



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA UFOP – EEFUFOP
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**



Letícia Silva Garcia

Estudo das medidas da espessura muscular após uma única sessão de exercício de força: existe diferença entre as medidas obtidas diretamente do ultrassom com as avaliadas por meio do *software* ImageJ?

Ouro Preto - MG

Março de 2025

Letícia Silva Garcia

Estudo das medidas da espessura muscular após uma única sessão de exercício de força: existe diferença entre as medidas obtidas diretamente do ultrassom com as avaliadas por meio do *software* ImageJ?

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à disciplina Seminário de TCC (EFD356), do curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para aprovação na mesma.

Orientador: Prof. Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto

Coorientadora: Prof^a. Msc. Cristina Maria de Oliveira Trindade

Ouro Preto - MG

Março de 2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

G216e Garcia, Leticia Silva.

Estudo das medidas da espessura muscular após uma única sessão de exercício de força [manuscrito]: existe diferença entre as medidas obtidas diretamente do ultrassom com as avaliadas por meio do software ImageJ?. / Leticia Silva Garcia. - 2025.
40 f.

Orientador: Prof. Dr. Kelson Mauro de Castro Pinto.

Coorientadora: Ma. Cristina Maria de Oliveira Trindade.

Produção Científica (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Educação Física. Graduação em Educação Física .

Área de Concentração: Fisiologia do Exercício.

1. Exercício de força - Protocolo. 2. Músculos. 3. Ultrassom. 4. Ciclismo. 5. Educação física. I. Pinto, Kelson Mauro de Castro. II. Trindade, Cristina Maria de Oliveira. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 796

Bibliotecário(a) Responsável: Angela Maria Raimundo - SIAPE: 1.644.803



FOLHA DE APROVAÇÃO

Letícia Silva Garcia

Estudo das medidas da espessura muscular após protocolo de exercício de força:
existe diferença entre as medidas de espessura muscular obtidas diretamente do ultrassom com as avaliadas por meio do software ImageJ?

Monografia apresentada ao Curso de Educação Física - Bacharelado, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Educação Física

Aprovada em 20 de março de 2025

Membros da banca

Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Emerson Cruz de Oliveira - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. Raianne dos Santos Baleeiro - Universidade Federal de Ouro Preto

Kelerson Mauro de Castro Pinto, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 28/03/2025



Documento assinado eletronicamente por **Kelerson Mauro de Castro Pinto**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/03/2025, às 09:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0884389** e o código CRC **E57ECBAD**.

AGRADECIMENTOS

A jornada até a conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso foi desafiadora, enriquecedora e repleta de aprendizados. Nenhuma conquista acontece de forma isolada, e por isso, expresse minha gratidão a todos que, de alguma forma, fizeram parte desse processo.

Aos meus pais, Clóvis e Leacira, meu alicerce inabalável, minha maior inspiração, meus exemplos de amor, dedicação, força e os responsáveis por tudo que sou e conquistei até aqui. Desde o início, nunca mediram esforços para me proporcionar as melhores oportunidades, abrindo caminhos, apoiando cada escolha e acreditando em mim mesmo nos momentos em que duvidei do meu próprio potencial. Todo o sacrifício que fizeram, cada gesto de carinho e incentivo, cada palavra de apoio, fizeram com que eu tivesse a base sólida necessária para conquistar meus sonhos. Sem vocês, essa jornada não seria possível. Todo o meu amor, admiração e gratidão eternos.

Ao meu irmão, Augusto, por sempre estar ao meu lado, me incentivando e compartilhando comigo cada passo dessa caminhada.

A todos os meus familiares, por acreditarem no meu potencial, pelo carinho e pelo suporte em cada etapa da minha trajetória acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto, pela confiança depositada em mim ao me conceder a responsabilidade de um projeto de iniciação científica tão minucioso e desafiador que virou meu trabalho de conclusão de curso. Sua orientação, paciência e dedicação foram essenciais para meu crescimento acadêmico e profissional. Agradeço também por acreditar no meu potencial e por me proporcionar essa oportunidade, na qual me empenhei ao máximo dando o meu melhor.

À minha coorientadora, Prof^a. Msc. Cristina Maria de Oliveira Trindade, pela atenção, apoio e contribuições valiosas ao longo dessa trajetória. Sua experiência e orientações foram fundamentais para a construção deste trabalho.

A todos os professores do curso de Educação Física Bacharelado da UFOP, em especial a Prof^a. Dr^a. Lenice Kappes Becker e o Prof. Dr. Emerson Cruz por

compartilharem conhecimentos, incentivarem o pensamento crítico e contribuirão para minha formação.

Aos meus amigos, por estarem ao meu lado nos momentos de desafios e conquistas, oferecendo apoio e tornando essa jornada mais leve e especial. Ao período 2020.1, pela troca de experiências e aprendizado compartilhado ao longo da graduação.

A todos os membros do Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFOP (LABFE), por proporcionar um ambiente de aprendizado, pesquisa e crescimento, fundamental para a realização deste estudo.

E, por fim, gratidão a minha primeira casa e família que tive em Ouro Preto, viva a República Além da Lenda!

RESUMO

A capacidade motora força compõem, atualmente, qualquer tipo de treinamento, sendo a hipertrofia muscular uma das principais adaptações desejadas, por isso, a avaliação desta adaptação se torna fundamental nos estudos. Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de uma única sessão de exercício de agachamento na espessura muscular (EM) do quadríceps, utilizando duas metodologias de análise das medições: *software* do ultrassom (U) e o *software* ImageJ (IMA). A amostra inclui doze ciclistas amadores do sexo masculino, que passaram por avaliação física, teste de 1RM e um exercício de agachamento na barra guiada a 75% de 1RM, com 10 séries de 10 repetições e pausas passivas de dois minutos entre as séries. A medição da espessura muscular ocorreu em três momentos distintos: pré exercício, 24 horas e 48 horas após a intervenção. Os resultados demonstram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as medições obtidas pelo U e pelo IMA em todas os momentos analisados. Além disso, apenas nas análises do músculo Reto Femoral (RF) a nível de 60%, realizadas pelo IMA, foram observados valores superiores da EM nos momentos de 24 horas e 48 horas pós exercício ($p = 0.012$). Os resultados obtidos neste estudo indicam que a técnica de análise das imagens da EM do quadríceps, obtidas por meio de ultrassonografia (US), pode influenciar nos resultados.

Palavras-chave: ciclismo; protocolo de exercício de força; espessura muscular; ultrassom; educação física

ABSTRACT

Motor strength capacity currently encompasses any type of training, with muscle hypertrophy being one of the main desired adaptations. Therefore, the assessment of this adaptation becomes fundamental in studies. This study aims to evaluate the effect of a single squat exercise session on quadriceps muscle thickness (MT), using two depth analysis methodologies: ultrasound software (U) and ImageJ software (IMA). The sample included twelve male amateur cyclists, who underwent physical evaluation, 1RM test and a guided barbell squat exercise at 75% of 1RM, with 10 sets of 10 repetitions and passive pauses of two minutes between sets. Muscle thickness was measured at three different times: pre-exercise, 24 hours and 48 hours after the intervention. The results demonstrate statistically significant differences ($p < 0.05$) between the observations obtained by U and IMA at all times analyzed. Furthermore, only in the analyses of the rectus femoris muscle (RF) at the 60% level, performed by IMA, were higher EM values collected at 24 hours and 48 hours post-exercise ($p = 0.012$). The results obtained in this study indicate that the technique of analysis of the EM images of the quadriceps, obtained by means of ultrasonography (US), can influence the results.

Keywords: cycling; strength exercise protocol; muscle thickness; ultrasound; physical education

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO GERAL.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3.1 Delineamento do estudo.....	11
3.2 Característica da amostra.....	11
3.3 Protocolo de exercício de força.....	12
3.4 Instrumento.....	13
3.5 Processo para medição – Ultrassom	14
3.6 Processo para medição – ImageJ.....	16
3.7 Análise Estatística.....	18
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSSÃO	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
7. REFERÊNCIAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) tem ganhado destaque devido aos seus benefícios para a saúde geral, o desempenho esportivo e o bem-estar físico (UCHIDA et al., 2020). Um dos objetivos principais desse tipo de treinamento é promover a hipertrofia muscular, que contribui tanto para a melhoria da saúde quanto para o aprimoramento do desempenho esportivo (Conceição et al., 2012). A hipertrofia ocorre por meio de diversos mecanismos, sendo o estímulo gerado pelo protocolo de treinamento de força, fator determinante (Uchida et. al., 2020). Além dos efeitos crônicos citados, evidências científicas também demonstram que uma única sessão de exercício de força pode provocar alterações subagudas nos aspectos metabólicos, hemodinâmicos e de estrutura da fibra muscular (micro traumas no tecido muscular e conectivo) perceptíveis após o esforço (Umpierre et. al., 2007; Conceição et. al., 2012).

