UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE MEDICINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIÊNCIAS MÉDICAS

CLARA TAKAKO MORIGUCHI

VALIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA MUSCULOESQUELÉTICA NA AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR EM IDOSOS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE COMPARATIVA COM O DXA

Porto Alegre

2026

CLARA TAKAKO MORIGUCHI

VALIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA MUSCULOESQUELÉTICA NA AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR EM IDOSOS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE COMPARATIVA COM O DXA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciências Médicas.

Orientadora: Prof. Dra. Juliana Ávila Duarte

Coorientador: Prof. Dr. Emilio Hideyuki Moriguchi

Porto Alegre

2026

CIP - Catalogação na Publicação

Moriguchi, Clara Takako
VALIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA MUSCULOESQUELÉTICA NA AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR EM IDOSOS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE COMPARATIVA COM O DXA / Clara Takako Moriguchi. -- 2026.
110 f.
Orientadora: Juliana Ávila Duarte.

Coorientador: Emilio Hideyuki Moriguchi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas, Porto Alegre, BR-RS, 2026.

1. Sarcopenia. 2. Massa muscular. 3. Ultrassonografia musculoesquelética. 4. Absorciometria por dupla emissão de raios x. 5. Revisão sistemática. I. Duarte, Juliana Ávila, orient. II. Moriguchi, Emilio Hideyuki, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CLARA TAKAKO MORIGUCHI

VALIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA MUSCULOESQUELÉTICA NA AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR EM IDOSOS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE COMPARATIVA COM O DXA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Médicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciências Médicas.

Aprovado em: 09/02/2026

BANCA EXAMINADORA:

Professor Doutor Raphael Machado de Castilhos
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professora Doutora Maira Rozenfeld Olchik
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor Doutor Renato Gorga Bandeira de Mello
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor Doutor Fabiano Reis

Universidade Estadual de Campinas

Professora Doutora Juliana Ávila Duarte (orientador)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ao meu avô, Yukio Moriguchi, no ano em que celebraria cem anos de uma trajetória que permanece.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pela oportunidade de formação acadêmica e pelo ambiente institucional que possibilitou o desenvolvimento desta dissertação.

À minha orientadora, Dra. Juliana Ávila Duarte, pelo carinho, pela orientação, pela disponibilidade constante e pelas contribuições científicas que foram determinantes para a realização deste trabalho.

À banca examinadora, composta por: Dr. Raphael Castilhos, Dra. Maira Olchik, Dr. Renato Mello e Dr. Fabiano Reis, pela disponibilidade em participar deste momento e pelas valiosas contribuições que certamente enriquecerão esta dissertação.

À minha família, em especial aos meus pais, Emilio e Yumi Moriguchi e a minha irmã Carolina, pelo carinho, pela confiança e pelo apoio constante ao longo de toda a minha trajetória acadêmica.

Ao meu companheiro, Pedro Feistauer, pelo apoio, pela compreensão nos momentos de maior dedicação acadêmica e por caminhar ao meu lado com incentivo e cuidado ao longo deste processo.

À Jordana Soares Chaves, amiga que conheci durante o mestrado e cuja parceria, apoio e generosidade foram essenciais ao longo desta jornada, tanto no âmbito acadêmico quanto pessoal.

Aos coautores que contribuíram para a composição desta revisão sistemática: Isabella Passos Negreiros, Adolfo Souza, Laís Cordeiro, Mariana, Diego, Matheus de Lima Ruffini e Lucas De Liz Alves, agradeço por compartilharem tempo, conhecimento e dedicação no desenvolvimento do presente trabalho. De forma especial, agradeço ao Matheus, Jordana e ao Lucas, cujo empenho, disponibilidade e dedicação incansável foram fundamentais para a realização deste estudo.

Ao meu avô, in memoriam, pelo incentivo à trajetória acadêmica, pelo estímulo permanente ao estudo, e pelo encorajamento à produção de conhecimento voltado à promoção do bem-estar no processo de envelhecimento, permanecendo como referência e inspiração.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, caminharam comigo ao longo deste processo, contribuindo direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Introdução: A sarcopenia configura-se como um distúrbio musculoesquelético progressivo e generalizado, caracterizado pela redução da massa, da força e da função muscular, estando associada a desfechos clínicos adversos, como quedas, incapacidade funcional, hospitalizações e aumento da mortalidade em pessoas idosas. Nesse cenário, a avaliação minuciosa da massa muscular assume papel central no diagnóstico e no manejo clínico da condição. Embora a absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA) seja recomendada como método de referência para a estimativa da massa muscular apendicular, sua aplicabilidade clínica é limitada por fatores como custo elevado, baixa portabilidade e restrições logísticas. Diante desse panorama, a ultrassonografia musculoesquelética tem sido progressivamente investigada como alternativa viável, embora sua validade ainda seja influenciada por heterogeneidade metodológica entre os estudos. **Metodologia:**Trata-se de uma revisão sistemática com meta-análise, conduzida de acordo com as diretrizes PRISMA 2020 e registrada na plataforma PROSPERO. Foram realizadas buscas sistemáticas nas bases PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science, BVS, LILACS e SciELO, incluindo estudos observacionais publicados entre 2015 e 2025 que compararam parâmetros ultrassonográficos do músculo esquelético com estimativas de massa magra obtidas por DXA em indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos. O risco de viés foi avaliado por meio da ferramenta QUADAS-2, e a qualidade metodológica dos protocolos de ultrassonografia foi analisada de forma complementar com base nos critérios propostos por Pretorius e Keating. Para a síntese quantitativa, foram empregados modelos de efeitos aleatórios com estimativa por máxima verossimilhança restrita e ajuste de Knapp–Hartung. **Resultados:** Foram incluídos 19 estudos na síntese qualitativa, dos quais nove forneceram dados elegíveis para a meta-análise. Evidenciou-se associação elevada entre as medidas obtidas por ultrassonografia e a massa magra estimada pelo DXA, com coeficiente de correlação combinado de r = 0,855 (IC95%: 0,637–0,946), apesar da heterogeneidade substancial entre os estudos. A confiabilidade interavaliador mostrou-se predominantemente excelente, com coeficientes de correlação intraclasse superiores a 0,90. A acurácia diagnóstica da ultrassonografia apresentou valores médios de área sob a curva em torno de 0,87, caracterizando-se por alta especificidade e sensibilidade moderada. **Conclusão:** Conclui-se que a ultrassonografia musculoesquelética apresenta validade e reprodutibilidade consistentes para a avaliação da massa muscular em pessoas idosas, podendo ser empregada em estratégias de triagem, avaliação à beira-leito e

monitoramento longitudinal. Entretanto, a expressiva heterogeneidade metodológica observada, especialmente relacionada aos protocolos de aquisição ultrassonográfica, reforça a necessidade de padronização técnica e da definição de pontos de corte específicos para sua consolidação como ferramenta diagnóstica na prática clínica geriátrica.

Palavras-chave: Sarcopenia; Massa muscular; Ultrassonografia musculoesquelética; Absorciometria por dupla emissão de raios X; Idosos; Revisão sistemática; Meta-análise.

ABSTRACT

Introduction: Sarcopenia is a progressive and generalized musculoskeletal disorder characterized by declines in muscle mass, strength, and physical function, and is associated with adverse clinical outcomes, including falls, functional disability, hospitalization, and increased mortality in older adults. In this context, accurate assessment of muscle mass plays a central role in the diagnosis and clinical management of the condition. Although dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is recommended as the reference method for estimating muscle mass, its clinical applicability is limited by high cost, limited portability, and logistical constraints. Against this background, musculoskeletal ultrasonography has been increasingly investigated as a feasible alternative. **Methods:** This systematic review and meta-analysis was conducted in accordance with the PRISMA 2020 guidelines and registered in the PROSPERO database. Systematic searches were performed in PubMed/MEDLINE, Embase, Web of Science, BVS, LILACS, and SciELO, including observational studies published between 2015 and 2025 that compared ultrasonography-derived skeletal muscle parameters with DXA-based estimates of lean mass in individuals aged 60 years or older. Risk of bias was assessed using the QUADAS-2 tool, and the methodological quality of ultrasonography acquisition protocols was evaluated using the criteria proposed by Pretorius and Keating. For quantitative synthesis, random-effects models were applied using restricted maximum likelihood estimation with Knapp–Hartung adjustment. **Results:** Nineteen studies were included in the qualitative synthesis, of which nine provided data eligible for meta-analysis. A strong association was observed between ultrasonography-derived measurements and DXA-based lean mass estimates, with a pooled correlation coefficient of r = 0.855 (95% CI: 0.637–0.946), despite substantial heterogeneity across studies. Inter-rater reliability was predominantly excellent, with intraclass correlation coefficients exceeding 0.90. Diagnostic accuracy analyses yielded mean area under the curve values of approximately 0.87, characterized by high specificity and moderate sensitivity. **Conclusion:** Musculoskeletal ultrasonography demonstrates consistent validity and reproducibility for the assessment of muscle mass in older adults and may be applied in screening strategies, bedside assessment, and longitudinal monitoring. Nevertheless, the marked methodological heterogeneity identified underscores the need for standardized acquisition and analysis protocols, as well as the definition of muscle-specific cut-off values, to support its consolidation as a diagnostic tool in geriatric clinical practice.

Keywords: Sarcopenia; Muscle mass; Musculoskeletal ultrasonography; Dual-energy X-ray absorptiometry; Older adults; Systematic review; Meta-analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Questionário SARC-F para rastreio do risco de sarcopenia.

Figura 2 - Short Physical Performance Battery (SPPB) e seus componentes.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definições e critérios diagnósticos de sarcopenia segundo consensos internacionais

Tabela 2 - Comparação entre instrumentos SARC-F e SARC-CalF para rastreio de sarcopenia

Tabela 3 - Características metodológicas da USM em estudos clínicos

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALM – Appendicular Lean Mass (massa magra apendicular)

ALMI – Appendicular Lean Mass Index (índice de massa magra apendicular)

aFFAT – Appendicular Fat Fraction (fração de gordura apendicular)

aFM – Appendicular Fat Mass (massa de gordura apendicular)

aLM – Appendicular Lean Mass (massa magra apendicular)

AWGS – Asian Working Group for Sarcopenia

BIA – Bioimpedância Elétrica

BMI – Body Mass Index (índice de massa corporal)

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CI – Confidence Interval (intervalo de confiança)

CSA – Cross-Sectional Area (área de secção transversal)

CT – Computed Tomography (tomografia computadorizada)

DXA – Dual-Energy X-ray Absorptiometry (absorciometria por dupla emissão de raios X)

EI – Echo Intensity (eco-intensidade)

EWGSOP – European Working Group on Sarcopenia in Older People

EWGSOP2 – European Working Group on Sarcopenia in Older People (revisão de 2019)

FNIH – Foundation for the National Institutes of Health

HU – Hounsfield Units (unidades Hounsfield)

ICC – Intraclass Correlation Coefficient (coeficiente de correlação intraclasse)

IMC – Índice de Massa Corporal

IWGS – International Working Group on Sarcopenia

MRI – Magnetic Resonance Imaging (ressonância magnética)

MT – Muscle Thickness (espessura muscular)

NR – Not Reported (não reportado)

PCSA – Physiological Cross-Sectional Area (área fisiológica de secção transversal)

PICOS – Population, Intervention, Comparator, Outcomes, Study design

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PROSPERO – International Prospective Register of Systematic Reviews

QUADAS-2 – Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies

RF – Rectus Femoris (reto femoral)

RM – Ressonância Magnética

SARC-F – Strength, Assistance with walking, Rise from a chair, Climb stairs, Falls

SARC-CalF – SARC-F with Calf Circumference

SARCUS – Sarcopenia Ultrasound Standardization Initiative

SMI – Skeletal Muscle Index

SPPB – Short Physical Performance Battery

TC – Tomografia Computadorizada

TUG – Timed Up and Go

US – Ultrassonografia

USI – Ultrasound Sarcopenia Index

USM – Ultrassonografia Musculoesquelética

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....18
1.1 JUSTIFICATIVA.....20
1.2 OBJETIVOS.....22
1.2.1 Objetivo geral.....22
1.2.2 Objetivos específicos.....22
2 REVISÃO DA LITERATURA.....23
2.1 ENVELHECIMENTO E ALTERAÇÕES DA MASSA MUSCULAR.....23
2.2 SARCOPENIA: DEFINIÇÕES E CRITÉRIOS DIAGNÓSTICOS.....24
2.3 PREVALÊNCIA DA SARCOPENIA NO BRASIL.....29
2.4 MÉTODOS DE TRIAGEM E AVALIAÇÃO CLÍNICA.....30
2.4.1 Questionário de rastreio.....31
2.4.2 Medidas antropométricas e testes de força muscular.....33
2.4.3 Testes de funcionalidade e desempenho físico.....34
2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR (DXA, TC, RM, BIA, USM).....36
2.5.1 Absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA).....37
2.5.2 Tomografia computadorizada (TC).....38
2.5.3 Ressonância magnética (RM).....38
2.5.4 Bioimpedância elétrica.....39
2.5.5 Ultrassonografia musculoesquelética (US).....39
2.6. ATUALIZAÇÕES EM ULTRASSONOGRAFIA MUSCULOESQUELÉTICA.....41
2.6.1 Estudos clínicos com uso do ultrassom musculoesquelético.....41
2.6.2 Modelos preditivos baseados na ultrassonografia musculoesquelética.....44
2.6.3 Qualidade muscular na ultrassonografia musculoesquelética.....46
2.7 LIMITAÇÕES TÉCNICAS DA ULTRASSONOGRAFIA.....50
3. MARCO CONCEITUAL.....56
4. METODOLOGIA.....57
4.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....57
4.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA.....57
4.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....57
4.3.1 Critérios de inclusão.....57
4.3.2 Critérios de exclusão.....58
4.4 EXTRAÇÃO DE DADOS.....58
4.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE METODOLÓGICA.....59
4.6 SÍNTESE DOS DADOS E ANÁLISE DE ESTATÍSTICA.....59
5. ARTIGO.....60
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....94
REFERÊNCIAS.....96
APÊNDICE A - DIRETRIZES PRISMA 2020.....100

APÊNDICE B - ESTRATÉGIAS DE BUSCA UTILIZADAS NAS BASES DE DADOS.. 104
APÊNDICE C - AVALIAÇÃO DO RISCO DE VIÉS (QUADAS-2)..... 109
APÊNDICE D - AVALIAÇÃO METODOLÓGICA DA ULTRASSONOGRAFIA (PRETORIUS E KEATING).....110

1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento da população brasileira segue uma tendência global de aumento da longevidade. Embora represente uma conquista social, esse fenômeno traz implicações relevantes para os sistemas de saúde, especialmente pelo aumento da incidência de doenças crônicas e pelo crescimento das demandas assistenciais. O aumento da expectativa de vida está frequentemente associado a uma redução gradual da capacidade funcional; nesse cenário, o declínio da funcionalidade relacionado ao envelhecimento e o bem-estar dos idosos têm sido focos centrais de investigação (Cruz-Jentoft et al., 2019; Petermann-Rocha et al., 2021). Entre as diversas modificações fisiológicas associadas à idade, destaca-se a diminuição progressiva da massa e da força muscular, um processo que tende a ser mais acentuado em indivíduos fisicamente inativos (Li et al., 2022; Chen et al., 2020).

Durante o processo de envelhecimento, estima-se uma perda de aproximadamente 1% de massa muscular por ano após os 50 anos de idade. Aliada a essa perda, destaca-se a sarcopenia, um distúrbio musculoesquelético progressivo e generalizado caracterizado pela redução da massa, força e função muscular, que eleva o risco de quedas e fraturas, além de comprometer severamente a qualidade de vida (Cruz-Jentoft et al., 2019; Narici et al., 2021).

