análise de intenção de tratar for realizada nos resultados de interesse, ou seja, se houveram saída de sujeitos o último valor obtido ou valor de linha de base da respectiva medida deve ter sido utilizada como valor de pós intervenção. Caso não aja perda de sujeitos o ponto também foi concedido.
8. O oitavo critério foi dividido em dois pontos: comparação entre grupos da medida de desfecho primário e comparação entre grupos de desfecho secundário. Um ponto foi concedido se foram relatadas as comparações

estatísticas entre grupos para as medidas de desfecho primário de interesse. Um ponto foi concedido se foram relatadas as comparações estatísticas para pelo menos uma medida de resultado secundário.

9. Medidas pontuais e de variabilidade: um ponto foi concedido se todos os resultados foram relatados com estimativas pontuais e pelo menos uma medida de variabilidade.
10. Atividades do grupo controle: um ponto foi concedido se os participantes do grupo controle foram solicitados a relatar seus níveis de atividade física, onde esses dados devem ser quantificados e apresentados. Este monitoramento pode ter sido realizado via questionário, diário de atividades, acelerometria ou monitoramento da frequência cardíaca.
11. Intensidade relativa do exercício: um ponto foi concedido se a carga do exercício foi avaliada e ajustada periodicamente com objetivo de manter a intensidade relativa constante. Se o exercício proposto for até a fadiga periférica ou central, o ponto também foi concedido.
12. Volume de exercício e gasto energético: um ponto foi concedido se o volume do exercício ou o gasto de energia poderiam ser calculados. As características da sessão de treino deveriam ser claramente relatadas.

APÊNDICE F – Domínios a serem atendidos da RoB 2.0

1. Viés no processo de randomização: os autores da revisão deviam julgar se houve uma descrição detalhada do método utilizado para gerar a sequência aleatória, para permitir avaliar se foi possível produzir grupos comparáveis.
2. Viés de intervenção pretendida: os autores da revisão deviam julgar se o desfecho não se alterava pela falta de cegamento dos participantes e da equipe, devido a sua impossibilidade no caso de estudos de treinamento.
3. Viés de atrito de desfechos incompletos: os autores da revisão deviam julgar (1) se os dados relacionados aos desfechos estavam completos para cada desfecho principal, incluindo perdas e exclusão da análise, (2) se as perdas e exclusões foram informadas no estudo, assim como suas respectivas razões e (3) se dados perdidos foram imputados utilizando-se métodos apropriados.
4. Viés de aferição dos desfechos: os autores da revisão deviam julgar se houve medidas para cegar os avaliadores de desfecho em relação ao conhecimento da intervenção fornecida a cada participante.
5. Viés de relato de desfechos: os autores da revisão deviam julgar se houve a possibilidade de os desfechos terem sido selecionados ao descrever os resultados.

APÊNDICE G – Valores para o cálculo da média ponderada do aumento médio (%)

| Estudos | Músculos | Δ (%) | n |
|----------------------------|----------------|--------------|----|
| Alegre et al. (2006) | VL + VI medial | 7,0 | 16 |
| Ansdell et al. (2020) | VL medial | 3,6 | 10 |
| Botton et al. (2016) [a] | QF | 8,4 | 14 |
| Botton et al. (2016) [b] | QF | 8,9 | 15 |
| Brandner et al. (2019) [a] | QF | 12,8 | 11 |
| Brandner et al. (2019) [b] | QF | 9,3 | 10 |
| Coratella et al. (2021) | VL medial | 7,8 | 15 |
| Ema et al. (2013) [a] | VL distal | 9,2 | 11 |
| Ema et al. (2013) [b] | VL proximal | 8,4 | 11 |
| Ema et al. (2013) [c] | VM proximal | 10,1 | 11 |
| Ema et al. (2013) [d] | RF distal | 21,5 | 11 |
| Ema et al. (2013) [e] | RF proximal | 16,1 | 11 |
| Ema et al. (2013) [f] | VIL distal | 1,4 | 11 |
| Ema et al. (2013) [g] | VIL proximal | -0,5 | 11 |
| Ema et al. (2013) [h] | VIM distal | 13,5 | 11 |
| Ema et al. (2013) [i] | VIM proximal | 9,9 | 11 |
| Matta et al. (2014) [a] | RF proximal | 14,3 | 12 |
| Matta et al. (2014) [b] | RF distal | 55,0 | 12 |
| Matta et al. (2015) [a] | RF medial | 13,6 | 12 |
| Matta et al. (2015) [b] | VL medial | 6,1 | 12 |
| Matta et al. (2015) [c] | VM medial | 5,8 | 12 |
| Matta et al. (2015) [d] | VI medial | 2,1 | 12 |
| Stock et al. (2016) [a] | VL medial | 3,4 | 15 |
| Stock et al. (2016) [b] | VL medial | 6,8 | 16 |
| Trindade et al. (2019) [a] | RF proximal | 25,0 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [b] | RF distal | 30,0 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [c] | VL proximal | 27,0 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [d] | VL distal | 28,7 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [e] | VM proximal | 25,2 | 12 |

| | | | |
|----------------------------|-------------|------|----|
| Trindade et al. (2019) [f] | VM distal | 27,7 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [g] | RF proximal | 22,3 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [h] | RF distal | 42,3 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [i] | VL proximal | 31,1 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [j] | VL distal | 41,0 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [k] | VM proximal | 25,4 | 12 |
| Trindade et al. (2019) [l] | VM distal | 23,4 | 12 |