Nos últimos anos, tecnologias avançadas, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, têm sido empregadas para avaliar com precisão a área de secção transversa (AST) e a espessura muscular (EM), possibilitando a mensuração das alterações na hipertrofia muscular induzidas pelo treinamento (Pinto et. al., 2022) e lesões decorrentes dele, ou seja, das sessões de treinamento. Contudo, essas tecnologias apresentam um custo elevado, e como alternativa, a ultrassonografia (US) destaca-se por sua praticidade e menor custo em comparação a outros métodos de avaliação da hipertrofia muscular, além de sua fácil operacionalização (Ema et al., 2013a; Franchi et al., 2018a).

Na década de 1990, foi introduzido o método de US panorâmica, também conhecido como "extended field of view" (Weng et. al., 1997). Essa técnica permite a captura de imagens ampliadas por meio da movimentação uniforme e contínua do transdutor sobre a pele, com aplicação de pressão mínima, e utiliza um software específico para renderizar as imagens estáticas (Elliott, 2006; Ahtiainen et. al., 2010). A US panorâmica oferece a vantagem de permitir a visualização de porções proximal, medial e distal de um músculo ou grupo muscular em uma única imagem (Arruda et al., 2022; Oranchuk et al., 2020; Soares; Nogueira; Gomes, 2021). Essa abordagem possibilita a análise de adaptações regionais na arquitetura muscular, como a hipertrofia seletiva, sem a necessidade de múltiplas imagens. Apesar disso, a técnica mais utilizada de US para avaliar a hipertrofia muscular continua sendo no seu modo

2D, principalmente devido ao seu baixo custo (Earp et. al., 2015; Ema et. al., 2013a; Mangine et. al., 2018; Matta et. al., 2017; Trindade et. al., 2019).

Tanto para a US panorâmica quanto para o US 2D, fatores como o ângulo e a pressão do transdutor sobre a pele podem interferir nos resultados, pois o posicionamento inadequado dificulta a detecção dos ecos refletidos (Larivière et al., 2013a, 2013b). Assim, o posicionamento cuidadoso do transdutor, aliado a descrições metodológicas detalhadas, é essencial para garantir a replicabilidade das medidas, especialmente em estudos experimentais que exigem avaliações repetidas (Blazevich; Gill; Zhou, 2006; Ishida et al., 2018; Arruda et al., 2022; Cleary et al., 2022). Esse rigor metodológico é particularmente relevante em pesquisas que investigam o impacto do treinamento de força, onde as mudanças observadas podem ser pequenas (Coratella et al., 2021; Stock et al., 2016). O método funciona por meio da emissão de ondas ultrassônicas de frequências variáveis, que penetram nos tecidos corporais, refletem ecos de diferentes impedâncias acústicas e os convertem em sinais elétricos no transdutor (O'brien, 2007).

Vários estudos que utilizam a técnica da US 2D para avaliar a EM, utilizam posteriormente às imagens captadas, outro *software* para a análise final de uma provável alteração induzida pelo exercício. O ImageJ, *software* de código aberto destaca-se nestes estudos. Ele oferece ferramentas versáteis para diferentes níveis de usuários. Sua interface simples e estável, praticamente inalterada desde os primeiros anos, combina com uma flexibilidade que permite personalização e extensões para atender necessidades específicas de análises. O programa suporta tarefas básicas, como abrir imagens em diferentes formatos, anotar e processar imagens, até funcionalidades mais avançadas, como a análise de grandes volumes de dados de imagem e a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina. Além disso, o ImageJ possibilita medições precisas e a determinação do tamanho de estruturas, seja importando informações de tamanho dos metadados da imagem ou configurando a escala manualmente. Sua adaptabilidade e recursos abrangentes tornam o ImageJ uma ferramenta indispensável em diversas áreas de pesquisa (Schroeder et. al., 2021).

Dentre os diferentes tipos de erro em pesquisa científica, destacam-se o erro sistemático e o erro casual, que impactam nas medidas e comprometem as análises dos resultados. De acordo com Rodrigues (1956), o erro sistemático ocorre devido a

fatores que, ao agirem de maneira constante sobre um instrumento, um processo de mensuração ou um operador, afetam os resultados de forma previsível. Já o erro casual, conforme o mesmo autor, resulta da influência de diversos fatores que fazem com que a diferença entre a medida e a grandeza mensurada ora seja positiva, ora negativa, de modo que, quanto maior o número de medidas realizadas, mais essas diferenças tendem a se anular, seguindo uma lei de distribuição de probabilidade.

Além disso, a limitação das análises dos *softwares* pode comprometer a precisão das medições, afetando os resultados. Nesse contexto, justifica-se a necessidade de compreender o impacto de diferentes estratégias de avaliação das imagens obtidas por meio da técnica de US, comparando os dados fornecidos diretamente pelo *software* do ultrassom (U) com aqueles analisados pelo *software* ImageJ (IMA) em relação aos valores da EM. Essa análise mostra-se relevante, pois uma inconsistência milimétrica nas medições pode influenciar a interpretação dos resultados e, conseqüentemente, a avaliação das respostas ao exercício. Assim, a pesquisa contribui para o desenvolvimento de análises mais precisas e confiáveis no âmbito da avaliação do treinamento físico.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de uma única sessão de exercício de agachamento na barra guiada nas medidas de EM dos músculos Reto Femoral (RF) e Vasto Lateral (VL), comparando as medições obtidas diretamente do U e aquelas avaliadas por meio do IMA.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento do estudo

Será adotado um estudo do tipo experimental, com praticantes recreacionais de ciclismo. Os voluntários foram convidados a participar do estudo por meio de mídias sociais dentro da cidade de Ouro Preto e região. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Ouro Preto, CAAE: 65847422.1.0000.5150 e número do parecer: 5.902.367. Este projeto faz parte de um projeto de pesquisa maior. Todos os voluntários foram informados de todos os procedimentos que seriam realizados ao longo do desenvolvimento da pesquisa, bem como os eventuais riscos e benefícios associados à sua participação no estudo. Os voluntários que concordaram com tais procedimentos e se enquadravam dentro dos critérios de inclusão, foram convidados a formalizar seu consentimento por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

3.2 Característica da amostra

A amostra foi composta por 12 voluntários do sexo masculino, sendo que todos eram ciclistas amadores, com idade entre 20 e 44 anos. Os sujeitos engajados na pesquisa possuíam uma estatura média de 178,25 cm e massa corporal (kg) média equivalente a 76,46 kg. Foram adotados como critérios de exclusão sujeitos: (1) menores de 18 anos; (2) que não comparecessem na bateria de testes físicos no dia e hora programados; (3) que apresentassem algum tipo de enfermidade que fosse comprometer a coleta dos dados; (4) fumantes; (5) que fizessem uso de medicamentos como anti-inflamatórios e antibióticos e/ou outros que comprometessem os dados da pesquisa; (7) indivíduos que utilizassem suplementos que interfira na recuperação muscular e (8) por livre e espontânea vontade do

voluntário. Já como critério de inclusão, bastava os indivíduos serem saudáveis e praticantes de ciclismo há 1 ano e competindo há 6 meses.

3.3 Protocolo de exercício de força

O exercício de força selecionado para este estudo foi o agachamento na barra guiada. Inicialmente, todos os voluntários foram submetidos ao teste de anamnese e o teste para avaliar a força máxima, definida como a capacidade de executar uma repetição máxima (1-RM) (Miranda et. al., 2019). Após essa primeira etapa, passava-se 14 dias após a realização do teste de 1-RM, e então os participantes eram orientados a evitar qualquer tipo de exercício físico por 48 horas antes da intervenção. Este protocolo, adaptado de Byrne e Eston (2002), consistia em executar 10 séries, com a meta de realizar 10 repetições em cada série utilizando 75% de 1-RM. O intervalo entre as séries foi de 120 segundos. Os voluntários realizaram o exercício de agachamento até atingir um ângulo de 90° e seguiram um ritmo de execução que incluía 1 segundo na fase concêntrica e 3 segundos na fase excêntrica (Armstrong et. al., 2022) para que a repetição fosse considerada válida. Dessa forma, os voluntários foram submetidos a medição da EM pelo ultrassom no quadríceps, pré exercício, 24 horas e 48 horas após a intervenção. As coletas de dados foram realizadas sempre num mesmo horário, período noturno.