Segundo Li et al. (2022), a prevalência da sarcopenia em todo o mundo atinge até 15% em idosos saudáveis, elevando-se drasticamente para 76% em idosos hospitalizados de forma aguda e 69% em pacientes em reabilitação geriátrica crônica. Sendo assim, prevenir e tratar a sarcopenia torna-se imperativo do ponto de vista médico e social (Li et al., 2022). A detecção precoce e a avaliação precisa da arquitetura muscular são cruciais para o gerenciamento clínico e intervenções eficazes. Dentre as ferramentas utilizadas para esse diagnóstico, destacam-se a força de preensão palmar, testes de desempenho físico (como o de velocidade de marcha e o Timed Up and Go), o questionário SARC-F, além de métodos de imagem como a Ressonância Magnética e a Tomografia Computadorizada (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Nas últimas décadas, grupos internacionais como o European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) e o Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS) buscaram padronizar a definição da sarcopenia. Ambos reforçam a importância da avaliação da qualidade muscular e, apesar de nuances metodológicas, ambos consideram o exame de

Absorciometria de Raio X de Dupla Energia (DXA) o padrão de referência para estimar a massa magra apendicular (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019).

Contudo, a DXA apresenta limitações importantes na prática clínica, como o custo elevado, a baixa portabilidade e a exposição à radiação ionizante, o que dificulta sua aplicação em triagens comunitárias e monitoramentos frequentes. Diante dessas barreiras, a imagem por ultrassom emergiu como uma ferramenta valiosa na avaliação da massa e qualidade muscular, caracterizando-se como um método simples, acessível e seguro por não utilizar radiação (Ticinesi et al., 2017).

O ultrassom no modo B possibilita a avaliação de diversos grupos musculares de forma rápida, fornecendo estimativas de massa muscular regional e total por meio de variáveis como a espessura muscular (MT), área de seção transversal (CSA), ângulo de penação e ecogenicidade. No entanto, ainda não há uma padronização universal dos protocolos de aquisição na literatura, apesar de sua crescente aplicação clínica (Nijholt et al., 2017; Van den Broeck et al., 2025).

Apesar de evidências demonstrarem correlação robusta entre a ultrassonografia musculoesquelética e as medidas da DXA, a variabilidade metodológica ainda é significativa. Dessa forma, o presente estudo, uma revisão sistemática com meta-análise, tem como objetivo analisar a validade da ultrassonografia em comparação ao DXA em idosos, identificando benefícios e limitações. Assim, busca-se sintetizar o conhecimento existente para contribuir com a definição de protocolos padronizados úteis na prática clínica geriátrica e fisioterapêutica (Nijholt et al., 2017; Wang; Hu; Tian, 2018; Zhao et al., 2022).

1.1 JUSTIFICATIVA

A sarcopenia configura-se como um dos desafios mais relevantes no contexto do envelhecimento populacional em escala global, sobretudo porque a perda progressiva da massa muscular esquelética, associada ao declínio da função neuromuscular, compromete de maneira substancial a mobilidade, a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos idosos. Evidências provenientes de estudos longitudinais demonstram que a redução da massa muscular pode alcançar taxas anuais de 1 a 2% após os 50 anos de idade, fenômeno intrinsecamente associado ao aumento do risco de quedas, à incapacidade funcional e à elevação da mortalidade. Revisões recentes reforçam esse panorama ao evidenciarem prevalências expressivas de sarcopenia, as quais variam de acordo com os critérios diagnósticos adotados e com as características demográficas das populações investigadas, destacando, assim, a necessidade de métodos diagnósticos mais sensíveis, acessíveis e aplicáveis em diferentes contextos clínicos. Nesse contexto, a avaliação acurada da massa muscular assume papel central no manejo do impacto funcional e clínico da sarcopenia em pessoas idosas (Nijholt et al., 2017; Van den Broeck et al., 2025; Zhao et al., 2022).

Embora a absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA) seja reconhecida como método de referência para a estimativa da massa muscular apendicular, sua utilização na prática clínica é frequentemente limitada por questões de logística e técnica, entre os quais se destacam o elevado custo, a falta de portabilidade, a sensibilidade às variações do estado de hidratação e a heterogeneidade entre equipamentos. Em paralelo a isto, técnicas de imagem de maior complexidade, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, apesar de sua reconhecida precisão na mensuração da massa muscular, apresentam aplicabilidade restrita no contexto assistencial cotidiano, em função da elevada exigência operacional, da dependência de infraestrutura especializada e, no caso da tomografia computadorizada, da exposição à radiação ionizante. Nesse contexto, torna-se evidente a demanda por métodos alternativos que conciliem validade, custo-efetividade e viabilidade de uso em cenários point-of-care, no âmbito dos quais a ultrassonografia musculoesquelética se apresenta como uma alternativa particularmente promissora (Nijholt et al., 2017; Zhao et al., 2022).

Estudos indicam associações fortes e consistentes entre a espessura muscular e a área de secção transversal avaliadas por ultrassonografia musculoesquelética (USM) e aquelas mensuradas por métodos de imagem consagrados, incluindo a absorciometria por dupla

emissão de raios X (DXA), a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, demonstrando elevada confiabilidade tanto intra quanto interexaminador. Além disso, a utilização de parâmetros ultrassonográficos adicionais, como a ecogenicidade (eco-intensidade), o ângulo de penação e o comprimento do fascículo, amplia a capacidade do método de capturar aspectos estruturais e qualitativos clinicamente relevantes do músculo no processo de envelhecimento. Nesse contexto, o consenso SARCUS enfatiza que, quando devidamente padronizada, a ultrassonografia musculoesquelética reúne acurácia, portabilidade e aplicabilidade clínica, consolidando-se como ferramenta particularmente apropriada para a avaliação geriátrica (Perkisas et al., 2018).

Embora avanços relevantes tenham sido observados nas últimas décadas, a literatura ainda se caracteriza por acentuada heterogeneidade metodológica. Variações nos sítios anatômicos adotados para a avaliação, na pressão exercida pelo transdutor, nos ajustes de profundidade e ganho do equipamento, bem como nos delineamentos analíticos empregados, produzem discrepâncias expressivas entre os estudos, dificultando tanto a comparação entre protocolos quanto o estabelecimento de valores de referência consistentes. Revisões recentes convergem ao apontar que a ausência de padronização metodológica permanece como um dos principais entraves para a consolidação da ultrassonografia musculoesquelética como ferramenta diagnóstica robusta na avaliação da massa muscular em populações idosas (Perkisas et al., 2018; Van den Broeck et al., 2025; Zhao et al., 2022).

Diante desse cenário, justifica-se a realização de uma revisão sistemática com meta-análise com o propósito de examinar, de forma rigorosa e atualizada, a validade da ultrassonografia musculoesquelética na mensuração da massa muscular em indivíduos idosos, em comparação com a DXA. Tal abordagem viabiliza a análise crítica das potencialidades e das limitações do método com base na evidência científica disponível. Embora revisões previamente publicadas tenham contribuído de maneira relevante para o avanço do campo, estas não incorporam de forma abrangente as atualizações metodológicas e conceituais mais recentes, o que reforça a necessidade de uma síntese contemporânea e robusta, capaz de subsidiar a prática clínica, orientar políticas públicas de saúde e informar a formulação de futuras diretrizes de pesquisa no âmbito do envelhecimento populacional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar, por meio de revisão da literatura, a validade concorrente da ultrassonografia musculoesquelética na estimativa da massa muscular apendicular em idosos, utilizando a absorciometria por dupla emissão de raios X (DXA) como padrão de referência.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Analisar a correlação entre variáveis ultrassonográficas (como espessura muscular, área de secção transversa e ecogenicidade) e os valores de massa magra obtidos por DXA em idosos.

2. Analisar os pontos de corte ultrassonográficos descritos na literatura associados ao diagnóstico de sarcopenia em idosos, considerando o músculo avaliado e os protocolos utilizados.

3. Comparar a acurácia diagnóstica da ultrassonografia musculoesquelética em relação ao DXA, considerando parâmetros como sensibilidade, especificidade e análises de concordância (Bland-Altman), quando disponíveis.

4. Avaliar os benefícios, as limitações e a heterogeneidade metodológica do uso da ultrassonografia musculoesquelética na avaliação da massa muscular em idosos, com vistas a contribuir para a padronização de protocolos.

5. Identificar lacunas na literatura científica, apontando direções para futuras pesquisas sobre a aplicação clínica da ultrassonografia musculoesquelética na sarcopenia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ENVELHECIMENTO E ALTERAÇÕES DA MASSA MUSCULAR

Nas últimas décadas, o envelhecimento populacional tem se afirmado como um fenômeno global contínuo, deixando de ser uma característica restrita a países desenvolvidos e passando a impactar de forma crescente economias de média e baixa renda, incluindo o Brasil. Embora represente uma conquista científica e social, essa transição demográfica impõe desafios estruturais complexos aos sistemas públicos, ao modificar o perfil epidemiológico e exigir novas respostas sociais, econômicas e políticas. No cenário brasileiro, esse impacto é particularmente evidente: a proporção de indivíduos com mais de 65 anos aumentou de 5,5% em 2000 para 10,7% em 2025, com projeções de 18,7% em 2030 e 32,9% em 2060. Um fenômeno intrinsecamente associado à redução progressiva da base da pirâmide etária. Essa inversão demográfica repercute diretamente sobre os indicadores de morbimortalidade, com o predomínio de doenças crônicas não transmissíveis e de condições clínicas associadas ao declínio funcional (Souza; Silva; Barros, 2021).

Sob a perspectiva fisiológica, a massa livre de gordura (massa magra) constitui aproximadamente 40% da massa corporal total, sendo composta predominantemente pelo tecido musculoesquelético, onde ocorre um quarto de toda a síntese proteica do organismo. Este sistema, em sua maioria conectado ao esqueleto, permite a execução de movimentos voluntários e desempenha um papel central na manutenção da postura, na locomoção e no metabolismo energético. O tecido é composto por um conjunto de fibras contráteis especializadas: as fibras tipo I (oxidativas de contração lenta), as fibras tipo IIA (glicolítico-oxidativas de contração rápida) e as fibras tipo IIB (glicolíticas de contração rápida), classificadas conforme sua cinética de contração e resistência metabólica à fadiga (Leite et al., 2012).

O sistema musculoesquelético apresenta vulnerabilidade acentuada ao processo de senescência, sendo alvo de alterações fisiológicas progressivas e deletérias. Evidências demonstram que a massa magra sofre uma redução de 10% a 16% entre os 25 e 65 anos, ocorrendo de forma heterogênea entre os subtipos de fibras. Até a sétima década de vida, as fibras tipo I demonstram maior resistência à atrofia; contudo, a área das fibras tipo II apresenta uma redução drástica de 20% a 50% com o avanço da idade. Análises histológicas

em cadáveres confirmam essa involução, revelando uma baixa de até 50% no número total de fibras musculares em nonagenários quando comparados a adultos jovens de 20 anos (Leite et al., 2012).

Essas modificações estruturais derivam de um desequilíbrio metabólico crônico entre a síntese e a degradação proteica, agravado pelo esgotamento da capacidade regenerativa das células satélites e por disfunções na eficiência mitocondrial. Tais mecanismos comprometem a integridade tecidual e favorecem a miosteatose (infiltração de gordura intramuscular) e desarranjos na arquitetura fascicular (Narici et al., 2021). A perda quantitativa da massa, somada à redução volumétrica e numérica das fibras tipo II, fundamenta o declínio da força, potência e resistência muscular inerentes ao envelhecimento (Leite et al., 2012). Adicionalmente, a qualidade muscular é severamente afetada por alterações na arquitetura musculoesquelética, incluindo o encurtamento dos fascículos, a redução da área de seção transversa e a diminuição do ângulo de penação, variáveis críticas que reduzem a capacidade intrínseca de geração de força (Paris et al., 2021).

Além dos determinantes biológicos intrínsecos, o estilo de vida e o padrão nutricional exercem influência direta na trajetória desse declínio. Dados recentes indicam que o comportamento sedentário prolongado e ininterrupto atua como um fator de risco independente da prática total de atividade física, correlacionando-se a menores áreas de secção transversa, pior qualidade muscular e aceleração da deterioração funcional em idosos (Wullems et al., 2024). Em última análise, a convergência dessas modificações estruturais, metabólicas e funcionais resultam na fragilidade e incapacidade, elevando a vulnerabilidade do idoso a desfechos clínicos desfavoráveis e ao aumento da mortalidade (Petermann-Rocha et al., 2022).

2.2 SARCOPENIA: DEFINIÇÕES E CRITÉRIOS DIAGNÓSTICOS

A sarcopenia é reconhecida como uma condição musculoesquelética progressiva e generalizada, caracterizada pela depleção de massa muscular, associada à redução da força e do desempenho físico. Embora o termo tenha sido inicialmente proposto para descrever exclusivamente a diminuição da massa muscular relacionada ao envelhecimento, a atualização da condição passou a incorporar força muscular e desempenho físico como componentes centrais e determinantes para o diagnóstico clínico (Cruz-Jentoft et al., 2019).

O consenso estabelecido pelo Grupo de Trabalho Europeu sobre Sarcopenia em Pessoas Idosas em 2019 (EWGSOP2) constitui uma das principais referências contemporâneas para a definição e o diagnóstico da sarcopenia. Nessa abordagem conceitual, a força muscular, usualmente avaliada por meio da dinamometria de preensão palmar e/ou do teste de sentar e levantar, assume o papel de marcador primário da condição, sendo a presença de dinapenia (redução da força muscular) o critério central para a identificação de casos prováveis. A confirmação diagnóstica requer a documentação de baixa quantidade ou qualidade muscular, mensurada por métodos de avaliação por imagem ou composição corporal, como DXA, bioimpedância, tomografia computadorizada ou ressonância magnética. Por sua vez, a redução do desempenho físico, avaliada por instrumentos como a velocidade de marcha, o Short Physical Performance Battery (SPPB) e/ou o Timed Up and Go (TUG), permite a estratificação da condição como sarcopenia grave (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Em contrapartida, o Grupo de Estudos Asiático de Sarcopenia (AWGS) define a sarcopenia como a redução da massa muscular esquelética associada ao envelhecimento, concomitante à perda de força e/ou desempenho físico reduzido. O grupo optou por não categorizar toda depleção muscular como sarcopenia, distinguindo-a de etiologias coexistentes, a exemplo da caquexia ou paralisia. Neste consenso, os critérios diagnósticos foram estabelecidos com base em evidências epidemiológicas regionais. A AWGS propõe pontos de corte específicos para a população asiática, estipulando a força de preensão palmar <28 kg para homens e <18 kg para mulheres. Critérios análogos aplicam-se ao parâmetro do SPPB ≤ 9 e no teste de velocidade de marcha <1,0 m/s. As discrepâncias entre os consensos refletem as particularidades antropométricas e epidemiológicas vigentes entre os continentes (Chen et al., 2020).

Outro modelo amplamente difundido é o do FNIH (Foundation for the National Institutes of Health) "Sarcopenia Project", fundamentado em análises de larga escala para delimitar os critérios clínicos da doença. Nesse consenso, a força muscular permanece como a principal variável, considerada reduzida quando a preensão palmar se apresenta <26 kg para homens e <16 kg para mulheres. Para a confirmação da baixa massa muscular, utiliza-se a razão entre a massa magra apendicular e o índice de massa corporal (aLM/IMC), com pontos de corte específicos estabelecidos em <0,789 para homens e <0,512 para mulheres. Diferentemente dos consensos europeus e asiáticos, o modelo FNIH é estruturado a partir de desfechos funcionais clinicamente relevantes, notadamente a velocidade de marcha,

configurando uma abordagem direcionada à identificação de indivíduos em risco clínico (Studenski et al., 2014).

Além desses consensos, as diretrizes propostas pelo International Working Group on Sarcopenia (IWGS) também desempenharam papel relevante na consolidação e evolução das definições diagnósticas da sarcopenia. A IWGS estabelece o diagnóstico a partir da combinação entre baixa massa muscular, expressa pela massa magra apendicular ajustada pela altura ao quadrado (aLM/altura² <7,23 kg/m² para homens e <5,67 kg/m² para mulheres); e desempenho físico reduzido, operacionalizado por velocidade de marcha <1,0 m/s, enfatizando o desempenho funcional como componente essencial e indissociável do diagnóstico (Fielding et al., 2011; Petermann-Rocha et al., 2022).

A literatura científica demonstra que a prevalência de sarcopenia apresenta ampla variabilidade em função do critério diagnóstico adotado, do método de avaliação empregado e das características demográficas das populações analisadas. A revisão sistemática com meta-análise conduzida por Petermann-Rocha et al. (2021), que incluiu mais de 140 mil participantes, reportou prevalências oscilando entre 10% e 27% em idosos residentes na comunidade, com estimativas substancialmente mais elevadas em populações institucionalizadas e hospitalares (Petermann-Rocha et al., 2022). Em contextos clínicos, Nishikawa et al. (2021) identificaram prevalências superiores ao aplicar os critérios da AWGS em pacientes hospitalizados, refletindo a maior vulnerabilidade funcional e clínica característica desse grupo.

Além dos parâmetros de massa, força e desempenho físico, instrumentos de rastreio têm sido amplamente empregados para a identificação do risco de sarcopenia, destacando-se o SARC-F e o SARC-CalF. O SARC-F consiste em um questionário simplificado, de rápida aplicação, composto por cinco itens relacionados à função física e validado internacionalmente. Embora evidências indiquem elevada especificidade, o instrumento apresenta sensibilidade limitada, o que o torna útil como ferramenta de triagem inicial, porém insuficiente como método diagnóstico isolado (Ida; Kaneko; Murata, 2018).

Com o objetivo de aprimorar essa performance psicométrica, Woo et al. (2016) propuseram o SARC-CalF, que incorpora a medida da circunferência da panturrilha ao escore original, promovendo aumento significativo da sensibilidade do instrumento. Não obstante esse avanço, ambos permanecem classificados como ferramentas de rastreio e não substituem

a avaliação direta por testes de força e/ou medidas de massa muscular, consideradas essenciais para a confirmação diagnóstica da sarcopenia (Mazocco et al., 2020).

Nos últimos anos, a investigação científica tem dedicado atenção crescente ao conceito de qualidade muscular, o qual ultrapassa a simples quantificação do tecido e passa a englobar aspectos relacionados à sua composição e à capacidade funcional. Fenômenos como a infiltração adiposa, alterações na eco-intensidade e a redução da densidade muscular, avaliados por métodos de imagem, apresentam associação consistente com o declínio do desempenho físico do indivíduo. Embora alguns consensos já incorporem medidas preliminares voltadas à avaliação da qualidade muscular, esse conceito ainda se caracteriza por elevada heterogeneidade conceitual e metodológica, evidenciando a necessidade de novos estudos para sua melhor definição e padronização clínica (Tagliafico et al., 2022).

Dados recentes indicam que a prevalência global de sarcopenia varia entre 10% e 27% em idosos da comunidade, a depender dos critérios diagnósticos empregados, podendo exceder 30% em instituições de longa permanência e ambientes hospitalares. Projeções sugerem que tais dados tenderão a aumentar com o avanço dos anos, tornando-se mais expressiva entre os idosos, mulheres após a menopausa e indivíduos com múltiplas comorbidades (Shafiee et al., 2017; Petermann-Rocha et al., 2022).

A diversidade de definições, métodos e pontos de corte empregados para a identificação da sarcopenia evidencia a complexidade da condição e explica a ampla variabilidade das estimativas de prevalência entre diferentes populações. Segundo Petermann-Rocha et al. (2022), em revisão sistemática com meta-análise, as prevalências podem apresentar variações substanciais em decorrência das distintas classificações adotadas para as medidas de força muscular e desempenho físico. Essa heterogeneidade metodológica impacta diretamente tanto a pesquisa quanto a prática clínica, ao dificultar a comparabilidade entre estudos, o reconhecimento consistente dos casos e, consequentemente, a definição de estratégias de intervenção mais apropriadas. Embora o campo tenha avançado de forma significativa nas últimas décadas, persiste o desafio de estabelecer critérios diagnósticos mais consensuais, que sejam simultaneamente robustos e sensíveis às características específicas das populações avaliadas (Petermann-Rocha et al., 2022).

Tabela 1 - Definições e critérios diagnósticos de sarcopenia segundo consensos internacionais

Consenso (ano)	Entidade	Definição de sarcopenia	Critérios diagnósticos
IWGS (2011)	International Working Group on Sarcopenia	Perda associada à idade da massa muscular esquelética e da função.	• Velocidade de marcha < 1,0 m/s como critério inicial; • Baixa massa muscular avaliada por DXA; • Massa muscular apendicular/altura² ≤ 7,23 kg/m² (homens) e ≤ 5,67 kg/m² (mulheres); • Diagnóstico estabelecido pela associação entre marcha lenta e baixa massa muscular.
FNIH (2014)	Foundation for the National Institutes of Health	Fraqueza muscular clinicamente relevante associada à baixa massa muscular.	• Força de preensão manual < 26 kg (homens) e < 16 kg (mulheres); • Massa muscular apendicular ajustada pelo IMC (aLM/BMI) < 0,789 (homens) e < 0,512 (mulheres).
EWGSOP2 (2019)	European Working Group on Sarcopenia in Older People	Doença muscular caracterizada por redução da força muscular, associada à diminuição da quantidade e/ou qualidade muscular.	• Baixa força muscular (sarcopenia provável): preensão manual < 27 kg em homens e < 16 kg em mulheres, ou teste de levantar da cadeira > 15 s; • Baixa quantidade muscular (sarcopenia confirmada): aLM < 20 kg em homens e < 15 kg em mulheres, ou aLM/altura² < 7,0 kg/m² em homens e < 5,5 kg/m² em mulheres; • Baixo desempenho físico (sarcopenia grave): velocidade de marcha ≤ 0,8 m/s, SPPB ≤ 8, TUG ≥ 20 s ou não completar o teste de caminhada de 400 m.
AWGS (2019)	Asian Working Group for Sarcopenia	Perda relacionada à idade da massa muscular esquelética, associada à redução da força muscular e/ou do desempenho físico.	• Baixa força muscular (preensão < 28 kg homens; < 18 kg mulheres); • Baixa massa muscular por DXA (aLM/altura² < 7,0 kg/m² homens; < 5,4 kg/m² mulheres) ou BIA; • Baixo desempenho físico (marcha < 1,0 m/s, SPPB ≤ 9 ou teste da cadeira ≥ 12 s).

IWGS: International Working Group on Sarcopenia; FNIH: Foundation for the National Institutes of Health; EWGSOP2: European Working Group on Sarcopenia in Older People; AWGS: Asian Working Group for Sarcopenia; DXA: absorciometria por dupla emissão de raios X; ALM: massa magra apendicular; ALM/altura²: massa magra apendicular ajustada pela altura ao quadrado (kg/m²); aLM/IMC: massa magra apendicular ajustada pelo índice de massa corporal; IMC: índice de massa corporal; SPPB: Short Physical Performance Battery; TUG: Timed Up and Go test.

Fonte: Elaborado com base em IWGS (2011), FNIH (2014), EWGSOP2 (2019) e AWGS (2019).

2.3 PREVALÊNCIA DA SARCOPENIA NO BRASIL

As estimativas de prevalência da sarcopenia no Brasil também refletem a heterogeneidade metodológica observada em nível global, uma vez que diferentes estudos adotam consensos diagnósticos, instrumentos de avaliação e pontos de corte distintos. A revisão sistemática conduzida por Petermann-Rocha et al. (2022), embora não direcionada exclusivamente à população brasileira, reuniu dados de mais de 692 mil participantes e demonstrou que, entre idosos residentes na comunidade, a prevalência pode variar aproximadamente entre 10% e 27%, a depender do critério diagnóstico utilizado. O estudo ressalta, ainda, que países da América Latina tendem a apresentar prevalências mais elevadas quando comparados a regiões como Europa e Ásia, reforçando que diferenças populacionais, culturais e socioeconômicas exercem influência relevante sobre essas estimativas (Petermann-Rocha et al., 2022).

No Brasil, estudos que aplicaram critérios como EWGSOP, IWGS e AWGS têm evidenciado prevalências relativamente elevadas de sarcopenia entre idosos, tanto em contextos comunitários quanto em serviços de saúde. Entre idosos residentes na comunidade, os percentuais geralmente situam-se entre 12% e 20%, a depender do instrumento e do critério diagnóstico adotado. Entre os estudos nacionais, destaca-se o Estudo SABE, no qual Alexandre et al. (2014) identificaram prevalência de 15,4% entre idosos residentes no município de São Paulo, sendo 14,4% em homens e 16,1% em mulheres, com incremento progressivo nas faixas etárias mais avançadas, atingindo valores superiores a 44% entre indivíduos com 80 anos ou mais (Alexandre et al., 2014).

Tais achados evidenciam que fatores como baixa renda, risco nutricional, tabagismo e pior desempenho físico contribuem de forma relevante para o desenvolvimento da sarcopenia, não se restringindo exclusivamente ao efeito da idade cronológica. Em ambiente hospitalar, um estudo brasileiro recente identificou risco de sarcopenia em 22,8% dos idosos avaliados já na admissão e diagnóstico confirmado em aproximadamente 6%, ressaltando como o estado clínico agudo e a elevada vulnerabilidade funcional podem intensificar ainda mais o risco de depleção muscular nessas populações (Golin et al., 2023).

As diferenças metodológicas presentes na literatura também contribuem de forma decisiva para explicar a ampla variação das estimativas de prevalência observadas entre os estudos. Revisões sistemáticas conduzidas por Shafiee et al. (2017) e Tosato et al. (2017) demonstram que a bioimpedância elétrica (BIA) tende a superestimar a massa muscular quando comparada ao DXA, especialmente em idosos com alterações no estado de hidratação. O DXA, por sua vez, costuma fornecer estimativas mais precisas da composição corporal; entretanto, sua aplicação permanece limitada no âmbito dos sistemas públicos de saúde, o que dificulta a padronização tanto de estudos epidemiológicos quanto da prática assistencial (Shafiee et al., 2017; Tosato et al., 2017).

Apesar das elevadas prevalências descritas na literatura, a sarcopenia ainda permanece sendo insuficientemente reconhecida nos serviços de saúde no Brasil. A ausência de padronização na adoção dos consensos diagnósticos, o acesso restrito a métodos de avaliação considerados de referência, como DXA, tomografia computadorizada e ressonância magnética, bem como a variabilidade na aplicação e interpretação dos testes funcionais, constituem barreiras relevantes à identificação precoce da condição. Considerando o acelerado processo de envelhecimento da população brasileira e a influência concomitante de determinantes sociais, nutricionais e clínicos, a sarcopenia tende a consolidar-se como um problema de saúde pública de magnitude crescente, com implicações diretas para a funcionalidade, a autonomia e os desfechos em saúde da população idosa (Alexandre et al., 2014; Golin et al., 2023; Petermann-Rocha et al., 2022).

2.4 MÉTODOS DE TRIAGEM E AVALIAÇÃO CLÍNICA

Antes da mensuração direta da massa muscular, instrumentos clínicos de rastreio para sarcopenia podem ser empregados em indivíduos que relatam sinais ou sintomas sugestivos, como quedas recorrentes, fraqueza muscular, dificuldade para levantar-se da cadeira, perda gradual não intencional ou alterações da marcha. Esses métodos de rastreio possibilitam a identificação rápida, simples e de baixo custo de indivíduos com maior probabilidade de apresentar a condição, orientando a necessidade de investigação diagnóstica mais aprofundada por meio de testes de força e avaliação da massa muscular (Cruz-Jentoft et al., 2019).

2.4.1 Questionário de rastreio

O instrumento mais amplamente difundido e recomendado pelo EWGSOP2 é o SARC-F, desenvolvido em 2013, composto por cinco itens relacionados à força muscular, capacidade de locomoção, histórico de quedas e limitações funcionais. O questionário apresenta sensibilidade baixa a moderada e elevada especificidade, mostrando-se eficaz para a identificação de indivíduos com maior risco e com quadros mais avançados de sarcopenia, porém limitado para a detecção de estágios iniciais da condição. Em razão dessas características, diversos estudos recomendam sua utilização exclusivamente como ferramenta de triagem inicial, e não como método diagnóstico isolado (Cruz-Jentoft et al., 2019; Ida; Kaneko; Murata, 2018).

Em 2016, Barbosa-Silva et al. propuseram uma modificação do questionário SARC-F com o objetivo de aprimorar sua sensibilidade diagnóstica. O instrumento resultante, denominado SARC-CalF, preserva os cinco itens do modelo original e incorpora uma medida antropométrica adicional, a circunferência da panturrilha. Evidências subsequentes indicam que a inclusão dessa variável confere ao SARC-CalF desempenho superior ao do SARC-F tradicional, conforme considerado no consenso europeu, resultando em aumento da sensibilidade sem perda significativa de especificidade. Dessa forma, o SARC-CalF configura-se como uma ferramenta de rastreio mais equilibrada para a identificação do risco de sarcopenia (Ida; Kaneko; Murata, 2018; Mazocco et al., 2020).

Figura 1 - Questionário SARC-F para rastreio do risco de sarcopenia.



SARC-F FERRAMENTA DE RASTREIO DO RISCO DE SARCOPENIA

COMPONENTE	QUESTÃO	PONTUAÇÃO
Força	Qual a dificuldade que tem para levantar e carregar 4,5kg?	Nenhuma = 0 Alguma = 1 Muita ou impossível = 2
Apoio na marcha	Qual a dificuldade que tem para atravessar uma sala?	Nenhuma = 0 Alguma = 1 Muita, com apoio ou impossível = 2
Levantar-se de uma cadeira	Qual a dificuldade que tem para se levantar de uma cadeira ou de uma cama?	Nenhuma = 0 Alguma = 1 Muita ou impossível sem ajuda = 2
Subir escadas	Qual a dificuldade que tem para subir um lance de 10 degraus?	Nenhuma = 0 Alguma = 1 Muita ou impossível = 2
Quedas	Quantas vezes caiu no último ano?	Nenhuma = 0 1 a 3 quedas = 1 4 quedas ou mais = 2
PONTUAÇÃO TOTAL		

Fonte: Adaptado de Malmstrom e Morley (2013). Tradução do Núcleo de Estudos de Geriatria da Sociedade Portuguesa de Medicina Interna (GERMI).

Tabela 2 - Comparação entre instrumentos SARC-F e SARC-CalF para rastreio de sarcopenia

Característica	**SARC-F**	**SARC-CalF**
Componentes	Força; auxílio para caminhar; levantar da cadeira; subir escadas; quedas	Componentes do SARC-F + circunferência da panturrilha
Pontuação total	0-10 pontos	0-20 pontos
Ponto de corte	≥ 4 pontos	≥ 11 pontos
Sensibilidade	Baixa a moderada	Maior em comparação ao SARC-F
Especificidade	Alta	Moderada a alta

Fonte: Elaborado com base em Ida et al. (2018), Mazocco et al. (2020) e EWGSOP2 (2019).