Fonte: Google imagens

3.4 Instrumento

Para a análise dos dados da EM do músculo RF e VL, foi utilizado um aparelho de US portátil (Mobissom) equipado com um transdutor linear (Modelo M2D®), multifrequencial de 7,5 MHz e 10 MHz. Um protocolo padronizado (incluindo a colocação do transdutor de forma perpendicular, marcos anatômicos em nível muscular de 40% (RF) e 60% (RF e VL) e posição do sujeito deitado em decúbito dorsal, foi definido pelo mesmo examinador. Também incluiu configurações de ultrassom (frequência de 10 MHz, ganho de 100dB, profundidade de 60mm) que foram mantidas constantes entre os sujeitos e em todos os períodos. Todas as medições de imagem foram realizadas por um único examinador, usando o U, assim como também avaliado os dados pelo IMA (NIH, Bethesda, MD, EUA). Valores médios foram usados como representativos da espessura dos músculos RF e VL. A EM, expressa em mm, foi definida como a distância da interface do tecido adiposo subcutâneo à interface músculo-osso. (SIQUEIRA et al., 2018).

O aparelho realizado para a US pode ser visualizado na FIG. 1.



Figura 1 – Ultrassom portátil linear (Modelo M2D®)

Fonte: Mobissom

3.5 Processos para medição – Ultrassom

A medição da musculatura que compõem o quadríceps pela US segue uma cronologia de procedimentos:

1. O examinador solicita ao indivíduo que se sente na maca, com os joelhos fletidos a 90° e em posição neutra.
2. Em seguida, utilizando uma fita antropométrica, mede-se o comprimento do quadríceps, tomando como referência a região lateral da coxa e considerando a distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur.
3. Com base nessa referência, marca-se 60% do comprimento total da lateral da coxa e, a partir dessa medida, acrescenta-se 3 cm medialmente (sentido anterior da coxa) para definir a referência do VL.
4. Após essa marcação, acrescenta-se mais 6 cm medialmente (sentido anterior da coxa) para determinar a referência do RF a 60%.
5. Para obter a referência do RF a 40%, repete-se o procedimento anterior, mas acrescenta 9 cm medialmente (sentido anterior da coxa).
6. Para garantir a replicação exata da localização das imagens nas avaliações subsequentes, realiza-se todas as marcações utilizando um pincel indelével, assegurando maior precisão nas três coletas realizadas: pré exercício, 24 horas e 48 horas após a intervenção.
7. Em seguida, solicitou-se ao voluntário que se deite na maca em decúbito dorsal, com o joelho em extensão máxima e rotação neutra.
8. Para permitir o contato acústico sem pressionar a superfície dérmica, aplicou-se um gel de transmissão solúvel em água na sonda de ultrassom.
9. Após obter uma imagem de qualidade satisfatória, manteve-se a captura para análise posterior da EM do respectivo músculo.
10. Todas as imagens capturas pelo U, foram salvas em um tablet modelo Galaxy Tab S6 Lite 64GB da marca Samsung.

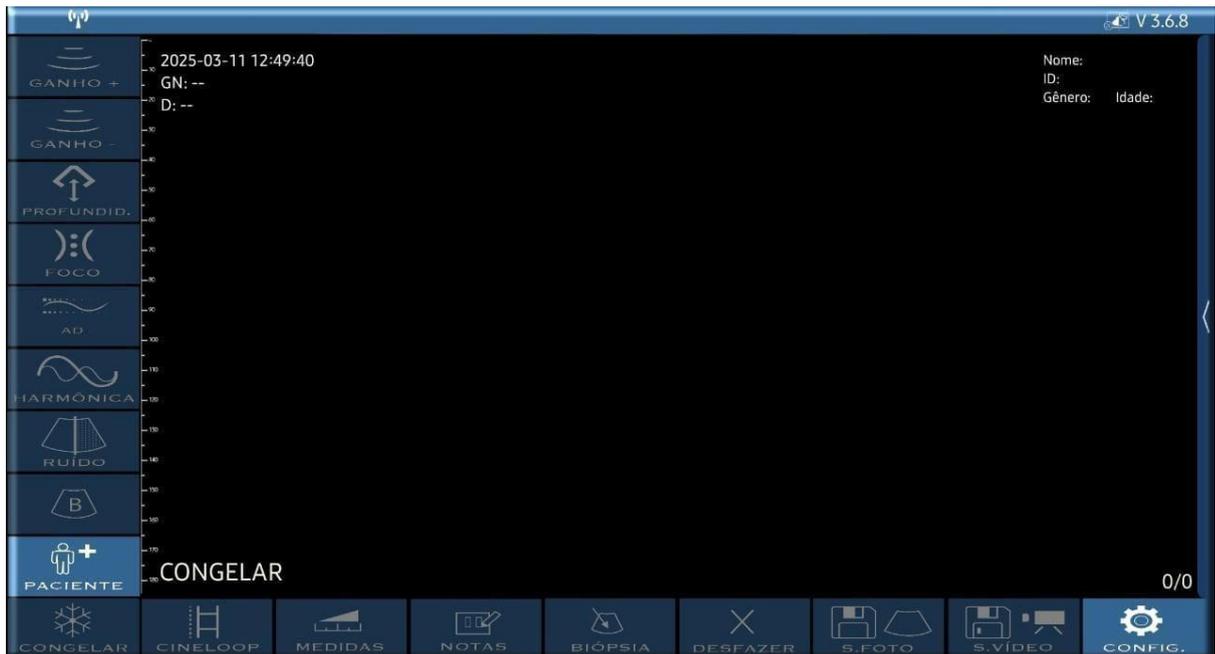


Figura 2 – Software do ultrassom (U) portátil linear (Modelo M2D®)

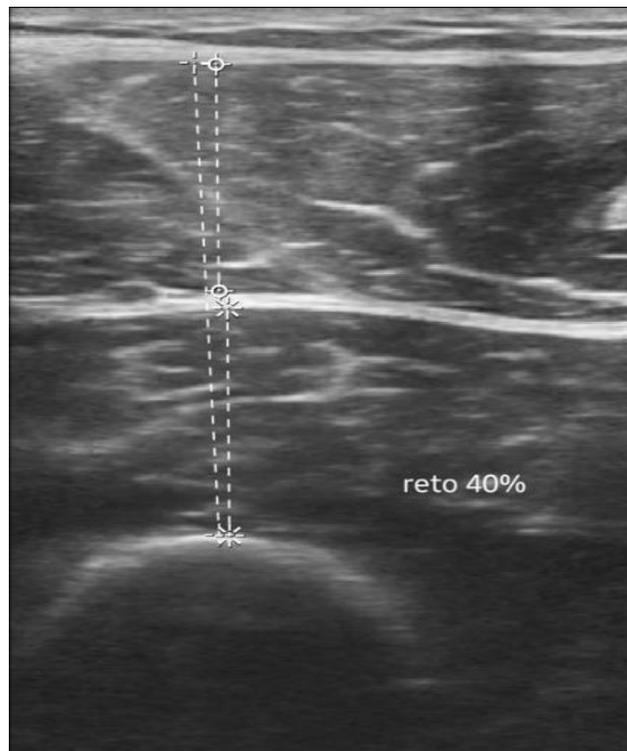


Figura 3 – Medição do músculo Reto Femoral (RF) (pontilhado branco com círculo na parte superior da figura) a nível de 40% pelo Software do ultrassom (U).

3.6 Processos para medição – ImageJ

O *software* de acesso público ImageJ 1.43a, versão 64 bits (National Institutes of Health, Bethesda, EUA; <https://imagej.net/ij/>), desenvolvido em Java e compatível com a maioria dos sistemas operacionais (Carmona et al., 2007), processa e analisa as imagens. No presente estudo, o pesquisador instala o *software* em um computador com processador AMD Ryzen 5 5600X® (Ryzen Corporation, EUA), 32 GB de memória RAM e sistema operacional Windows 10®, de 64 bits (Microsoft Corporation, EUA).