2.4.2 Medidas antropométricas e testes de força muscular

Medidas como a circunferência da panturrilha, a força de preensão palmar, a velocidade de marcha e o teste de sentar e levantar são amplamente utilizadas para a avaliação e o rastreio de alterações da função muscular. A circunferência da panturrilha apresenta boa correlação com a massa muscular em idosos e é recomendada como um indicador de baixo custo, simples e de fácil acesso. O consenso da AWGS de 2019 sugere valores de circunferência da panturrilha <34 cm para homens e <33 cm para mulheres como indicativos de risco para baixa massa muscular, especialmente em contextos comunitários com recursos limitados (Chen et al., 2020; Tosato et al., 2017).

A força de preensão palmar, reconhecida como uma métrica simples e de alta aplicabilidade clínica, é adotada em consensos internacionais e constitui um preditor independente de desfechos clínicos relevantes para a população geriátrica, incluindo tempo de internação hospitalar e limitações funcionais. O EWGSOP2 caracteriza baixa força muscular mediante valores inferiores a 16 kg para mulheres e 27 kg para homens; concomitantemente, no AWGS 2019, os pontos de corte situam-se em 18 kg para mulheres e 28 kg para homens. A preensão palmar atua como um substituto confiável para a análise global da força de membros superiores e inferiores, além de configurar um teste simples e acessível (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019; Takamoto et al., 2023).

O teste de sentar e levantar, um indicador robusto para a avaliação da força muscular de membros inferiores, consiste no protocolo em que o paciente deve levantar-se cinco vezes de uma posição sentada sem o auxílio dos membros superiores. Adicionalmente, existe a versão cronometrada do teste, na qual o indivíduo executa o mesmo movimento durante um intervalo de 30 segundos, sendo contabilizado o número total de repetições realizadas. Além de apresentarem boa confiabilidade para a estimativa da força muscular, ambas as modalidades configuram-se como medidas práticas, funcionais e de baixo custo, amplamente aplicáveis em diferentes contextos clínicos e comunitários (Cruz-Jentoft et al., 2019).

Para a AWGS, o teste de sentar e levantar configura-se como um substituto adequado ao teste de velocidade de marcha no diagnóstico da sarcopenia. Nesse consenso, o tempo de corte de 11,6 segundos para a realização de cinco repetições é considerado equivalente a uma velocidade de marcha de 1,0 m/s, razão pela qual o limite adotado para baixo desempenho físico corresponde a tempos inferiores a 12 segundos. De modo semelhante, no consenso

europeu, o teste de sentar e levantar também é reconhecido como um marcador relevante para a avaliação da força e do desempenho físico, sendo tempos inferiores a 15 segundos para cinco repetições interpretados como um sinal de alerta para sarcopenia provável (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019).

2.4.3 Testes de funcionalidade e desempenho físico

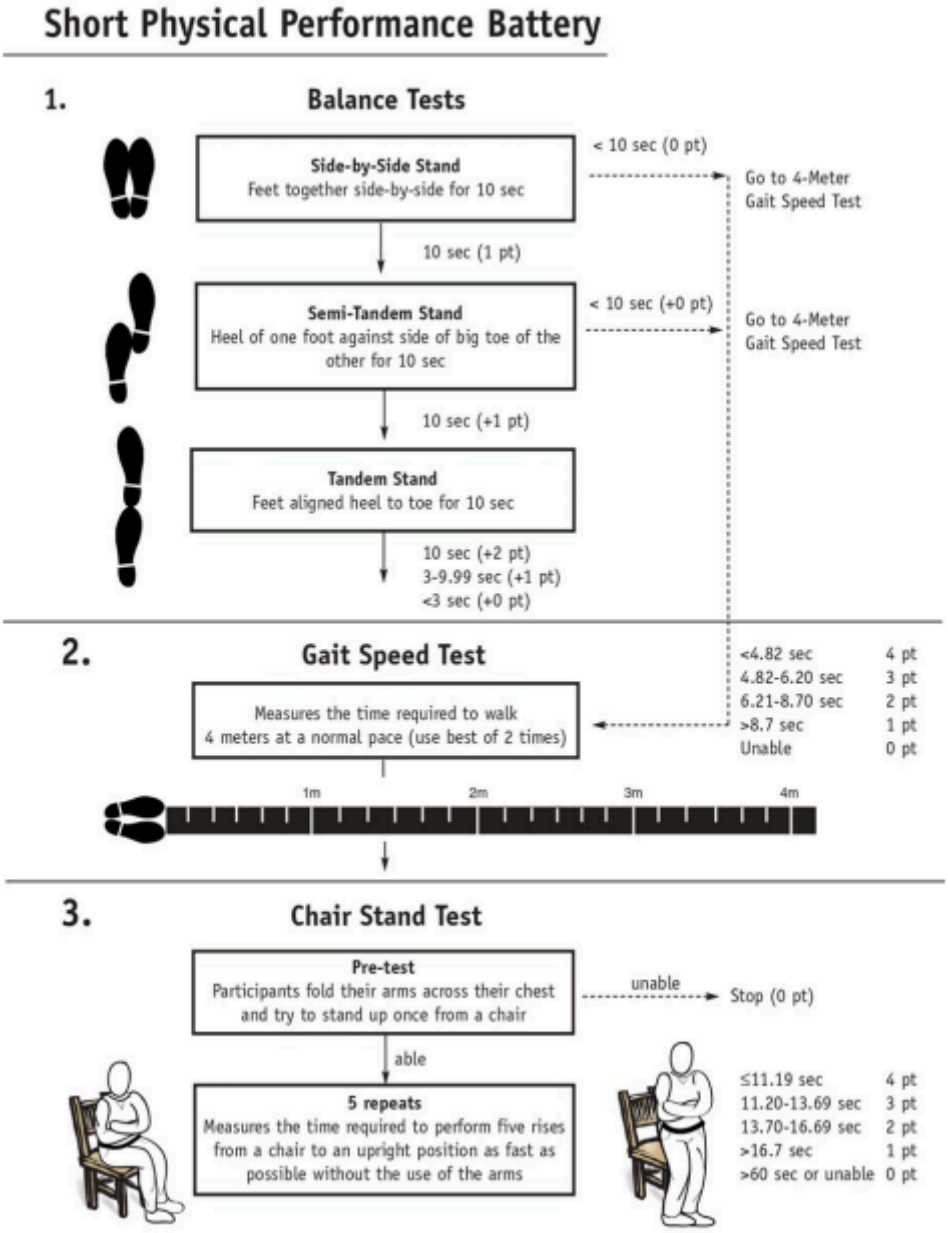
Instrumentos de avaliação funcional, como o Short Physical Performance Battery (SPPB), o Timed Up and Go (TUG) e o teste de velocidade de marcha são amplamente empregadas em pesquisas e na prática clínica para a avaliação do desempenho físico do indivíduo. Esses instrumentos são, em sua maioria, recomendados por consensos internacionais, incluindo o EWGSOP2, a AWGS 2019 e a IWGS, consolidando-se como medidas padronizadas e clinicamente relevantes para a caracterização funcional e a estratificação da sarcopenia (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019; Fielding et al., 2011).

O Short Physical Performance Battery (SPPB) é uma ferramenta amplamente utilizada para a avaliação da função dos membros inferiores e para a identificação de risco funcional em pessoas idosas. O instrumento é composto por três domínios: testes de equilíbrio estático, o teste de sentar e levantar da cadeira por cinco repetições e a avaliação da velocidade de marcha. Embora diversos estudos, incluindo o consenso europeu, adotem o ponto de corte de 0,8 m/s para a interpretação da velocidade de marcha, após a análise de múltiplos estudos de coorte conduzidos em diferentes países, o consenso da AWGS de 2019 passou a recomendar o ponto de corte de 1,0 m/s no teste de caminhada (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019).

Além da avaliação da velocidade de marcha, o SPPB contempla a análise da força dos membros inferiores por meio do teste de sentar e levantar em cinco repetições, previamente descrito, bem como a avaliação do equilíbrio estático por meio de três posições padronizadas: pés juntos (side-by-side), semi-tandem e tandem. No teste de pés juntos, o indivíduo permanece em ortostase, com os pés unidos e os membros superiores ao longo do corpo, sendo avaliada a capacidade de manter a posição por até 10 segundos. No semi-tandem, o calcanhar de um dos pés é posicionado em contato com a face medial do hálux do pé contralateral, mantendo-se um pé parcialmente à frente do outro, também por 10 segundos. Por fim, no teste de tandem, o indivíduo posiciona um pé diretamente à frente do outro, com o calcanhar em contato com o hálux do lado oposto, devendo sustentar essa posição por 10 segundos. Esses testes permitem a avaliação progressiva do controle postural e da

estabilidade, componentes centrais da função dos membros inferiores (Lee et al., 2021; Phu et al., 2020).

Figura 2 - Short Physical Performance Battery (SPPB) e seus componentes.



Fonte: Adaptado de Silva et al. (2021), com base no material original de Guralnik et al. (1994).

Segundo o EWGSOP2, o baixo desempenho físico é definido a partir da pontuação total do SPPB, sendo considerados como baixo desempenho valores ≤8, enquanto a mobilidade prejudicada é caracterizada por pontuações ≤9. De forma semelhante, o consenso

da AWGS recomenda o ponto de corte ≤9 como limite para a identificação de baixo desempenho físico. O instrumento apresenta escore total que varia de 0 a 12 pontos, no qual valores mais elevados indicam melhor desempenho funcional. Dessa forma, o SPPB consolida-se como uma ferramenta útil e de fácil aplicação para o rastreio da sarcopenia em ambientes clínicos e assistenciais (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019).

O Timed Up and Go (TUG) avalia a mobilidade funcional a partir da execução sequencial de levantar-se de uma cadeira, caminhar três metros, retornar ao ponto inicial e sentar-se novamente. Tempos mais elevados nesse teste indicam pior desempenho funcional e maior risco de incapacidade, configurando-o como um instrumento útil para a identificação precoce de alterações da mobilidade e para complementar a avaliação da força muscular em diferentes contextos clínicos e geriátricos (Tosato et al., 2017).

A velocidade de marcha foi incorporada pela IWGS como critério diagnóstico, considerando valores inferiores a 1,0 m/s como ponto de corte indicativo de risco aumentado para sarcopenia. Esse parâmetro também é utilizado pelo EWGSOP e pela AWGS como indicador de comprometimento do desempenho físico, sendo frequentemente avaliado por meio do teste de caminhada em percurso padronizado de seis metros. Tanto o teste de velocidade de marcha quanto o TUG apresentam elevada aplicabilidade clínica, baixo custo operacional e boa sensibilidade para a detecção de alterações funcionais, configurando-se como componentes relevantes na avaliação funcional de pessoas idosas (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019; Fielding et al., 2011).

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR (DXA, TC, RM, BIA, USM)

A mensuração da massa muscular constitui um dos pilares diagnósticos da sarcopenia, conforme estabelecido pelos principais consensos internacionais, incluindo o EWGSOP2, a AWGS 2019 e a IWGS. Embora diversas técnicas estejam disponíveis para essa finalidade, elas diferem substancialmente quanto à precisão, ao custo, à aplicabilidade clínica e à capacidade de avaliar não apenas a quantidade, mas também a qualidade do tecido muscular (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019; Fielding et al., 2011).

A quantidade muscular pode ser avaliada ou estimada por meio de diferentes métodos, incluindo a ressonância magnética (RM), a tomografia computadorizada (TC), a

absorciometria de raios X de dupla energia (DXA) e a bioimpedância elétrica (BIA). Entre essas técnicas, o DXA e a BIA multifrequencial figuram como as mais amplamente utilizadas em países asiáticos, em virtude de sua maior viabilidade operacional. O consenso do EWGSOP2, por sua vez, reconhece a RM e a TC como métodos de referência (padrão-ouro) para a avaliação da massa muscular, apesar de suas limitações relacionadas ao elevado custo, à menor portabilidade e ao acesso restrito em contextos clínicos e populacionais (Cruz-Jentoft et al., 2019).

2.5.1 Absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA)

O DXA consolidou-se, nas últimas décadas, como um método amplamente empregado por clínicos e pesquisadores para a estimativa da composição corporal, com destaque para a avaliação da massa magra. A técnica fornece medidas de massa magra total (Total Lean Mass, TLM) e de massa magra apendicular (Appendicular Lean Mass, aLM), sendo esta última a variável recomendada pelos principais consensos internacionais para o diagnóstico da sarcopenia, por corresponder à soma da massa magra dos membros superiores e inferiores (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019).

A partir dessas mensurações, diferentes índices derivados têm sido propostos, como o índice de massa muscular (Skeletal Muscle Index, SMI), no qual a aLM é ajustada pela altura ao quadrado (aLM/altura²), conforme adotado pelo EWGSOP2 e pela AWGS, ou ajustada pelo índice de massa corporal (aLM/IMC), conforme proposto pelo FNIH. Essas abordagens refletem distintas estratégias de normalização da massa muscular, com implicações diretas na interpretação clínica e epidemiológica da sarcopenia (Meza-Valderrama et al., 2022).

O método, portanto, não mensura diretamente a massa muscular esquelética total, mas fornece estimativas de massa magra que servem de base para o cálculo dos diferentes índices derivados utilizados na prática clínica e em pesquisa. A técnica é amplamente reconhecida por sua boa reprodutibilidade, baixa exposição à radiação ionizante e pela capacidade de discriminar de forma confiável os compartimentos de massa gorda, massa magra e massa óssea (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019).

O marcador mais relevante para o diagnóstico da sarcopenia é a aLM, definida como a soma da massa magra dos quatro membros. Esse parâmetro reflete de forma mais específica o tecido muscular esquelético funcional, uma vez que a musculatura apendicular apresenta forte

associação com a força muscular e a capacidade funcional. Em contrapartida, a massa magra total inclui componentes não contráteis, como vísceras e fluidos corporais, o que limita sua sensibilidade para a avaliação funcional e detecção de alterações musculares clinicamente relevantes (Tosato et al., 2017).

Como a aLM varia de acordo com o porte corporal, sua interpretação clínica requer ajuste pela altura ao quadrado, resultando no índice aLM/altura² (kg/m²). Esse ajuste é amplamente adotado nos consensos diagnósticos por representar a carga muscular relativa ao tamanho corporal. De acordo com a AWGS 2019, os pontos de corte propostos são <7,0 kg/m² para homens e <5,4 kg/m² para mulheres, sendo utilizados valores semelhantes pelo EWGSOP2 (Chen et al., 2020).

Apesar da elevada reprodutibilidade, da baixa exposição à radiação ionizante e da ampla utilização em estudos epidemiológicos e clínicos, o DXA apresenta limitações relevantes, incluindo a ausência de portabilidade, a variabilidade entre dispositivos e a sensibilidade às alterações do estado de hidratação corporal. Ademais, o método não fornece informações diretas sobre a qualidade muscular, como a infiltração adiposa intramuscular, o que restringe sua capacidade de caracterizar plenamente as alterações estruturais associadas à sarcopenia (Tosato et al., 2017).

2.5.2 Tomografia computadorizada (TC)

A tomografia computadorizada consolida-se como uma das principais referências padrão para a avaliação quantitativa e qualitativa da musculatura esquelética. A técnica possibilita a mensuração precisa da área de secção transversal (CSA), do volume muscular e da radiodensidade tecidual, esta última considerada um marcador direto da infiltração gordurosa intramuscular (miosteatose). A obtenção desses parâmetros faz com que a TC apresente elevado valor em estudos clínicos de alta complexidade, além de apresentar excelente validade e confiabilidade intra e interobservador. O consenso EWGSOP2 ressalta a TC como um método de elevada acurácia, fundamental para a validação cruzada de novos instrumentos diagnósticos. Contudo, o custo operacional, a exposição à radiação ionizante e a baixa portabilidade restringem sua aplicabilidade em larga escala para uso rotineiro (Cruz-Jentoft et al., 2019; Tagliafico et al., 2022; Tosato et al., 2017).

2.5.3 Ressonância magnética (RM)

A RM distingue-se por fornecer medidas de alta precisão do volume muscular, da CSA e da composição tecidual, sem a utilização de radiação ionizante. A técnica possibilita a caracterização detalhada da infiltração adiposa inter e intramuscular, além de permitir estimativas não invasivas da composição das fibras e de propriedades bioquímicas do tecido por meio da espectroscopia. Entretanto, aspectos operacionais restringem sua ampla utilizção na prática clínica, tais como o elevado custo, o tempo prolongado de aquisição, a complexidade do processamento das imagens e a baixa disponibilidade em contextos comunitários e assistenciais de rotina (Tagliafico et al., 2022; Tosato et al., 2017).

2.5.4 Bioimpedância elétrica

A bioimpedância elétrica constitui um método amplamente utilizado pelo seu baixo custo, alta operabilidade e portabilidade. Baseada na avaliação da resistência e da reatância ao fluxo de uma corrente elétrica de baixa intensidade, a BIA possibilita a estimativa da massa magra corporal por meio de equações preditivas. Em função dessas características, o método é reconhecido pelas diretrizes do EWGSOP2 e da AWGS 2019 como uma alternativa viável ao DXA em contextos nos quais este não se encontra disponível (Chen et al., 2020; Cruz-Jentoft et al., 2019).

No entanto, a BIA apresenta limitações metodológicas significativas, sobretudo na população geriátrica, destacando-se a elevada sensibilidade ao estado de hidratação, a dependência de equações preditivas específicas para etnia e faixa etária, a variabilidade entre fabricantes e a menor precisão em indivíduos com doenças crônicas, presença de edemas, distúrbios hídricos ou obesidade. Evidências apontam que essas inconsistências comprometem a confiabilidade das estimativas obtidas, indicando que o método deve ser empregado com cautela, sobretudo em contextos clínicos mais complexos (Tagliafico et al., 2022).

2.5.5 Ultrassonografia musculoesquelética (US)

A ultrassonografia musculoesquelética tem emergido como uma modalidade promissora para a mensuração da massa muscular, sobretudo pela combinação entre portabilidade, baixo custo, ausência de radiação ionizante e adequada acurácia quando executada sob protocolos tecnicamente padronizados. O consenso EWGSOP2 reconhece a ultrassonografia como uma ferramenta com potencial para a avaliação tanto da quantidade

quanto da qualidade muscular, ressaltando, contudo, a necessidade de maior padronização metodológica e do fortalecimento das evidências científicas que sustentem sua aplicação clínica rotineira (Cruz-Jentoft et al., 2019).

As imagens obtidas por ultrassonografia permitem a extração de múltiplos parâmetros estruturais e funcionais, incluindo a espessura muscular, a área de secção transversal (CSA) e o ângulo de penação. Técnicas complementares como a elastografia por ultrassom e a análise da intensidade do eco, possibilitam a avaliação da qualidade muscular por meio da estimativa da rigidez tecidual e da ecogenicidade, respectivamente. Alterações nesses parâmetros de qualidade muscular têm sido associadas à presença de processos como fibrose, inflamação crônica e infiltração adiposa intramuscular, ampliando o potencial da ultrassonografia para além da simples quantificação da massa muscular (Meza-Valderrama et al., 2022; Ticinesi et al., 2017).

A ecogenicidade, parâmetro que reflete a infiltração adiposa e alterações estruturais do músculo, apresenta correlação moderada ($r = 0,43$; $p < 0,01$) com a densidade muscular mensurada por TC, indicando que valores mais elevados estão associados à maior conteúdo de gordura intramuscular. Bunout et al. (2023) também observaram associação inversa entre a ecogenicidade do reto femoral e a força muscular, evidenciando que o aumento desse parâmetro reflete maior acúmulo de gordura intramuscular e menor força do quadríceps, o que reforça seu papel como marcador de qualidade muscular. Em contrapartida, o ângulo de penação apresentou correlações inconsistentes com a força muscular, sugerindo a necessidade de estudos adicionais para confirmar sua aplicabilidade clínica nesse contexto (Bunout et al., 2023).

Dentre os principais benefícios da ultrassonografia na avaliação da sarcopenia destaca-se a mensuração precisa de parâmetros relacionados tanto à massa quanto à qualidade muscular, por meio da obtenção de imagens de alta resolução que permitem a adequada diferenciação entre tecido muscular, adiposo e outras estruturas adjacentes. Ademais, o método possibilita a identificação de alterações musculares em estágios iniciais, favorecendo intervenções oportunas e a prevenção de uma progressão mais acentuada da deterioração muscular. A capacidade de aquisição de imagens em tempo real também permite que os profissionais forneçam feedback imediato aos pacientes durante a execução de exercícios

terapêuticos, o que pode contribuir para maior engajamento e adesão ao tratamento proposto (Meza-Valderrama et al., 2022; Ticinesi et al., 2017).

Apesar dos avanços recentes, a ultrassonografia musculoesquelética ainda apresenta limitações que restringem sua adoção plena como método diagnóstico consolidado. A principal delas refere-se à ausência de padronização internacional dos protocolos de aquisição e análise, o que dificulta a comparabilidade entre estudos e a definição de valores normativos e pontos de corte clinicamente validados (Cruz-Jentoft et al., 2019; Tagliafico et al., 2022; Zhao et al., 2022). Adicionalmente, a literatura aponta a necessidade de investigações com amostras mais amplas e representativas, para consolidar a reprodutibilidade das medidas e ampliar sua validade externa em diferentes populações e contextos clínicos (Bunout et al., 2023; Catikkas et al., 2024). Apesar dessas limitações, a ultrassonografia configura-se como um instrumento acessível, portátil e sensível às alterações do tecido muscular, o que a torna uma técnica particularmente promissora para a avaliação diagnóstica em cenários clínicos nos quais métodos de referência, de maior custo e menor disponibilidade, não se encontram acessíveis (Cruz-Jentoft et al., 2019).

2.6. ATUALIZAÇÕES EM ULTRASSONOGRAFIA MUSCULOESQUELÉTICA

A crescente incorporação da ultrassonografia musculoesquelética em pesquisas e na prática clínica tem evidenciado a necessidade de padronização dos protocolos de aquisição, mensuração e interpretação dos dados. Embora a técnica apresente elevada validade quando comparada aos métodos de referência, a ausência de uniformidade nos procedimentos metodológicos limita a comparabilidade entre estudos e dificulta a definição de pontos de corte clinicamente aplicáveis para o diagnóstico da sarcopenia (Nijholt et al., 2017; Van den Broeck et al., 2025).

2.6.1 Estudos clínicos com uso do ultrassom musculoesquelético

A investigação da validade concorrente da ultrassonografia musculoesquelética (USM) em relação ao DXA tem se consolidado ao longo das últimas décadas, com evidências consistentes demonstrando que medidas como a espessura muscular (MT) e a área de secção transversa (CSA) apresentam correlações significativas com a massa magra apendicular (aLM). Na revisão sistemática com meta-análise conduzida por Zhao et al. (2022), as correlações entre a CSA obtida por ultrassonografia e as estruturas musculares avaliadas por

tomografia computadorizada e ressonância magnética foram elevadas (r = 0,88), além de serem observados níveis excelentes de confiabilidade intra e interavaliador (ICC > 0,90). Tais achados reforçam a elevada precisão das imagens obtidas por ultrassonografia quando comparadas a métodos considerados padrão-ouro para a análise estrutural do músculo (Zhao et al., 2022).

Nessa perspectiva, estudos clínicos têm demonstrado que o gastrocnêmio medial apresenta forte associação com variáveis de massa magra avaliadas pelo DXA. Wang, Hu e Tian (2018) identificaram ponto de corte de 1,50 cm para a espessura do gastrocnêmio medial como critério de triagem para baixa massa muscular, reforçando sua relevância como marcador morfológico associado à sarcopenia (Wang; Hu; Tian, 2018). De forma complementar, Neira Álvarez et al. (2021) observaram correlação moderada a alta e estatisticamente significativa entre a espessura do gastrocnêmio medial e a ALM obtida por DXA (r = 0,546; p < 0,001), além de sensibilidade de 77,8% e especificidade de 77,1% para o ponto de corte de 1,85 cm no eixo transversal na triagem de sarcopenia. A consistência desses achados em diferentes etnias e contextos clínicos reforça a aplicabilidade da ultrassonografia musculoesquelética em ambientes com recursos limitados (Neira Álvarez et al., 2021).

Os estudos conduzidos por Abe, Wang, Paris e Ortiz-Navarro indicam que tanto a espessura muscular quanto a área de secção transversa (CSA) apresentam correlações de magnitude moderada a forte com a massa magra apendicular (aLM) em diferentes populações. Esses achados reforçam que tais medidas ultrassonográficas mantêm consistência mesmo em grupos com distintas características clínicas e étnicas. Ainda assim, observa-se expressiva variabilidade nas abordagens metodológicas adotadas, incluindo o músculo selecionado para avaliação, a profundidade da imagem, a pressão exercida pelo transdutor e o plano de corte utilizado, o que evidencia a necessidade de maior padronização dos protocolos para ampliar a comparabilidade entre os estudos disponíveis (Abe, T. et al., 2018; Ortiz-Navarro et al., 2025; Paris et al., 2021).

Nesse contexto de evidências convergentes, destaca-se de forma particular a contribuição dos estudos conduzidos por Abe et al., que aprofundaram de maneira sistemática a validação da ultrassonografia musculoesquelética. Em amostras estratificadas de adultos e idosos, os autores demonstraram associações robustas entre modelos preditivos baseados na espessura muscular mensurada por ultrassom e a aLM avaliada por DXA, com coeficientes de

correlação frequentemente superiores a 0,85. Adicionalmente, tais trabalhos evidenciaram que equações de regressão que integram múltiplos sítios de mensuração, especialmente em segmentos dos membros inferiores, alcançam maior acurácia preditiva, reforçando o papel central desses músculos na estimativa da massa muscular apendicular (Abe, T. et al., 2018; Abe et al., 2015).

Evidências de origem européia também reforçam a associação entre medidas ultrassonográficas e a composição corporal avaliada por DXA. No estudo de Paris et al. (2021), a espessura do músculo reto femoral apresentou correlação consistente com a massa magra dos membros inferiores, indicando que o quadríceps permanece um marcador sensível para a detecção de diferenças estruturais associadas ao processo de envelhecimento. De forma complementar, Navarro et al. (2025) avaliaram modelos integrativos que combinam dados de ultrassonografia, DXA e bioimpedância, demonstrando que a incorporação conjunta de parâmetros morfológicos e funcionais aprimoram de maneira significativa a capacidade preditiva para a identificação da fragilidade. Em conjunto, esses achados sugerem que a ultrassonografia musculoesquelética fornece informações estruturais adicionais e complementares ao DXA na análise das alterações musculares relacionadas à idade (Ortiz-Navarro et al., 2025; Paris et al., 2021).

A revisão conduzida por Van den Broeck et al. (2025) sintetiza 17 estudos, em sua maioria classificados de elevada qualidade metodológica, e apresenta os principais pontos de corte propostos para espessura muscular, área de secção transversa (CSA) e eco-intensidade em adultos caucasianos. Os autores demonstram que tais valores apresentam variação substancial em função das características da amostra, como sexo, idade e estado clínico, bem como das particularidades do método de aquisição, como posicionamento, plano de corte, referência anatômica e a estratégia estatística adotada para a definição dos pontos de corte (Van den Broeck et al., 2025).

Entre os músculos mais frequentemente investigados destacam-se o gastrocnêmio, o quadríceps, o reto abdominal e o tibial anterior, enquanto as medidas de CSA e eco-intensidade permanecem representadas por um número mais restrito de estudos e apresentam maior sensibilidade às diferenças de protocolo e às configurações do equipamento. O artigo evidencia que a utilidade diagnóstica dos pontos de corte depende criticamente da adoção de protocolos claramente descritos e reprodutíveis, uma vez que

variações operacionais aparentemente discretas podem alterar os valores obtidos e comprometer sua interpretação clínica (Van den Broeck et al., 2025).

2.6.2 Modelos preditivos baseados na ultrassonografia musculoesquelética

A literatura tem evidenciado interesse crescente no desenvolvimento de modelos preditivos baseados em variáveis ultrassonográficas para a aLM mensurada por DXA. Tais modelos configuram-se como alternativas particularmente relevantes em cenários clínicos e comunitários nos quais o acesso ao DXA é restrito, ao viabilizarem estimativas rápidas, portáteis e de baixo custo. As primeiras iniciativas nesse campo foram propostas por Abe et al. (2015; 2016; 2018), que investigaram a capacidade da espessura muscular de diferentes grupos musculares em predizer a aLM por meio de modelos de regressão linear. Os achados indicam que a incorporação de mais de um grupo muscular nas equações amplia de forma expressiva a acurácia preditiva, evidenciando que a distribuição da massa muscular segue uma proporcionalidade possível de ser captada pelas medidas ultrassonográficas (Abe et al., 2015; Abe, et al., 2018).

No estudo de Paris et al. (2021), demonstraram que a distribuição da atrofia muscular não ocorre de maneira uniforme, observando reduções mais expressivas na espessura do vasto lateral e do reto abdominal em homens idosos quando comparados a indivíduos jovens pareados por aLM, o que evidencia a sensibilidade do ultrassom para captar diferenças segmentares da musculatura. De forma complementar, Wang et al. (2018), ao analisarem exclusivamente o gastrocnêmio medial, identificaram que a espessura muscular isolada pode ser considerado um preditor de baixa massa muscular segundo os critérios do AWGS, com ponto de corte de 1,50 cm (AUC = 0,82). Tais achados sugerem que a ultrassonografia musculoesquelética é capaz de captar adequadamente alterações estruturais clinicamente relevantes para a identificação de baixa massa muscular, ainda que abordagens multissegmentares e multifatoriais sejam necessárias para ampliar a acurácia preditiva em populações heterogêneas (Paris et al., 2021; Wang; Hu; Tian, 2018).

No contexto brasileiro, destaca-se o modelo desenvolvido por Barbosa-Silva et al. (2021), que integrou duas medidas de espessura muscular obtidas em braço e coxa, a variáveis antropométricas (estatura e comprimento do braço), resultando na formulação do modelo denominado “2+2(+2) = 4”. A equação apresentou coeficiente de determinação elevado (R^2 = 0,90) para a estimativa da aLM em comparação ao DXA, além de limites de concordância de

±2,36 kg, evidenciando desempenho robusto para aplicações em nível populacional em idosos brasileiros. Ainda assim, em razão da limitação dos dados atualmente disponíveis e da ampla variação observada nos limites de concordância, recomenda-se cautela na aplicação do modelo na prática clínica individual, sendo sua utilização mais adequada em contextos de triagem e em estudos epidemiológicos (Barbosa-Silva et al., 2021).

Embora tenham ocorrido avanços relevantes nos modelos preditivos baseados na espessura muscular e em variáveis antropométricas, parte da literatura recente tem concentrado esforços na investigação do componente estrutural da sarcopenia por meio da análise da arquitetura muscular. Nesse contexto, estudos atuais indicam que modificações geométricas do músculo esquelético podem oferecer marcadores adicionais para a identificação e a estratificação da perda de massa muscular. Entre essas abordagens, destaca-se o estudo de Narici et al. (2021), que introduz o Ultrasound Sarcopenia Index (USI) como um marcador estrutural derivado da relação entre o comprimento do fascículo e a espessura muscular (Narici et al., 2021).

O estudo conduzido por Narici et al. (2021) introduziu o Ultrasound Sarcopenia Index (USI), calculado pela razão entre o comprimento do fascículo e a espessura muscular do vasto lateral. O método baseia-se na hipótese de que o envelhecimento está associado a uma perda desproporcional de sarcômeros organizados em série e em paralelo, resultando no aumento do comprimento dos fascículos e na redução da espessura muscular. Assim, valores elevados de USI estão associados a maior deterioração estrutural do músculo esquelético e a estágios mais avançados da sarcopenia. (Narici et al., 2021).