A medição pelo IMA ocorre em um local e momento distintos da medição feita pelo U, seguindo a seguinte cronologia de procedimentos:

1. Instalação do IMA no computador.
2. Após a instalação e o acesso ao *software*, segue-se o seguinte passo a passo:
3. Calibração do *software* utilizando uma imagem de uma folha A4 com um risco de caneta preta, marcando 10 cm medidos com régua.
4. Clicar em File > Open (ou arrasta e solta a imagem para calibrar).
5. Seleciona o ícone da "mão" e, em seguida, clica no ícone de "traço na diagonal para a direita".
6. Realizar um traço sobre a marcação da imagem, exibindo uma linha amarela para medir o comprimento, e o *software* calcula automaticamente a distância em pixels.
7. Com o risco amarelo na imagem, clicar em Analyze > Set Scale > Known Distance (digita 10 no espaço) > Unit of Length (digita cm no espaço) e confirma em "OK". O *software* recalcula o número de pixels por centímetro automaticamente.
8. Após a calibração, o *software* fica pronto para iniciar as medições de todas as imagens coletadas pelo ultrassom.
9. Abrir a imagem a ser medida clicando em File > Open (ou arrastando e soltando a imagem no *software*).
10. Realizar um traço vertical sobre o músculo a ser medido, respeitando todos os padrões de referência.

11. Em seguida, clicar em *Analyze > Measure*, e o *software* calcula automaticamente o comprimento em centímetros.

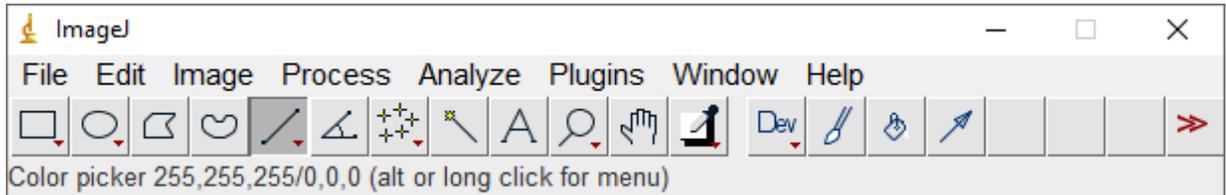


Figura 4 - *Software* do ImageJ (IMA) 1.43a

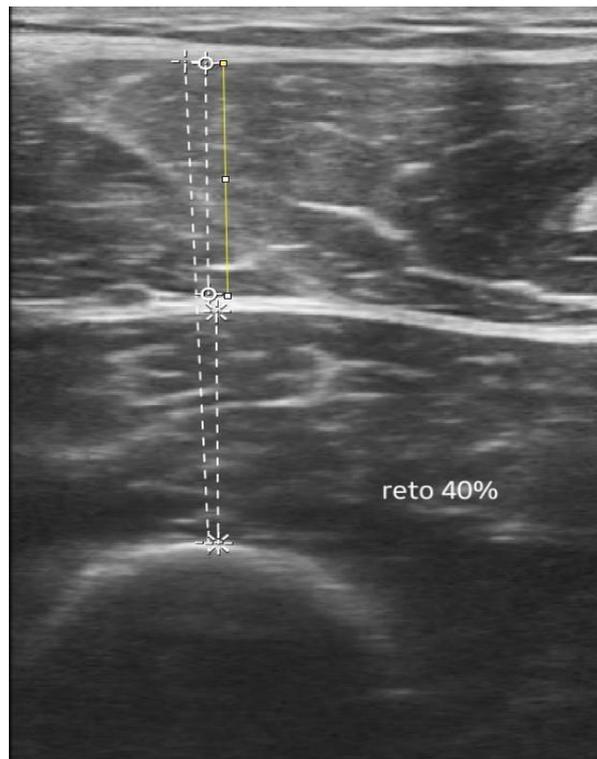


Figura 5 - Medição do músculo Reto Femoral (RF) (linha amarela) a nível de 40% pelo *Software* do ImageJ (IMA) 1.43^a.

3.7 Análise Estatística

Inicialmente serão analisados os pressupostos para escolha de estatística paramétrica ou não paramétrica sendo estes: Teste Shapiro Wilk e de Levene. Para a comparação entre os valores analisados pelos diferentes *softwares* (U e IMA) a cada momento de medida utilizou-se o Teste *t* de *Student* para medidas pareadas. Para avaliação do comportamento das medidas ao longo do tempo (pré exercício, 24 horas e 48 horas após a intervenção) foi realizada a análise de variância de um fator (*One-Way*), exceto para o músculo RF com medida analisada a nível de 60% pelo IMA, que apresentou valor de $p = 0.034$ no teste de Shapiro-Wilk. Neste caso foi realizada uma análise não paramétrica de Kruskal-Wallis. Para todas as análises adotou-se como nível de significância $p \leq 0,05$.

4. RESULTADOS

Na TAB. 1, tem-se os resultados expressos em média e desvio padrão para a caracterização da amostra, como idade (anos), massa corporal (kg), estatura (cm), IMC (kg/m²), massa corporal (kg), massa muscular (kg), gordura corpora (kg), peso alcançado no exercício de agachamento (1RM), tempo de competição (anos), volume semanal de treinamento (km).

Tabela 1: Caracterização da amostra

Características	Média	DP
Idade (anos)	33.58	8.21
Estatura (cm)	178.25	7.26
IMC (kg/m²)	23.96	1.73
Massa corporal (kg)	76.46	10.14
Massa muscular (kg)	35.73	4.64
Gordura corporal (kg)	13.47	5.34
1RM no Agachamento (kg)	102.17	11.30
Tempo de competição (anos)	6.58	7.89
Quantidade semanal de treinamento (km)	241.25	98.03

Legenda: cm = Centímetros. kg/m² = Quilograma por metro ao quadrado. kg = Quilograma. 1RM = Uma repetição máxima. km = Quilômetros.

O presente estudo avaliou a EM do RF e do VL em diferentes momentos e níveis musculares, utilizando duas análises distintas de avaliação: U e IMA. Para garantir uma melhor qualidade das análises estatísticas, inicialmente foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk (TAB. 2), que indicou que todas as amostras apresentaram distribuição normal. Dessa forma, optou-se pelo teste t para amostras pareadas, permitindo a comparação direta entre os dois métodos de avaliação.

Tabela 2: Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

U		IMA	W	p
RF 40% pré U	-	RF 40% pré IMA	0.877	0.080
RF 60% pré U	-	RF 60% pré IMA	0.926	0.340
VL 60% pré U	-	VL 60% pré IMA	0.886	0.105
RF 40% 24h U	-	RF 40% 24h IMA	0.898	0.151
RF 60% 24h U	-	RF 60% 24h IMA	0.902	0.168
VL 60% 24h U	-	VL 60% 24h IMA	0.917	0.259
RF 40% 48h U	-	RF 40% 48h IMA	0.968	0.890
RF 60% 48h U	-	RF 60% 48h IMA	0.919	0.275
VL 60% 48h U	-	VL 60% 48h IMA	0.886	0.105

Legenda: Um $p < 0.05$ sugere violação do pressuposto da normalidade. U = *Software* do Ultrassom. IMA = *Software* ImageJ. RF = Reto Femoral. VL = Vasto Lateral.

Os resultados das comparações, entre as duas estratégias de análise (U e IMA), a cada momento de medida (pré exercício, 24h e 48h após a intervenção) estão apresentadas na TAB. 3. As comparações apresentaram valores estatisticamente significativos para todas as medidas realizadas ($p < 0,05$) entre os diferentes *softwares*, para cada momento. A comparação da medição foi realizada considerando dois níveis musculares correspondentes a 40% e 60% para o RF e 60% para o VL (distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur).

Tabela 3: Teste t para amostras emparelhadas

Local de Medida Muscular	Momento da Medida	U cm	IMA cm	p
RF 40%	Pré	1.97±0.487	2.89±0.928	< .001
RF 60%	Pré	1.43±0.260	1.90±0.335	< .001
VL 60%	Pré	2.02±0.331	2.78±0.554	< .001
RF 40%	24h	1.98±0.330	3.14±0.603	< .001
RF 60%	24h	1.55±0.376	2.50±0.690	< .001
VL 60%	24h	2.06±0.335	3.26±0.564	< .001
RF 40%	48h	2.04±0.432	3.25±0.771	< .001
RF 60%	48h	1.52±0.328	2.35±0.418	< .001
VL 60%	48h	2.10±0.264	3.20±0.532	< .001

Legenda: $H_a \mu_{Medida 1} - Medida 2 \neq 0$. U = *Software* Ultrassom. IMA = *Software* ImageJ. RF = Reto Femoral. VL = Vasto Lateral. cm = centímetros.