O índice demonstrou-se independente de sexo, estatura e massa corporal, apresentando correlação significativa com o Skeletal Muscle Index (SMI) obtido por DXA ($r = 0,61$; $p < 0,0001$). Além disso, o estudo demonstrou concordância entre o ponto de corte do USI proposto para sarcopenia moderada (4,76) e o valor de referência utilizado para o diagnóstico de baixa massa muscular por DXA (SMI = 7,26 kg/m²), reforçando a consistência metodológica e a validade geométrica do índice. Ademais, foi proposta uma classificação estrutural distribuída em cinco níveis de severidade, atribuindo ao USI potencial aplicabilidade como marcador complementar para a estratificação da sarcopenia em diferentes estágios (Narici et al., 2021).

2.6.3 Qualidade muscular na ultrassonografia musculoesquelética

A literatura recente sobre sarcopenia tem ampliado o foco exclusivo da quantidade de massa muscular para a avaliação da qualidade muscular, incorporando alterações composicionais e estruturais do tecido esquelético, tais como infiltração adiposa, deposição fibrosa, inflamação crônica de baixo grau e desorganização das fibras musculares. No contexto da ultrassonografia musculoesquelética, tais alterações são majoritariamente refletidas por parâmetros de ecogenicidade, comumente expressos pela intensidade do eco, obtida a partir da média dos níveis de cinza de uma região de interesse previamente definida no interior do parênquima muscular (Ticinesi et al., 2017; Zhao et al., 2022).

Músculos caracterizados por maior conteúdo de gordura intramuscular e tecido conjuntivo tendem a apresentar padrões hiperecogênicos e textura mais heterogênea, enquanto músculos estruturalmente preservados apresentam aspecto relativamente hipoecogênico e homogêneo. Nesse sentido, a ecogenicidade aproxima a ultrassonografia de marcadores clássicos de “qualidade muscular” tradicionalmente descritos em métodos como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, porém com vantagens adicionais relacionadas à portabilidade, à ausência de radiação ionizante e à possibilidade de aplicação à beira leito (Ticinesi et al., 2017; Zhao et al., 2022).

Na TC, a densidade muscular expressa em unidades Hounsfield (HU) constitui o parâmetro consolidado para a avaliação da mioesteatose, definida como o acúmulo anormal de gordura no interior do músculo esquelético. Valores situados, aproximadamente, entre 29 e 150 HU são normalmente considerados para caracterizar tecido muscular, enquanto faixas mais negativas correspondem ao tecido adiposo, permitindo a estimativa do grau de “diluição” das fibras contráteis por gordura intramuscular. Segundo Tagliafico et al., valores reduzidos de HU refletem pior qualidade muscular e estão relacionados a desfechos clínicos adversos, sustentando a ideia de que a densidade muscular, além da quantidade, constitui um componente relevante na avaliação da sarcopenia (Tagliafico et al., 2022).

Nesse contexto, a ecogenicidade mensurada por ultrassonografia pode ser entendida como um parâmetro análogo à densidade radiológica, de modo que valores mais elevados de brilho ou intensidade do eco (EI) estão associados a maior probabilidade de infiltração adiposa e remodelamento fibroso. Entretanto, a relação entre EI e HU não é perfeitamente

linear, o que demanda cautela na comparação direta entre esses indicadores (Ticinesi et al., 2017; Zhao et al., 2022).

Outro conjunto de fatores técnicos diz respeito ao controle da profundidade da imagem e à acurácia na marcação dos pontos anatômicos, principalmente em músculos mais profundos ou em indivíduos com maior espessura de tecido adiposo subcutâneo, nos quais a necessidade de ajustes de profundidade pode comprometer a resolução e a nitidez das imagens adquiridas. Em Paris et al. (2021), o processo de identificação dos pontos anatômicos é rigorosamente padronizado, com definição prévia das distâncias em relação a marcos estruturais e manutenção de parâmetros fixos de aquisição, reforçando que a consistência na marcação é requisito essencial para a obtenção de imagens comparáveis ao longo de todo o protocolo.

De forma complementar, Catikkas et al. (2024) descrevem detalhadamente os procedimentos para a mensuração da espessura muscular, da espessura do tecido adiposo e da área de secção transversa (CSA) em plano transverso. Embora ambos os estudos ressaltem a importância da padronização dos procedimentos, os possíveis efeitos de diferentes planos de corte e de variações na delimitação fascial não são investigados de forma sistemática, configurando uma lacuna metodológica relevante (Catikkas et al., 2024; Paris et al., 2021).

As características morfofisiológicas do músculo em processo de envelhecimento também exercem influência direta sobre a interpretação das medidas ultrassonográficas. Narici et al. (2021) descrevem que a sarcopenia é acompanhada por alterações expressivas da arquitetura muscular, incluindo redução da espessura, encurtamento dos fascículos e diminuição do ângulo de penação, decorrentes da perda de sarcômeros em paralelo e em série. Tais modificações estruturais alteram as proporções geométricas entre o comprimento fascicular e a espessura muscular, constituindo o fundamento conceitual que sustenta o USI proposto pelos autores, embora a aquisição desses parâmetros tenha apresentado excelente reprodutibilidade no estudo (Narici et al., 2021).

De forma complementar, Navarro et al. (2025) demonstram que a espessura do reto femoral mantém-se como um marcador relevante em modelos destinados à identificação da fragilidade, reforçando o papel das medidas morfológicas na caracterização de indivíduos idosos, ainda que o estudo não tenha explorado parâmetros relacionados à qualidade muscular. Por fim, aspectos operacionais, como a padronização do posicionamento corporal, o

adequado relaxamento do membro avaliado e a estabilidade das condições de exame, exerceram avaliados em posição prona, com o músculo completamente relaxado, sendo submetidos a um segundo registro após 20 minutos de repouso, o que reforça a necessidade de minimizar variações associadas ao estado fisiológico imediato do músculo (Narici et al., 2021; Ortiz-Navarro et al., 2025).

Embora Abe et al. (2018) e Wang et al. (2018) não discutam de forma explícita os efeitos do posicionamento sobre a espessura muscular, ambos os estudos evidenciam que a validade dos modelos propostos dependem de condições de avaliação rigorosamente controladas e reprodutíveis. Nesse contexto, a interpretação das medidas deve considerar influências ambientais e operacionais, sustentando a importância da adoção de protocolos uniformizados tanto em pesquisa quanto na prática clínica (Abe, Takashi et al., 2018; Wang; Hu; Tian, 2018).

A literatura evidencia que a confiabilidade das medidas obtidas por ultrassonografia em adultos mais velhos é consistentemente elevada, sobretudo quando aplicadas a grupos musculares de maior volume, como o quadríceps femoral. As revisões sistemáticas conduzidas por Nijholt et al. (2017) e Zhao et al. (2022) demonstram que os coeficientes de correlação intraclasse (ICC) variam de moderados a excelentes (0,26–1,00), com desempenho particularmente robusto no vasto lateral e no reto femoral, cujos valores de ICC frequentemente se situam entre 0,85 e 0,999. Esses achados refletem a convergência de fatores anatômicos e operacionais, uma vez que músculos volumosos, com interfaces fasciais bem delimitadas, tendem a gerar ecos mais estáveis e imagens com maior contraste estrutural, reduzindo o erro intra examinador. Tais evidências reforçam que a ultrassonografia, quando aplicada a músculos grandes e de fácil acesso, é capaz de atingir níveis de confiabilidade comparáveis aos observados em métodos de referência para a avaliação da musculatura esquelética (Nijholt et al., 2017; Zhao et al., 2022).

A análise de confiabilidade intra examinador conduzida por Zhao et al. (2022) evidencia elevada estabilidade das medidas ultrassonográficas, com coeficientes de correlação intraclasse (ICC) para a espessura muscular do vasto lateral, gastrocnêmio medial e vasto intermédio variando entre 0,96 e 0,98. Resultados igualmente robustos são observados para a área de secção transversa, com ICCs situados entre 0,91 e 0,98 para o reto femoral, bíceps braquial e vasto lateral. No conjunto, esses achados indicam que, sob protocolos

rigorosamente padronizados, a ultrassonografia mantém elevada precisão tanto para dimensões lineares quanto para medidas bidimensionais, sustentando sua aplicabilidade no monitoramento longitudinal de alterações musculares ao longo do envelhecimento (Zhao et al., 2022).

Do ponto de vista interexaminador, a confiabilidade das medidas ultrassonográficas permanece elevada, com coeficientes de correlação intraclasse frequentemente superiores a 0,90 para a espessura do quadríceps e de seus principais componentes (Zhao et al., 2022). Ainda assim, observa-se uma tendência consistente de valores ligeiramente inferiores àqueles obtidos nas análises intra examinador, especialmente quando a mensuração envolve músculos de menor volume ou regiões anatômicas com reduzido contraste estrutural (Zhao et al., 2022).

A revisão sistemática de Nijholt et al. (2017) demonstra que os menores valores de ICC concentram-se justamente nesses músculos de pequena escala, incluindo segmentos do braço, antebraço e porções distais da perna, nos quais há maior variabilidade e maior sensibilidade a fatores operacionais e de posicionamento. Esses achados reforçam que a dimensão anatômica interage diretamente com a precisão do método, tornando a padronização dos procedimentos ainda mais crucial em áreas caracterizadas por menor volume muscular (Nijholt et al., 2017).

Um ponto crítico recorrente na literatura refere-se à marcante dependência do operador, aspecto enfatizado tanto por Nijholt et al. (2017) quanto por estudos metodológicos anteriores. Diversas investigações deixam de descrever de maneira adequada elementos fundamentais do processo de aquisição, tais como o posicionamento do paciente, a definição precisa do ponto anatômico de mensuração e a padronização da pressão exercida pelo transdutor. A omissão sistemática desses detalhes compromete a reprodutibilidade das medidas e contribui para explicar parte da heterogeneidade residual observada em revisões sistemáticas e meta-análises. Nesse contexto, observa-se um movimento crescente em direção ao desenvolvimento de consensos técnicos e à harmonização dos protocolos de medida, embora tais diretrizes ainda se encontrem em processo de consolidação na literatura especializada (Nijholt et al., 2017).

Em síntese, as evidências indicam que a confiabilidade da ultrassonografia musculoesquelética é consistentemente elevada quando aplicada a grupos musculares de maior volume e sustentada por protocolos de aquisição rigorosamente estruturados. A

variabilidade observada entre diferentes músculos, examinadores e parâmetros técnicos evidencia que a robustez do método não reside primordialmente no equipamento empregado, mas no grau de rigor metodológico com que o procedimento é executado. Nesse prisma, o avanço recente da literatura tem deslocado o foco das limitações instrumentais para a necessidade de maior padronização dos protocolos, aspecto fundamental para a redução da heterogeneidade e para a consolidação da aplicabilidade clínica da técnica (Nijholt et al., 2017; Zhao et al., 2022).

2.7 LIMITAÇÕES TÉCNICAS DA ULTRASSONOGRAFIA

A precisão das medidas ultrassonográficas é influenciada por múltiplos componentes operacionais, particularmente quando aspectos essenciais do procedimento como o plano de corte, o posicionamento do transdutor e a descrição do ponto anatômico de referência, não são devidamente detalhados ou padronizados. A revisão conduzida por Nijholt et al. (2017) destaca que a insuficiência dessas informações metodológicas constitui uma das principais limitações nos estudos de confiabilidade, contribuindo de forma significativa para a variabilidade intra e interexaminador, sobretudo na avaliação de músculos de menor volume ou com resolução espacial reduzida.

De maneira complementar, Bunout et al. (2023) evidenciam a necessidade de rigor na orientação do transdutor, uma vez que variações no ângulo de incidência podem modificar a ecogenicidade do tecido muscular. Esses achados reforçam que alterações aparentemente discretas no procedimento de aquisição são capazes de influenciar os parâmetros obtidos e, portanto, devem ser rigorosamente controladas nas avaliações musculoesqueléticas, tanto em contextos de pesquisa quanto na prática clínica (Bunout et al., 2023; Nijholt et al., 2017).

A orientação do transdutor em relação ao eixo das fibras musculares constitui outro determinante relevante da qualidade da imagem ultrassonográfica. Pequenas variações na inclinação são capazes de modificar o padrão de refletividade do feixe ultrassônico e, consequentemente, alterar a eco-intensidade, efeito descrito por Bunout et al. (2023). O mesmo enfatiza a necessidade de evitar mudanças na inclinação do transdutor a fim de assegurar consistência entre as aquisições. Embora esse fenômeno não seja explorado de forma detalhada nos demais documentos analisados, a sensibilidade da imagem à orientação do transdutor sugere que a padronização do ângulo de incidência é essencial para reduzir variações entre medidas repetidas, especialmente em músculos com arquitetura mais

complexa, nos quais a interpretação da textura pode ser particularmente suscetível a alterações sutis na orientação do feixe (Bunout et al., 2023).

As configurações do equipamento apresentam um fator crítico na variabilidade das medidas ultrassonográficas. Ajustes relacionados ao ganho, à profundidade e ao foco influenciam diretamente a distribuição dos níveis de cinza da imagem e, consequentemente, a ecogenicidade, produzindo variações que não refletem propriedades intrínsecas do tecido muscular. Estudos recentes evidenciam que a EI pode sofrer alterações expressivas mesmo diante de modificações mínimas no ganho, o que compromete a interpretação dos achados quando o objetivo é inferir infiltração adiposa ou alterações estruturais sutis. De modo semelhante, o aumento da profundidade de imagem está associado à redução da resolução espacial em músculos profundos, ao passo que ajustes não padronizados de foco e dos parâmetros de varredura comprometem a adequada definição da interface músculo-fáscia. Ainda assim, diversos estudos descrevem tais parâmetros de aquisição de forma incompleta, aspecto frequentemente apontado como limitação metodológica e como obstáculo relevante à comparabilidade entre as investigações (Bunout et al., 2023; Van den Broeck et al., 2025; Zhao et al., 2022).

A composição corporal do indivíduo, em especial a espessura do tecido adiposo subcutâneo, constitui um fator determinante para a interpretação da eco-intensidade. Em Paris et al. (2021), diferentes volumes de gordura subcutânea são apontados como um relevante elemento de confusão, pois podem modificar a leitura da EI e demandar estratégias específicas de correção, particularmente em adultos mais velhos com maior grau de adiposidade. Tal efeito de confusão torna-se ainda mais crítico na avaliação de grupos heterogêneos, nos quais a redistribuição da gordura ao longo do envelhecimento pode alterar a aparência ultrassonográfica do músculo e influenciar comparações interindividuais. No contexto brasileiro, estudos de modelagem, como o conduzido por Barbosa-Silva et al. (2021), reforçam a necessidade de rigor técnico no controle desses fatores, a fim de assegurar estimativas reprodutíveis da massa muscular apendicular e reduzir vieses associados à variabilidade composicional (Barbosa-Silva et al., 2021; Paris et al., 2021).

As diferenças metodológicas entre os estudos representam um dos principais fatores associados à heterogeneidade identificada nas revisões recentes. Van den Broeck et al. (2025) ressaltam que valores de referência e pontos de corte devem ser interpretados considerando o

contexto técnico e populacional em que foram estabelecidos, uma vez que variações operacionais aparentemente sutis podem impactar de forma relevante os parâmetros obtidos. A falta de uniformidade metodológica, portanto, limita a comparabilidade entre os estudos e permanece como um obstáculo à consolidação de protocolos internacionais amplamente aceitos (Nijholt et al., 2017; Van den Broeck et al., 2025; Zhao et al., 2022).