A média do desvio-padrão e do coeficiente de variação (desvio padrão para U = 0,35 e para IMA = 0,60 e coeficiente de variação para U = 19,09% e para IMA = 21,32%) das medições indicam uma maior variação das médias quando utilizado o IMA. Valores mais baixos do desvio-padrão e do coeficiente de variação demonstram maior homogeneidade dos dados avaliados.

Na FIG. 6, tem-se o comportamento das medidas analisadas ao longo do tempo, para as diferentes técnicas de análises das imagens, nos diferentes pontos de referência muscular. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas quando analisado os valores das EM ao longo do tempo. Exceto para o músculo RF avaliado por meio do IMA a nível de 60% da distância entre o trocânter maior e epicôndilo lateral do fêmur ($p = 0.012$).

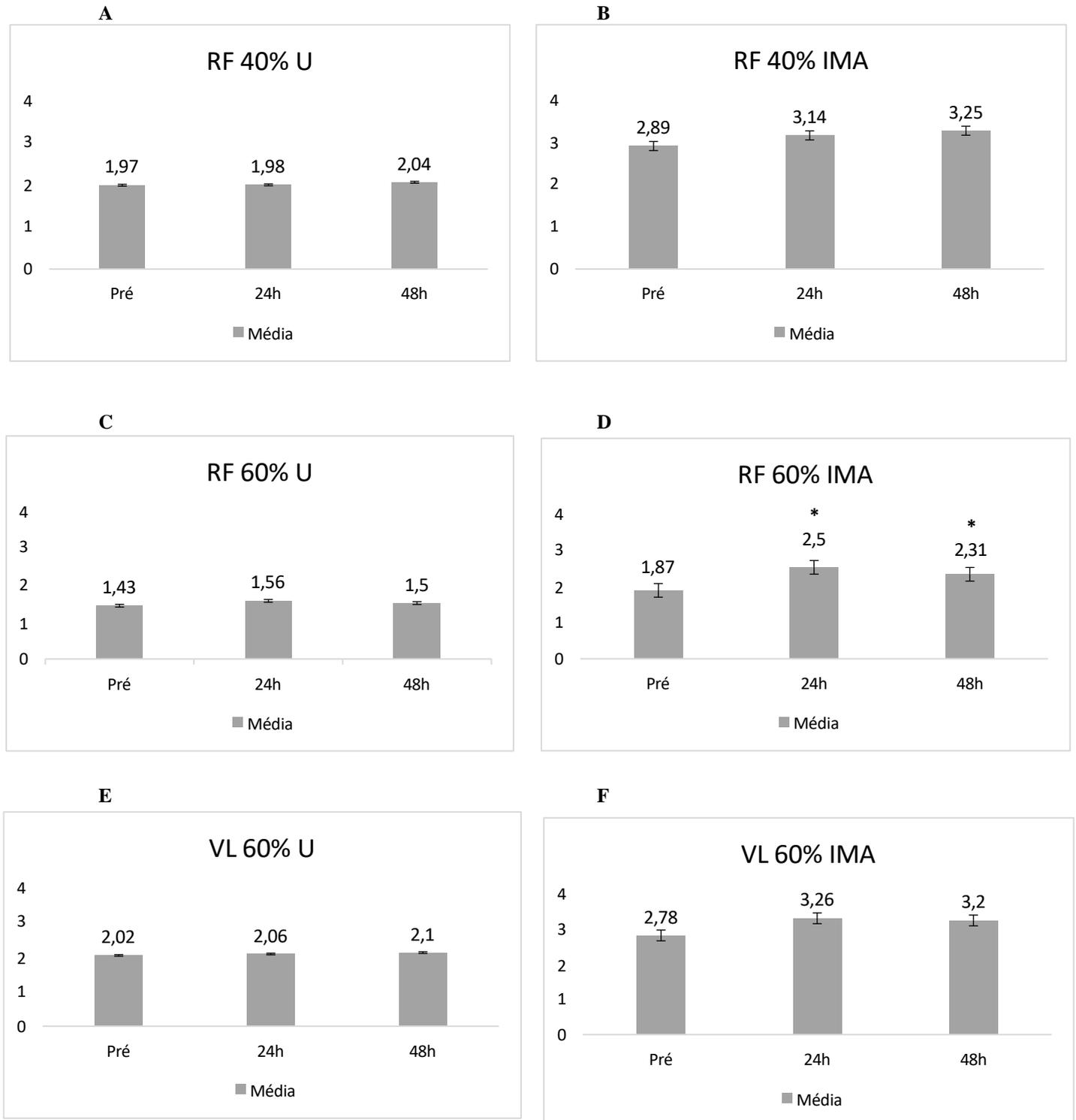


Figura 6 – Valores médios da Espessura Muscular (EM) nos momentos pré, 24h e 48h após uma única sessão de exercício de força nos músculos Reto Femoral (RF) a 40% e 60% e Vasto Lateral (VL) a 60%, analisados pelo *software* do ultrassom (U) e pelo *software* ImageJ (IMA). * $p < 0.05$ em relação ao momento Pré-exercício (Pré).

4. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo, avaliar o efeito de uma única sessão de exercício de força (exercício de agachamento na barra guiada) nas medidas de EM dos músculos RF e VL, comparando as medições obtidas diretamente do U e aquelas avaliadas por meio do IMA. Para uma melhor discussão sobre a importância deste estudo, foi realizada uma busca pelos registros nas bases de dados PubMed, Scielo, Portal Periódico da Capes e Google Acadêmico utilizando as palavras-chave: “ultrassom” *and* “espessura muscular”, dando preferência para os artigos publicados a partir do ano de 2020. Dentre os diversos registros encontrados, foram selecionados 50 estudos (2 de classificação A1, 2 de classificação A2, 1 de classificação A3, 12 de classificação B1, 9 de classificação B2, 2 de classificação B3, 5 de classificação C, 3 trabalhos de conclusão de curso, 5 teses de mestrado e 9 teses de doutorado), para leitura e análise dos dados.

Após a análise do título, resumo e da metodologia utilizada em cada um dos registros, foi organizada uma planilha contendo informações como: autor(es) e ano, título, desenho do estudo, características da amostra, EM, vínculo com exercício físico ou não, e tipo de *software* utilizado para análise das imagens. Dentre os estudos selecionados, 30 utilizaram o próprio U para a avaliação da imagem captada, 19 utilizaram o IMA e 1 (classificação C) utilizou o *software* Image-Pro, sendo desconsiderado no estudo por ser *software* distinto dos analisados neste estudo. Além disso, 10 dos 30 registros que utilizaram o U estavam relacionados ao exercício físico. Por outro lado, 13 dos 19 registros que utilizaram o IMA estavam vinculados ao exercício físico. O resumo dos registros selecionados para o estudo está apresentado na FIG. 7.