De modo geral, as evidências recentes apontam que a variabilidade entre os estudos decorre sobretudo de diferenças relacionadas ao músculo analisado, aos parâmetros ultrassonográficos utilizados e aos procedimentos de aquisição, bem como de divergências nos critérios diagnósticos adotados como padrão de referência. Conforme enfatizado por Zhao et al. (2022) e Van den Broeck et al. (2025), essa heterogeneidade metodológica compromete a comparabilidade dos resultados e evidencia a necessidade de padronização rigorosa aliada à descrição detalhada dos protocolos, aspectos essenciais para fortalecer a aplicação da ultrassonografia musculoesquelética na avaliação da massa muscular e na acurácia diagnóstica da sarcopenia (Van den Broeck et al., 2025; Zhao et al., 2022).

Tabela 3 - Características metodológicas da USM em estudos clínicos

Autor (ano)	**País**	**Grupo muscular/músculo**	**Técnica (decúbito, posicionamento do transdutor)**	**Ponto anatômico de referência**	**Variável avaliada**	**N imagens/repetição**	**Lado avaliado**
Abe et al. (2015a)	EUA / Japão	Antebraço	Em pé; transdutor perpendicular ao eixo longitudinal do músculo	50% da distância entre o epicôndilo lateral do úmero e o processo estilóide do rádio	MT	2	Direito
Abe et al. (2015b)	EUA	Quadríceps	Em pé; transdutor perpendicular ao eixo longitudinal do músculo	Metade da distância entre EIAS e patela	MT	2	Direito

Abe et al. (2018)	Japão	Antebraço	Em pé, relaxado; transdutor perpendicular ao eixo longitudinal	30% proximal entre o processo estilóide e a cabeça da ulna	MT	3	Direito
Paris et al. (2021)	Canadá	RF e Gastrocnêmio	Decúbito dorsal; transdutor transversal ao músculo.	Ponto médio entre EIAS e patela; região de maior espessura do gastrocnêmio	MT; AST	1	Direito
Wullems et al. (2024)	Reino unido	Quadríceps	Decúbito dorsal; transdutor transversal ao músculo.	Ponto médio entre EIAS e patela	MT	NR	Lado dominante
Catikkas et al. (2024)	Turquia	RF e BB	Decúbito dorsal, transdutor transversal ao músculo	Reto femoral: 50% entre EIAS e patela; Bíceps braquial: ponto médio do braço	MT	3	NR
Berger et al. (2015)	Chile	VL	Decúbito dorsal; transdutor transversal ao músculo.	Região média da coxa (50% do comprimento do fêmur)	AST	3	Ambos
Hobson-Webb et al. (2018)	EUA	Quadríceps	Decúbito dorsal; transdutor transversal ao músculo.	Região média da coxa	MT	3	Direito
Narici et al. (2021)	Itália / Reino Unido / França	Quadríceps	Decúbito dorsal; transdutor transversal ao músculo.	Região média da coxa	MT; ângulo de penação	3	NR
Neira-Álvarez et	Espanha	Quadríceps	Decúbito dorsal;	Ponto médio entre EIAS e	MT	3	Lado dominan

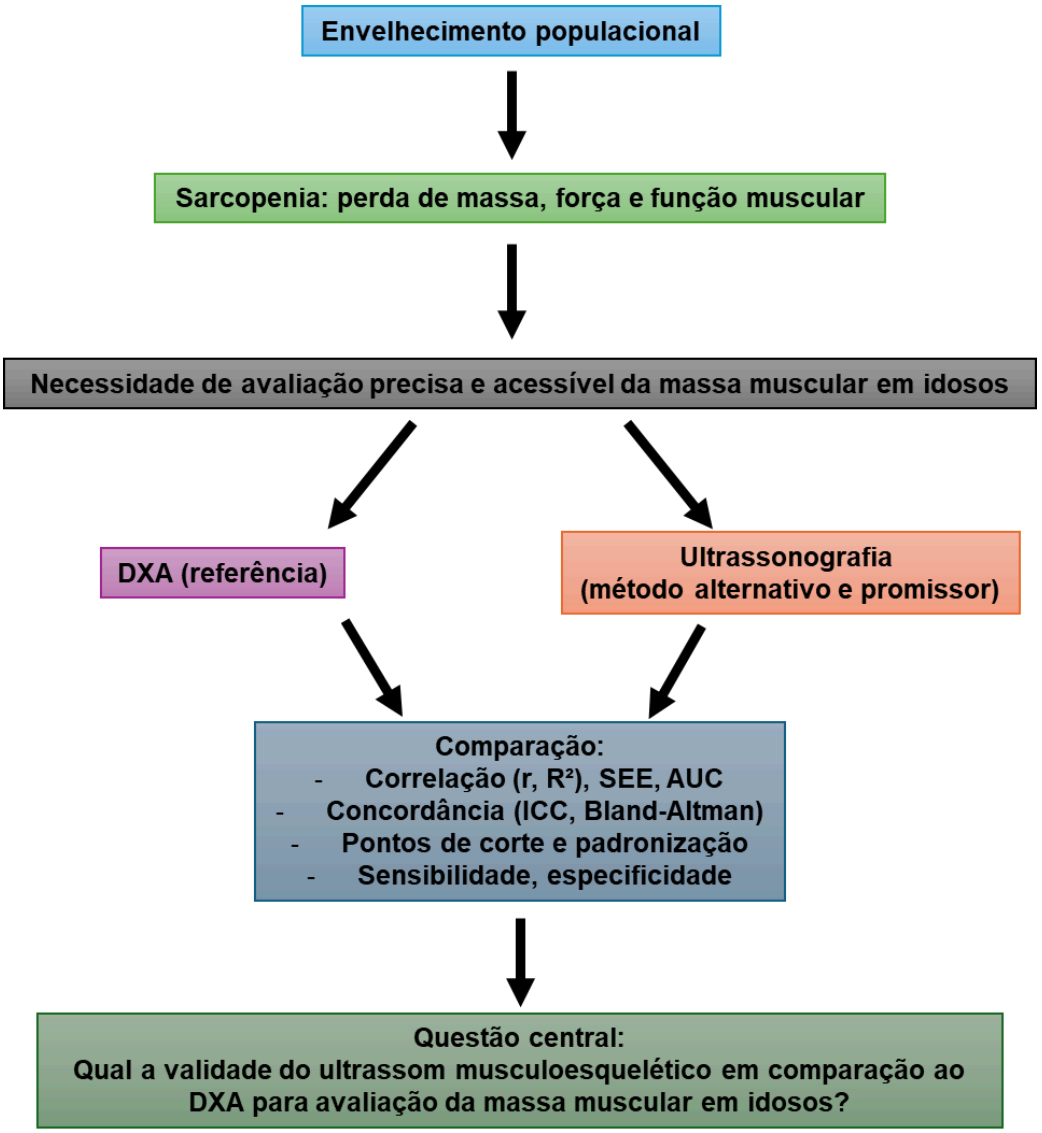
al. (2021)			transdutor transversal ao músculo.	patela			te
Wang et al. (2018)	China	Gastrocnêmio medial	Decúbito dorsal; transdutor transversal ao músculo.	Ponto de maior espessura muscular	MT; espessura de gordura subcutânea	2	Direito
Ortiz-Navarro et al. (2025)	Espanha	RF	Decúbito dorsal; transdutor transversal ao músculo.	Ponto médio entre EIAS e patela	MT	NR	Lado dominante
Oge et al. (2025)	Turquia	Quadríceps	Decúbito dorsal; transdutor perpendicular ao eixo longitudinal do músculo	Região média da coxa	MT; AST	≥2	Ambos
Barbosa-Silva et al. (2021)	Brasil	BB e RF	Decúbito dorsal; transdutor perpendicular ao eixo longitudinal do músculo	Ponto médio entre EIAS e patela (reto femoral); ponto médio do braço (bíceps braquial)	MT	3	Ambos
Tomlinson et al. (2018)	Reino Unido	Gastrocnêmio medial.	Decúbito ventral, transdutor longitudinalmente ao eixo do músculo	ponto de maior espessura muscular	Ângulo de penaçaõ; comprimento do fascículo; volume; PCSA	3	NR

Bunout et al. (2023)	Chile	RF	Decúbito dorsal, transdutor longitudinalmente ao eixo do músculo	Ponto médio da coxa	MT; ângulo de penaçã o; eco-intensidade	3	NR

Abreviações: aLM, massa muscular apendicular (appendicular lean mass); AST, área de secção transversa; BB, bíceps braquial; CSA, área de secção transversal (cross-sectional area); EIAS, espinha ilíaca ântero-superior; MT, espessura muscular (muscle thickness); NR, não relatado; PCSA, área fisiológica de secção transversal (physiological cross-sectional area); RF, reto femoral; US, ultrassonografia; USM, ultrassonografia musculoesquelética; VL = vasto lateral.

Fonte: Elaborado pela autora.

3. MARCO CONCEITUAL



4. METODOLOGIA

4.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A pergunta norteadora foi estruturada segundo o modelo PICOS, definido previamente. A população de interesse compreendeu idosos com idade ≥60 anos; a intervenção foi a avaliação da musculatura por ultrassonografia musculoesquelética; o comparador, a DXA, considerada referência para mensuração da massa magra apendicular; os desfechos envolveram correlação, concordância e equivalência entre os métodos, e o desenho incluiu estudos observacionais com dados quantitativos relevantes.

4.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Seguindo as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis (PRISMA) - APÊNDICE A -, o estudo apresentou protocolo registrado no PROSPERO sob o número CRD420251168461 A busca foi conduzida de forma abrangente em seis bases eletrônicas: PubMed/MEDLINE, Embase, Web Of Science, LILACS, SiELO e BVS, sem restrição de idioma, contemplando estudos publicados entre 2015 e 2025. As estratégias específicas incluíram combinações de descritores MeSH e DeCS e termos livre referentes a idosos, musculatura esquelética, ultrassonografia e DXA, tal como detalhado no APÊNDICE B “Estratégia de busca”.

4.3 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

4.3.1 Critérios de inclusão

- População idosa ≥ 60 anos, ou estudos cuja média etária seja ≥ 60 anos.
- Estudos que comparem diretamente os resultados da ultrassonografia musculoesquelética com aqueles obtidos por DXA.
- Estudos que apresentem dados quantitativos suficientes para avaliar:
    - correlação,
    - concordância, ou
    - equivalência entre os métodos.
- Artigos publicados entre 2015 e 2025.

4.3.2 Critérios de exclusão

- Artigos duplicados.
- Estudos com cadáveres.
- Tipos de publicação não elegíveis:
    - Revisões sistemáticas,
    - Cartas ao editor,
    - Comentários,
    - Editoriais,
    - Estudos de caso,
    - Artigos sem texto completo disponível.
- Estudos que utilizem o DXA apenas como critério diagnóstico, sem comparação direta com medidas ultrassonográficas.
- Estudos com populações mistas (adultos e idosos) que não estratifiquem os resultados para o grupo idoso.
- Estudos que avaliem apenas a ultrassonografia, sem DXA,
- Estudos que utilizem outras modalidades de imagem (TC, RM, etc.) sem incluir DXA.

4.4 EXTRAÇÃO DE DADOS

Para cada estudo incluído, coletaram-se informações essenciais sobre: características gerais (título, autores, ano, país, desenho do estudo), descrição da população (idade, sexo, IMC e critérios diagnósticos de sarcopenia), parâmetros utilizados no DXA (modelo do equipamento, variáveis analisadas e pontos de corte) e detalhes do protocolo de ultrassonografia (tipo de transdutor, frequência, modo de imagem, posicionamento, ponto anatômico e perfil do avaliador).

Foram extraídas também todas as variáveis ultrassonográficas reportadas como espessura muscular, área de secção transversa, eco intensidade, ângulo de penação e músculos avaliados, além dos principais resultados estatísticos (correlações, ICC, AUC, sensibilidade, especificidade e métodos analíticos adotados). A extração foi conduzida por dois revisores de forma independente, com resolução consensual das divergências, garantindo consistência e padronização dos dados para as etapas subsequentes de síntese.

4.5 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE METODOLÓGICA

O risco de viés e a qualidade metodológica dos estudos incluídos foram avaliados com o instrumento QUADAS-2, ferramenta recomendada para estudos de acurácia diagnóstica e previamente definida como padrão nos anexos. A avaliação foi conduzida de forma independente por dois revisores, contemplando quatro domínios: seleção dos participantes, teste indexador (USM), teste de referência (DXA) e fluxo e tempo, com resolução de eventuais divergências por consenso (APÊNDICE C).

Adicionalmente, a qualidade metodológica específica dos protocolos de ultrassonografia musculoesquelética foi avaliada utilizando o instrumento proposto por Pretorius e Keating, desenvolvido para examinar aspectos técnicos e operacionais da aquisição ultrassonográfica em estudos comparativos com métodos de referência. Esse instrumento contempla dez critérios objetivos relacionados, entre outros aspectos, ao delineamento da coorte, definição dos métodos de avaliação, controle do estado muscular, descrição do ponto anatômico de escaneamento, controle da pressão do transdutor, posicionamento do transdutor e adequação do intervalo temporal entre os métodos. Cada critério foi classificado como “sim”, “não” ou “não especificado”, resultando em um escore total de 0 a 10 pontos. Assim como no QUADAS-2, a avaliação foi realizada de forma independente por dois revisores, com consenso em caso de discordância (APÊNDICE D).

4.6 SÍNTESE DOS DADOS E ANÁLISE DE ESTATÍSTICA

A síntese quantitativa utilizou os estudos que apresentaram valores de correlação (r), coeficientes de confiabilidade (ICC) e medidas de acurácia diagnóstica (AUC), conforme extraídos dos artigos selecionados. As análises foram realizadas em Python, aplicando-se a transformação das correlações para Fisher z, seguida de ponderação pelo tamanho amostral de cada estudo e reconversão para r após a obtenção das estimativas combinadas.

Foram ajustados três modelos estatísticos: efeito fixo, efeito aleatório DerSimonian-Laird e efeito aleatório com REML acrescido da correção de Knapp-Hartung, este definido como modelo final recomendado. Além das correlações, foram organizados e analisados os valores de ICC, AUC, sensibilidade e especificidade reportados pelos estudos incluídos. Também foram produzidos gráficos complementares, incluindo forest plots, boxplots e funnel plots, conforme descrito no documento técnico da meta-análise.

5. ARTIGO

VALIDITY OF MUSCULOSKELETAL ULTRASONOGRAPHY FOR THE ASSESSMENT OF MUSCLE MASS IN OLDER ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW AND COMPARATIVE META-ANALYSIS WITH DXA

Clara Takako Moriguchi, Jordana Soares Chaves, Matheus de Lima Ruffini, Lucas De Liz Alves, Diego Pires de Moura, Isabella Passos Negreiros, Adolfo Moraes de Souza, Laís Helena Gomes Cordeiro, Mariana Matheus Silveira, Juliana Ávila Duarte

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das evidências apresentadas nesta revisão sistemática com meta-análise, conclui-se que a ultrassonografia musculoesquelética se configura como um método de avaliação por imagem não invasivo válido, reprodutível e clinicamente aplicável para a estimativa da massa muscular apendicular em pessoas idosas, apresentando elevada validade quando comparada ao método de referência, a absorciometria de raios X de dupla energia (DXA). A elevada correlação agrupada (r = 0.855; IC 95% 0.637–0.946), em conjunto com os elevados coeficientes de confiabilidade interavaliador (ICC predominantemente entre 0.90 e 0.98), confirma a consistência metodológica da ultrassonografia para a estimativa indireta da massa muscular apendicular nessa população.