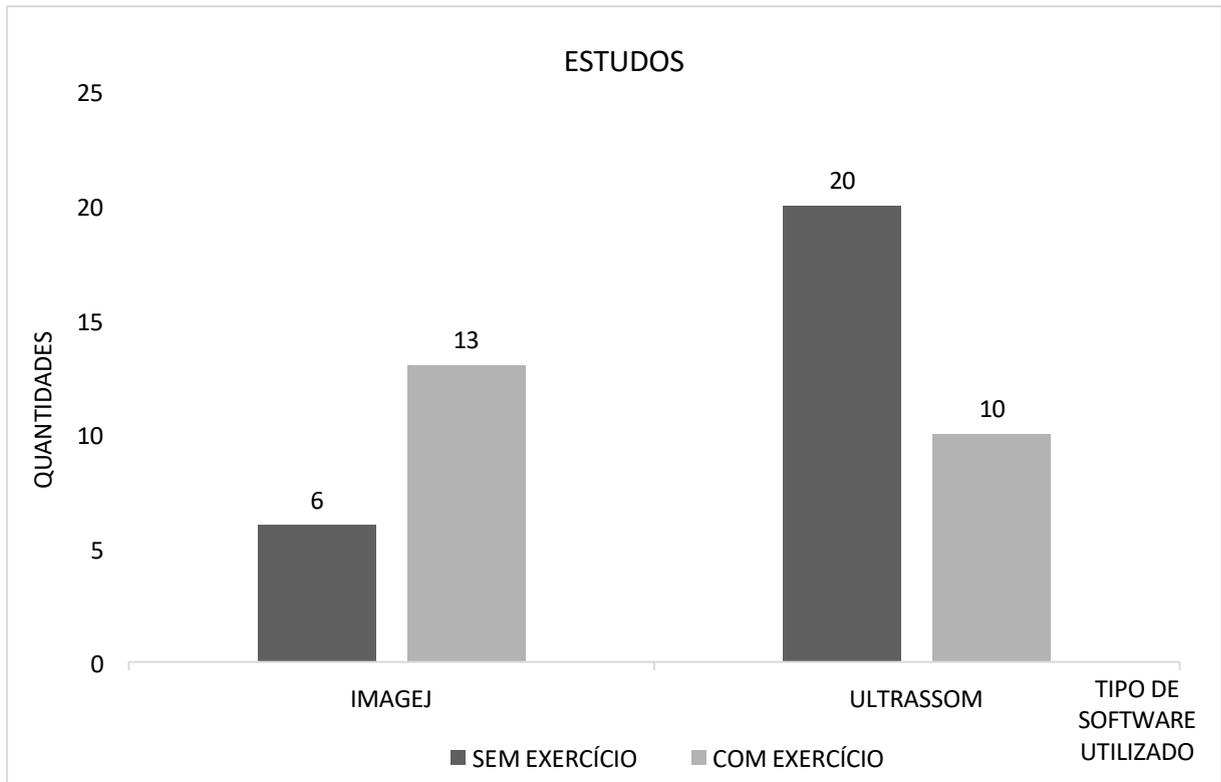


Figura 7 - Representação gráfica da quantidade de estudos que utilizaram o U e IMA vinculado ao exercício físico ou não vinculado ao exercício físico.

Dos 49 registros analisados, foram selecionados dois artigos, a título de exemplo, que utilizam o U e dois artigos que utilizam o IMA, todos vinculados ao exercício físico. Os participantes desses estudos eram predominantemente homens fisicamente ativos e saudáveis, sendo a musculatura do quadríceps a região analisada para a medição da EM. As características dos estudos incluídos estão resumidas nos QUADROS 1 e 2.

Quadro 1: Visão geral dos estudos elegíveis com IMA e exercício físico

Autor(es) e ano	SIQUEIRA, Angelina Freitas et al. 2018	DOURADO, Marco et al. 2023
Título	Multiple Cold-Water Immersions Attenuate Muscle Damage but not Alter Systemic Inflammation and Muscle Function Recovery: A Parallel Randomized Controlled Trial	Different time course recovery of muscle edema within the quadriceps femoris and functional performance after single multi-joint exercises
Desenho	Estudo paralelo randomizado controlado	Delineamento contrabalanceado unilateral e contralateral
Tamanho da amostra	n = 30	n = 14
Participantes	Homens fisicamente ativos	Homens jovens saudáveis
Espessura muscular	Reto femoral e vasto intermédio	Reto femoral e vasto lateral
Protocolo de Exercício	1. Cinco séries de 20 saltos de queda de uma caixa de 60 cm com dois minutos de descanso entre as séries 2. Salto vertical explosivo máximo	Testes máximo de dez repetições (10RM)
Tipo de software utilizado	ImageJ	ImageJ

Quadro 2: Visão geral dos estudos elegíveis com U e exercício físico

Autor(es) e ano	PADILHA, Ubiratan Contreira et al. 2020	CARVALHO, Maurício Tatsch Ximenes et al. 2019
Título	Respostas neuromusculares e metabólicas do método de treinamento de força FST-7 em homens treinados	Efeitos do exercício passivo precoce em cicloergômetro na espessura muscular do quadríceps femoral de pacientes críticos: estudo-piloto randomizado controlado
Desenho	---	Ensaio clínico piloto randomizado
Tamanho da amostra	n = 10	n = 24
Participantes	Homens com experiência em treinamento de força	Ambos os sexos, com idade superior a 18 anos
Espessura muscular	Reto femoral e vasto intermédio	Quadríceps femoral
Protocolo de Exercício	1) FST-7 (sete séries de 10 repetições de extensão unilateral de joelho com 30s de intervalo entre as séries, sendo 20 - 25s de alongamento do quadríceps; 2) CON (sete séries de 10 repetições de extensão unilateral de joelho com 30 s de intervalo entre as séries sem alongamento); e 3) TRAD (sete séries de 10 repetições de extensão unilateral de joelho com 120s de intervalo entre as séries sem alongamento). O trabalho total consistiu no somatório do que foi realizado nas sete séries de 10 repetições (joules).	Cicloergômetro no modo passivo, com o paciente em decúbito dorsal e elevação da cabeceira a 30°, por 20 minutos, cadência fixa de 20 ciclos/min, uma vez ao dia
Tipo de software utilizado	Ultrassom	Ultrassom

Ao analisarmos os dados dos estudos dos 49 artigos, que utilizaram tanto o U quanto o IMA para avaliar diferentes grupos musculares, em indivíduos saudáveis e não saudáveis, observou-se que 14 estudos utilizaram o U sem associação a protocolos de exercício e em pessoas com condições de saúde específicas, enquanto 2 estudos utilizaram o IMA para a mesma finalidade. Essas pesquisas abrangeram músculos como masseter, temporal, bíceps, braquial, RF, VL, vasto medial, tibial anterior, diafragma e gastrocnêmio medial. Outros 6 estudos empregaram o U em indivíduos saudáveis, enquanto 4 utilizaram o IMA, analisando músculos como diafragma, tríceps, bíceps, subescapular, abdominal, supra íliaca, axilar média, tórax, coxa, panturrilha, masseter, temporal, VL, RF e gastrocnêmio medial.

Ao incluir o exercício físico na análise e manter a distinção entre indivíduos saudáveis e não saudáveis, os resultados revelaram uma distribuição relativamente equilibrada entre as análises. A literatura consultada aponta 3 estudos com o U e 2 com o IMA para indivíduos não saudáveis submetidos ao exercício, enquanto para indivíduos saudáveis, 7 estudos utilizaram o U e 12 utilizaram o IMA. Conforme o levantamento realizado nestes estudos (49 artigos), com as palavras-chave: “ultrassom” *and* “espessura muscular”, esses dados sugerem que o U aparece mais frequentemente em pesquisas com indivíduos não saudáveis, enquanto o IMA é mais aplicado a estudos que envolvem indivíduos saudáveis, vinculados a protocolos de exercício.

Os resultados do presente estudo indicam que a medição da EM do quadríceps varia conforme o método empregado, evidenciando a influência da técnica na interpretação dos dados. As medições realizadas pelo IMA apresentaram valores superiores às obtidas diretamente do U. Essa diferença pode estar associada às características específicas de cada análise de medição, incluindo a forma como os algoritmos do ImageJ detectam interfaces musculares e como o ultrassom capta imagens em tempo real.

Outro achado relevante envolve o aumento da EM ao longo do tempo, especialmente 24 e 48 horas após a intervenção, observado somente na análise do músculo RF a nível de 60% pelo IMA. Alterações na EM, podem ser observadas após um exercício de força como sendo parte de uma resposta inflamatória (edema muscular) induzido pelo treinamento de força, sugerindo que o protocolo adotado induziu adaptações musculares temporárias (SILVA, Fernando Oliveira Catanho da;

MACEDO, Denise Vaz., 2011). Entretanto, esta diferença foi observada somente em uma das avaliações, ou seja, somente para um método de análise específico. Tal fato pode sugerir uma influência importante na análise dos dados de acordo com o *software* utilizado, podendo provocar erros de interpretação de dados (Rodrigues, 1956).

Apesar dos resultados observados, ambas as análises se apresentam como válidas para avaliar a EM, cada uma com vantagens e focos de estudos diferentes. A US destaca-se pela praticidade e pelo baixo custo operacional, sendo amplamente utilizado na prática clínica e científica. Por outro lado, o ImageJ permite análises mais detalhadas e reprodutíveis, favorecendo estudos que demandam alta precisão na medição. As diferenças sistemáticas entre as formas de análises reforçam a necessidade de padronização dos protocolos de medição para garantir maior comparabilidade dos resultados conforme o público-alvo do estudo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

30

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a técnica de análise das imagens da EM do quadríceps, obtidas por meio da US, pode influenciar nos resultados. Este estudo contribui para uma maior reflexão em relação as metodologias de avaliação da EM, auxiliando pesquisadores e profissionais da área na escolha do método mais adequado para suas análises. Pesquisas futuras podem explorar outras variáveis que influenciam as medições e investigar novas tecnologias para aumentar a precisão na mensuração das adaptações musculares ao treinamento de força.

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.

ALVES, Maria Janecléia Batista; DE SOUSA MODESTO, Adriano; SOUZA, Wesley Ronney Aires. Avaliação física: sua importância e efetividade nas academias. *Bioethics Archives, Management and Health*, v. 1, n. 1, p. 154-168, 2021.

ARMSTRONG, R. et al. Determining concentric and eccentric force–velocity profiles during squatting. *European Journal of Applied Physiology*, v. 122, n. 3, p. 769-779, 2022.

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.

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.

BRAGA, Fernando Cesar Camargo. Desenvolvimento de força em crianças e jovens nas aulas de educação física. 2007.

BRAZ, Tiago Volpi et al. O consumo máximo de oxigênio possui relação com a espessura muscular do reto femoral e vasto lateral de homens hígidos?. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 28, n. 3, 2020.

BRENTANO, Michel A.; PINTO, Ronei S. Adaptações neurais ao treinamento de força. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, v. 6, n. 3, p. 65-77, 2001.

BULUT, Numan et al. Avaliação ultrassonográfica da arquitetura muscular dos membros inferiores em crianças com distrofia muscular de Duchenne em estágio inicial. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 80, p. 475-481, 2022.

BYRNE, Christopher; ESTON, Roger. Maximal-intensity isometric and dynamic exercise performance after eccentric muscle actions. *Journal of Sports Sciences*, v. 20, n. 12, p. 951-959, 2002.

CADEO, Gabriela Marques. **A posição do tornozelo durante o exercício mesa flexora não influencia na ativação muscular dos isquiotibiais e não interfere no ganho de força e hipertrofia**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CARMONA, R.; MACÍAS, D.; GUADIX, J. A.; PORTILLO, V.; PÉREZ-ROMARES, J.M.; MUÑOZ-CHAPULI, R. A simple technique of image analysis for specific nuclear immunolocalization of proteins. *Journal of Microscopy*, Oxford, v. 225, n. Pt 1, p. 96- 99, 2007.

CARMO, Jake Carvalho do. Efeitos de uma sessão de massagem com bastão

na recuperação do dano muscular induzido pelo exercício nos flexores do cotovelo. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/40335>. Acesso em: 25/01/25

CARVALHO, Maurício Tatsch Ximenes et al. Efeitos do exercício passivo precoce em cicloergômetro na espessura muscular do quadríceps femoral de pacientes críticos: estudo-piloto randomizado controlado. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 26, p. 227-234, 2019.

CHAVES, Sandro Nobre et al. Fatigue and muscle function in prostate cancer survivors receiving different treatment regimens. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, p. 498-502, 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.

CONCEIÇÃO, M.S.; LIBARDI, C.A.; NOGUEIRA, F.R.D.; BONGANHA, V.; GÁSPARI, A.F.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; CAVAGLIERI, C.R. e MADRUGA, V.A. Effects of eccentric exercise on systemic concentrations of pro- and anti-inflammatory cytokines and prostaglandin (E2): comparison between young and postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol*, 112:3205–3213, 2012.

CONVENIENTE SOARES, André Luiz et al. Validity, reliability and measurement error of quadriceps femoris muscle thickness obtained by ultrasound in healthy adults: a systematic review. **Brazilian Journal of Kineanthropometry & Human Performance**, v. 25, n. 1, 2023.

CONVENIENTE SOARES, André Luiz; DOS SANTOS NOGUEIRA, Fernando; CHAGAS GOMES, Paulo Sergio. Assessment methods of vastus lateralis muscle architecture using panoramic ultrasound: a new approach, test-retest reliability and measurement error. **Brazilian Journal of Kineanthropometry & Human Performance**, v. 23, 2021.

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.

COSTA, Marthley JC et al. Relação entre espessura do quadríceps e o teste sit-to-stand de 60 segundos em pacientes com doença renal crônica. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 44, p. 164-170, 2021.

DA SILVA MIRANDA, Pablo Thadeu et al. Influência das variáveis do treinamento de força na hipertrofia muscular regional: uma revisão sistemática. 2023.

DA SILVA, Tauâna Mara et al. Avaliação da perda de massa muscular em pacientes críticos: utilizando a ultrassonografia como ferramenta: Assessment of muscle mass loss in critical patients: using ultrasonography as a tool. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 12, p. 78589-78598, 2022.

DE AZEVEDO FRANKE, Rodrigo et al. Neural and morphological adaptations of vastus lateralis and vastus medialis muscles to isokinetic eccentric training.

DE LIMA, Roberta Virginia Silva Alves et al. Análise ultrassonográfica do quadríceps femoral de pacientes críticos sob ventilação mecânica. **ConScientiae Saúde**, p. e17090-e17090, 2020.

DE OLIVEIRA, Gabriela Benatti. **Confiabilidade intra e inter avaliador de medidas de composição corporal obtidas por meio de ultrassonografia portátil em pessoas idosas**. 2024. Tese de Doutorado. [sn].

DE OLIVEIRA, Roberto Sotto-Maior Fortes; DE OLIVEIRA, Fabiana Aparecida Mayrink; PINHEIRO, Hélydy Sanders. Programando o software ImageJ para a seleção automática de áreas marcadas por imuno-histoquímica e coradas com o cromógeno DAB e contra-corradas pela hematoxilina. *Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais – Animais e Humanos*, v. 2, n. 3, 2010.

DE SOUZA VESPASIANO, Bruno et al. Dano muscular induzido pelo treinamento de força: respostas fisiológicas, de performance e remodelamento musculoesquelético.

DE SOUZA, João Paulo Casteleti et al. Perfil da força muscular isométrica em atletas de rugby em cadeira de rodas. **Acta fisiátrica**, v. 27, n. 4, p. 225-232, 2020.

DOURADO, Marco et al. Different time course recovery of muscle oedema within the quadriceps femoris and functional performance after single-vs multi- joint exercises. **Biology of sport**, v. 40, n. 3, p. 767-774, 2023.

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.

FARIAS, Gleyverton Landim de. Força e qualidade muscular entre os membros acometidos e não acometidos em pessoas com doença de Parkinson. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/38121>. Acesso em: 25/01/25

FISCHER, Bruno Leonardo. Comparação do desempenho e qualidade muscular dos extensores de joelhos entre indivíduos com doença de Parkinson e indivíduos neurologicamente estáveis. 2019. Tese (Doutorado em Educação Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/39247>. Acesso em: 25/01/25

FLECK, Steven J.; KRAEMER, William J. Fundamentos do treinamento de força muscular. *Artmed Editora*, 2017.

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.

GOMES, Guilherme Gallo Costa. **Avaliação do sistema estomatognático de indivíduos após acidente vascular cerebral hemorrágico**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GOMES, Paulo Sergio Chagas et al. Confiabilidade da medida de espessuras musculares pela ultrassonografia. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 16, p. 41-45, 2010.

GRIGÔLO, Enzo Guerra. Relação entre espessura muscular, desempenho de saltos e pico de torque em jogadores profissionais de futsal. 2024.

HENRIQUES, Hirla Karen Fialho et al. Efeito da suplementação de proteína na composição corporal, gasto energético e parâmetros bioquímicos de pacientes submetidos à cirurgia bariátrica. 2023.

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.

LEÃO, Bruna Müller et al. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular diafragmática sobre a força e a espessura muscular em pacientes com insuficiência cardíaca: estudo de série de casos. **Brazilian Journal of Respiratory, Cardiovascular and Critical Care Physiotherapy**, v. 10, n. 2, p. 59-70, 2021.

LEITE, Leni Everson Araújo et al. Estudo comparativo de variáveis antropométricas, de composição corporal e de funcionalidade entre idosos que praticam atividade física regular e irregular. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 17, p. 27-37, 2014.

LEITÃO, Bruno Felipe Mendonça; DE OLIVEIRA, Liliam Fernandes; DA MATTA, Thiago Torres. Variação aguda não-uniforme da espessura muscular ao longo do peitoral maior em resposta ao supino reto em homens treinados. **Pensar a Prática**, v. 23, 2020.

LIMA, Filipe Dinato de. Efeito da suplementação de antioxidantes nas adaptações neuromusculares induzidas pelo treinamento de força em sobreviventes de câncer de mama. 2020. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/39404>. Acesso em: 25/01/25

LIMA, Kelly Mônica Marinho; OLIVEIRA, Liliam Fernandes de. Confiabilidade das medidas de arquitetura do músculo Vasto Lateral pela ultrassonografia. *Motriz: Revista de Educação Física*, v. 19, p. 217-223, 2013.

LÚCIO, Lucas Wagner et al. Efeitos do treinamento de força com intensidade autoselecionada em paciente pós cirurgia bariátrica: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 29, n. 2, 2021.

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. 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.

MAYHEW, David L.; THYFAULT, John P.; KOCH, Alexander J. Rest-interval length affects leukocyte levels during heavy resistance exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 16-22, 2005.

MENDES, Ary José Dias; SANTOS-PINTO, Ary dos. Algumas diretrizes estatísticas para a avaliação do erro do método na mensuração de variável quantitativa. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 12, p. 78-83, 2007.

MIRANDA, Douglas Pinheiro et al. Comparação do teste de 1RM no agachamento com barra guiada e barra livre. *RBPFEEX – Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v. 13, n. 83, p. 501-506, 2019

MURER, EVANDRO; VOLPI, TIAGO; RICARDO, CHARLES. Treinamento de força: saúde e performance humana. São Paulo. Malorgio Studio, v. 160, 2019.

NICORENA, Caroline Gomes et al. Avaliação dos efeitos da liberação miofascial instrumental sobre o músculo diafragma. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, p. e417101321416-e417101321416, 2021.

OKANO, Alexandre Hideki. Desempenho físico e respostas eletromiográficas dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral durante esforço intermitente anaeróbio em ciclistas. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004.

ORANCHUK, D. J. et al. Variabilidade da arquitetura regional do quadríceps em homens treinados. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 15, n. 3, p. 430–436, 2020.

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

PADILHA, Ubiratan Contreira et al. Respostas neuromusculares e metabólicas do método de treinamento de força FST-7 em homens treinados. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, v. 34, n. 3, p. 437-445, 2020.

PINHEIRO, Maria Clara Viana. Efeitos do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo na espessura muscular e no desempenho do salto: ensaio clínico randomizado. 2024.

REAL POVEDA, Héctor Enrique; GALINDO MARTÍN, Carlos Alfredo; VALLES GUERRERO, Alberto. Assessment of nutritional risk and muscle in critically ill patients. **Medicina crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)**, v. 37, n. 4, p. 310-313, 2023.

RIGHETTI, Mariah Acioli et al. Effect of Dry Needling on Morphofunctional Capacity of Masticatory Muscles, and Bite Force in Patients with Temporomandibular Disorders of Muscular Origin. *Journal of Health Sciences*, v. 25, n. 4, p. 195-200, 2023.

RIGHETTI, Mariah Acioli. Efetividade do dry needling nos pontos gatilhos miofasciais: análise eletromiográfica, ultrassonográfica, da força de mordida molar máxima e sintomatologia dolorosa. 2022. Tese (Doutorado em Biologia Oral) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2022. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/58/58138/tde-02122022-145628/>. Acesso em: 25/01/25

RODRIGUES, Ana Paula. Função endotelial, arquitetura e qualidade muscular e mobilidade de pacientes com insuficiência cardíaca hospitalizados. 2023.

RODRIGUES, M. S. Vocabulário brasileiro de estatística. *Boletim da Faculdade de Filosofia de Ciências e Letras da, São Paulo*, n. 203, 1956.

RUEDA, Artur Munerato et al. Efeitos da facilitação neuromuscular proprioceptiva nos músculos mastigatórios e respiratórios em nadadores. **Revista Interdisciplinar de Saúde e Educação**, v. 3, n. 2, 2022.

SANTANA, Larissa Vieira. *New perspective in a cross-sectional study on muscles and tendons impairments due to neuromuscular maladapted function found in chronic spinal cord injury*. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/39202>. Acesso em: 25/01/25

SANTOS, R.; FERRAZ, H. Effects of physical activity in muscle ultrasound evaluation of an older adult population—a pilot study. **Geriatr Gerontol Aging.**, v. 15, p. e0210006, 2021.

SCHROEDER, Alexandra B. et al. The ImageJ ecosystem: Open-source software for image visualization, processing, and analysis. **Protein Science**, v. 30, n. 1, p. 234- 249, 2021.

SIQUEIRA, Angelina Freitas et al. Multiple cold-water immersions attenuate muscle damage but not alter systemic inflammation and muscle function recovery: a parallel randomized controlled trial. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 10961, 2018.

SIQUEIRA, Angelina Freitas. Múltiplas imersões em água gelada atenuam o dano muscular, sem alterar a inflamação sistêmica e a recuperação da função muscular: estudo controlado, paralelo e randomizado. 2019. Tese (Doutorado em Educação Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/37722>. Acesso em: 25/01/25

SILVA, Fernando Oliveira Catanho da; MACEDO, Denise Vaz. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 13, p. 320-328, 2011.

SILVA, João Pedro Lírio. Associação entre espessura e área transversal de músculos da coxa avaliadas por ultrassom e desempenho no teste de sentar e levantar cinco vezes em adultos com 50 anos ou mais. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) – Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Salvador, 2023. Disponível em: <https://repositorio.bahiana.edu.br/jspui/handle/bahiana/6987>. Acesso em: 25/01/25

SILVA, Rayssa Sousa da. Efeitos da suplementação com creatina monohidrato no curso temporal da força e da hipertrofia muscular no treinamento tradicional e com restrição do fluxo sanguíneo. 2020.

SMITH, L. L. et al. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. **British journal of sports medicine**, v. 28, n. 4, p. 267-271, 1994.

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.

SOUSA, Matheus Martins de et al. EFEITO DA FADIGA NA FORÇA EXPLOSIVA E ARQUITETURA MUSCULAR DO VASTO LATERAL. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 27, p. 558-562, 2021.

SOUZA, Rodrigo Pereira de et al. Uso da ultrassonografia para avaliar a espessura muscular ea gordura subcutânea em crianças e adolescentes com fibrose cística. *Revista Paulista de Pediatria*, v. 36, n. 04, p. 457-465, 2018.

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.

TOLEDO, Diogo Oliveira et al. Ultrassom à beira do leito como ferramenta prática para avaliação da massa muscular. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 29, p. 476-480, 2017.

TOLEDO, Diogo Oliveira. Avaliação da perda de massa magra através do ultrassom de quadríceps em pacientes graves. 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.

UMPIERRE, Daniel; STEIN, Ricardo. Efeitos hemodinâmicos e vasculares do treinamento resistido: implicações na doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 89, p. 256-262, 2007.

VASCONCELOS, Paulo B. et al. The influence of maxillary and mandibular osteoporosis on maximal bite force and thickness of masticatory muscles. *Acta Odontológica Latinoamericana*, v. 28, n. 1, p. 22-27, 2015.

VIEIRA, Luciana et al. Confiabilidade da ultrassonografia de músculos esqueléticos em pacientes críticos de trauma. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 31, n. 4, p. 464-473, 2019.

WEBER, Jaqueline Fernanda; SANTOS, André Luís Fernandes dos. Utilização do software ImageJ para avaliar área de lesão dermonecrotica. 2019.

WENDPAP, Carolina da Rosa et al. O estado de saúde pode prever a espessura muscular diafragmática na DPOC: estudo-piloto. **Fisioterapia em Movimento**, v. 34, p. e34124, 2021.

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

YAN, Binghong; WANG, Cheng. Analysis of ultrasound image biological image algorithm in the restoration of muscle group movement function. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 27, p. 372-376, 2021.

YU, Jae-Young; JEONG, Jin-Gyu; LEE, Byung-Hun. Evaluation of muscle damage using ultrasound imaging. **Journal of physical therapy science**, v. 27, n. 2, p. 531-534, 2015

ZABALETA-KORTA, Aitor et al. The role of exercise selection in regional Muscle Hypertrophy: A randomized controlled trial. *Journal Of Sports Sciences*, v. 39.