Sob essa perspectiva, os resultados sustentam o fundamento fisiológico de que medidas ultrassonográficas, especialmente a espessura muscular e a área de secção transversa de músculos dos membros inferiores, com destaque para o reto femoral e o quadríceps, atuam como indicadores confiáveis do volume muscular global mensurado pelo DXA. Ademais, a acurácia diagnóstica demonstrada, com valores de AUC variando entre 0.75 e 0.95 (média aproximada de 0.87), reforça o papel da ultrassonografia como ferramenta útil na identificação de indivíduos idosos sem redução relevante da massa muscular, sobretudo em contextos de rastreamento e acompanhamento longitudinal.

Entretanto, o desequilíbrio observado entre sensibilidade (mediana de 0,74) e especificidade (mediana de 0,91) impõe reflexões clínicas relevantes. A elevada especificidade evidencia maior acurácia do método para excluir a baixa massa muscular, enquanto a sensibilidade moderada aponta limitações na identificação de todos os casos de sarcopenia definidos por parâmetros densitométricos. Dessa forma, reforça-se a necessidade de interpretação conjunta dos resultados ultrassonográficos com dados clínicos e funcionais, particularmente em populações geriátricas heterogêneas.

A elevada heterogeneidade estatística identificada (I^2 = 97,4%) representa a principal restrição à generalização dos resultados e decorre, de maneira evidente, da ampla variabilidade metodológica entre os estudos incluídos. Embora a maioria dos estudos apresente risco de viés aceitável, a variabilidade observada está fortemente associada à heterogeneidade na execução e no reporte dos protocolos de aquisição ultrassonográfica, incluindo diferenças na seleção dos músculos avaliados, nos parâmetros ultrassonográficos

considerados, nos pontos anatômicos de mensuração e nas equações preditivas adotadas. Essas inconsistências técnicas comprometem a comparabilidade direta entre os estudos e, até o momento, impedem o estabelecimento de pontos de corte universais aplicáveis à prática clínica.

Em síntese, os resultados desta revisão sistemática com meta-análise sustentam a integração progressiva da ultrassonografia musculoesquelética na prática clínica geriátrica, particularmente em contextos nos quais o acesso ao DXA é restrito ou inviável, como na atenção primária, no cuidado domiciliar, na avaliação à beira-leito e no acompanhamento longitudinal de intervenções terapêuticas. Características como portabilidade, reduzido custo operacional e ausência de radiação ionizante conferem ao método vantagens estratégicas em relação às técnicas tradicionais de avaliação da composição corporal, ampliando sua aplicabilidade em diferentes cenários assistenciais.

Entretanto, a afirmação da ultrassonografia como ferramenta diagnóstica e prognóstica no contexto da sarcopenia depende, de maneira decisiva, do progresso em processos de padronização metodológica e de validação externa, com destaque para iniciativas internacionais, como o protocolo SARCUS, além da definição de pontos de corte estratificados por músculo, sexo, etnia e cenário clínico. Nesse sentido, estudos multicêntricos, com amostras amplas e delineamentos rigorosos, são fundamentais para mitigar a heterogeneidade existente e permitir a translação efetiva do método para a prática clínica e para o planejamento de políticas públicas em saúde do envelhecimento, uma vez que a validade clínica da ultrassonografia musculoesquelética é fortemente dependente da padronização rigorosa dos protocolos de aquisição e da qualidade técnica da execução do exame.

O manuscrito presente na dissertação será submetido, prioritariamente, ao periódico Geriatrics & Gerontology International, considerando sua adequação temática à área da geriatria e gerontologia, além da sua tradição na publicação de estudos metodológicos e de síntese da evidência científica no contexto do envelhecimento humano. De forma alternativa, está prevista a submissão ao periódico Age and Ageing, em razão de seu elevado impacto científico e de sua relevância na disseminação de evidências voltadas à prática clínica geriátrica.

REFERÊNCIAS

ABE, T.; FUJITA, E.; THIEBAUD, R. S.; LOENNEKE, J. P.; AKAMINE, T. DXA-rectified appendicular lean mass: development of ultrasound prediction models in older adults. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, v. 22, n. 9, p. 1080–1085, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s12603-018-1053-1.

ABE, T.; LOENNEKE, J. P.; THIEBAUD, R. S.; FUJITA, E.; AKAMINE, T.; LOFTIN, M. Prediction and validation of DXA-derived appendicular fat-free adipose tissue by a single ultrasound image of the forearm in Japanese older adults. *Journal of Ultrasound in Medicine*, v. 37, n. 2, p. 347–353, 2018. DOI: https://doi.org/10.1002/jum.14343.

ABE, T.; LOENNEKE, J. P.; YOUNG, K. C.; THIEBAUD, R. S.; NAHAR, V. K.; HOLLAWAY, K. M. et al. Validity of ultrasound prediction equations for total and regional muscularity in middle-aged and older men and women. *Ultrasound in Medicine & Biology*, v. 41, n. 2, p. 557–564, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.09.007.

ABE, T.; PATTERSON, K. M.; STOVER, C. D.; YOUNG, K. C. Influence of adipose tissue mass on DXA-derived lean soft tissue mass in middle-aged and older women. *Age*, v. 37, n. 1, p. 9741, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s11357-014-9741-1.

ABE, T.; THIEBAUD, R. S.; LOENNEKE, J. P.; YOUNG, K. C. Prediction and validation of DXA-derived appendicular lean soft tissue mass by ultrasound in older adults. *Age*, v. 37, n. 6, p. 114, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s11357-015-9853-2.

ABE, T.; FUJITA, E.; THIEBAUD, R. S.; LOENNEKE, J. P.; AKAMINE, T. Ultrasound-derived forearm muscle thickness is a powerful predictor for estimating DXA-derived appendicular lean mass in Japanese older adults. *Ultrasound in Medicine & Biology*, v. 42, n. 9, p. 2341–2344, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2016.05.008.

ALEXANDRE, T. da S.; DUARTE, Y. A. O.; SANTOS, J. L. F.; WONG, R.; LEBRÃO, M. L. Prevalence and associated factors of sarcopenia among elderly in Brazil: findings from the SABE study. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, v. 18, n. 3, p. 284–290, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/s12603-013-0413-0.

BARBOSA-SILVA, T. G.; GONZALEZ, M. C.; BIELEMANN, R. M.; SANTOS, L. P.; COSTA, C. S.; MENEZES, A. M. B. et al. 2 + 2 (+ 2) = 4: a new approach for appendicular muscle mass assessment by ultrasound. *Nutrition*, v. 83, p. 111056, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.111056.

BAUMGARTNER, R. N.; KOEHLER, K. M.; GALLAGHER, D.; ROMERO, L.; HEYMSFIELD, S. B.; ROSS, R. R. et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *American Journal of Epidemiology*, v. 147, n. 8, p. 755–763, 1998. DOI: https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009520.

BUNOUT, D.; GONZALEZ, S.; CANALES, M.; BARRERA, G.; HIRSCH, S. Ultrasound assessment of rectus femoris pennation angle and echogenicity: association with muscle functional measures and fat infiltration measured by CT scan. *Clinical Nutrition ESPEN*, v. 55, p. 420–424, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.04.015.

CATIKKAS, N. M.; SAFER, V. B.; BAS, S.; GUNAY, D. S.; DURAK, A.; UTKU, I. K. et al. Comparison of muscle and fat parameters measured by ultrasonography and dual-energy X-ray absorptiometry between older palliative care patients with and without type 2 diabetes mellitus. *Journal of Clinical Ultrasound*, v. 52, n. 5, p. 608–618, 2024. DOI: https://doi.org/10.1002/jcu.23688.

CHEN, L. K.; WOO, J.; ASSANTACHAI, P.; AUYEUNG, T. W.; CHOU, M. Y.; IIJIMA, K. et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, v. 21, n. 3, p. 300–307.e2, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012.

CRUZ-JENTOFT, A. J.; BAHAT, G.; BAUER, J.; BOIRIE, Y.; BRUYÈRE, O.; CEDERHOLM, T. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, v. 48, n. 1, p. 16–31, 2019. DOI: https://doi.org/10.1093/ageing/afy169.

FIELDING, R. A.; VELLAS, B.; EVANS, W. J.; BHASIN, S.; MORLEY, J. E.; NEWMAN, A. B. et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. *Journal of the American Medical Directors Association*, v. 12, n. 4, p. 249–256, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jamda.2011.01.003.

GOLIN, N.; et al. Screening for sarcopenia and its health outcomes in hospitalized elderly individuals. *BRASPEN Journal*, v. 38, n. 2, 2023. Disponível em: https://braspenjournal.org/article/doi/10.37111/braspenj.2023.38.2.10. Acesso em: 7 out. 2023.

IDA, S.; KANEKO, R.; MURATA, K. SARC-F for screening of sarcopenia among older adults: a meta-analysis of screening test accuracy. *Journal of the American Medical Directors Association*, v. 19, n. 8, p. 685–689, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jamda.2018.04.001.

LEE, S. Y.; et al. SPPB reference values and performance in assessing sarcopenia in community-dwelling Singaporeans – Yishun study. *BMC Geriatrics*, v. 21, n. 1, p. 213, 2021. DOI: https://doi.org/10.1186/s12877-021-02171-6.

LEITE, L. E. A.; et al. Envelhecimento, estresse oxidativo e sarcopenia: uma abordagem sistêmica. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, v. 15, n. 2, p. 365–380, 2012.

MAZOCCO, L.; et al. Accuracy of SARC-F and SARC-CalF for sarcopenia screening in older women from southern Brazil. *Nutrition*, v. 79–80, p. 110955, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110955.

MEZA-VALDERRAMA, D.; et al. Musculoskeletal ultrasound shows muscle mass changes during post-acute care hospitalization in older men: a prospective cohort study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 22, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph192215150.

NARICI, M.; et al. Age-related alterations in muscle architecture are a signature of sarcopenia: the ultrasound sarcopenia index. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 12, n. 4, p. 973–982, 2021. DOI: https://doi.org/10.1002/jcsm.12720.

NEIRA ÁLVAREZ, M.; et al. Muscle assessment by ultrasonography: agreement with dual-energy X-ray absorptiometry and relationship with physical performance. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, v. 25, n. 8, p. 956–963, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s12603-021-1669-4.

NIJHOLT, W.; et al. The reliability and validity of ultrasound to quantify muscles in older adults: a systematic review. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 8, n. 5, p. 702–712, 2017. DOI: https://doi.org/10.1002/jcsm.12210.

PARIS, M. T.; et al. Older males exhibit reduced anterior upper leg and anterior abdominal muscle thickness compared to younger males when matched for relative appendicular lean tissue. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, v. 96, p. 104483, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.archger.2021.104483.

PERKISAS, S.; et al. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: 2020 SARCUS update. *European Geriatric Medicine*, v. 12, n. 1, p. 45–59, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s41999-020-00433-9.

PETERMANN-ROCHA, F.; et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 13, n. 1, p. 86–99, 2022. DOI: https://doi.org/10.1002/jcsm.12820.

PHU, S.; et al. The diagnostic value of the Short Physical Performance Battery for sarcopenia. *BMC Geriatrics*, v. 20, n. 1, p. 242, 2020. DOI: https://doi.org/10.1186/s12877-020-01614-3.

SHAFIEE, G.; et al. Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta-analysis of general population studies. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, v. 16, p. 21, 2017. DOI: https://doi.org/10.1186/s40200-017-0302-x.

SOUZA, E. M.; SILVA, D. P. P.; BARROS, A. S. Popular education, health promotion and active aging: an integrative literature review. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, n. 4, p. 1355–1368, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/1413-81232021264.03072019.

STUDENSKI, S. A.; et al. The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *Journal of Gerontology: Series A*, v. 69, n. 5, p. 547–558, 2014. DOI: https://doi.org/10.1093/gerona/glu010.

TAGLIAFICO, A. S.; et al. Sarcopenia: how to measure, when and why. *La Radiologia Medica*, v. 127, n. 3, p. 228–237, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11547-021-01442-4.

TAKAMOTO, K.; et al. Hand grip strength differences in geriatric subjects with and without hand diseases. *Progress in Rehabilitation Medicine*, v. 8, p. 20230030, 2023. DOI: https://doi.org/10.2490/prm.20230030.

TICINESI, A.; et al. Muscle ultrasound and sarcopenia in older individuals: a clinical perspective. *Journal of the American Medical Directors Association*, v. 18, n. 4, p. 290–300, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.11.013.

TOSATO, M.; et al. Measurement of muscle mass in sarcopenia: from imaging to biochemical markers. *Aging Clinical and Experimental Research*, v. 29, n. 1, p. 19–27, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s40520-016-0717-0.

VAN DEN BROECK, J.; et al. Ultrasound cut-off values for muscle thickness, cross-sectional area, and echo intensity in Caucasian adults: a narrative review. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, v. 15, n. 4, p. 3665–3686, 2025.

WANG, J.; HU, Y.; TIAN, G. Ultrasound measurements of gastrocnemius muscle thickness in older people with sarcopenia. *Clinical Interventions in Aging*, v. 13, p. 2193–2199, 2018. DOI: https://doi.org/10.2147/CIA.S179445.

WULLEMS, J. A.; et al. Sedentary behaviour has an independent negative impact on skeletal muscle size and architecture in community-dwelling older adults. *PLOS ONE*, v. 19, n. 2, p. e0294555, 2024. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294555.

ZHAO, R.; et al. Evaluation of appendicular muscle mass in sarcopenia in older adults using ultrasonography: a systematic review and meta-analysis. *Gerontology*, v. 68, n. 10, p. 1174–1198, 2022. DOI: https://doi.org/10.1159/000525758.

APÊNDICE A - DIRETRIZES PRISMA 2020

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	1
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	8-10
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	17-20
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	21
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	56-57
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	56/95-99
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	95-99
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	56-58/59-61
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	57-58
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	57/60
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	56-57

Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	58/100
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	58/61
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	58
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	58
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	59-90
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	58/63-65
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	68-75/82
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	84-85
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	85-86
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	85-86
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	66
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	66
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	65-66
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	85

Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	65-86
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	68-81
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	82-86
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	82-83
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	84-85
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	68-81
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	85
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	86-90
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	86-90
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	86-90
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	86-90
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	56
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	56
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	59-61
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	88-89
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	90

Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	90-91/94-101

Note: Prepared by the author (2026), adapted from Page MJ, et al. (2021). PRISMA 2020 statement. Licensed under CC BY 4.0.

APÊNDICE B - ESTRATÉGIAS DE BUSCA UTILIZADAS NAS BASES DE DADOS

PubMed/MEDLINE

(Aged[mh] OR Aged[tiab] OR Elderly[tiab] OR "Aged, 80 and over"[mh] OR Oldest Old[tiab] OR older adults[tiab] OR Geriatrics[mh] OR geriatric*[tiab] OR Gerontology[tiab])

AND

(Muscle, Skeletal[mh] OR Skeletal Muscle*[tiab] OR Muscle*[tiab] OR muscle mass[tiab] OR skeletal muscle[tiab] OR lean mass[tiab] OR muscle quantity[tiab] OR muscle size[tiab])

AND

(Ultrasonography[mh] OR Ultrasonography[tiab] OR Diagnostic Ultrasound*[tiab] OR Echography[tiab] OR Echotomography[tiab] OR Medical Sonography[tiab] OR Ultrasonic Imaging[tiab] OR Ultrasonographic Imaging*[tiab] OR Ultrasound[tiab] OR Ultrasonic Tomography[tiab] OR Ultrasonic Diagnos*[tiab] OR point-of-care ultrasound[tiab] OR POCUS[tiab])

AND

(Absorptiometry, Photon[mh] OR Photon Absorptiometry[tiab] OR Dual-Energy Radiographic Absorptiometry[tiab] OR Dual-Energy X-Ray Absorptiometry[tiab] OR Dual X-Ray Absorptiometry[tiab] OR DPX Absorptiometry[tiab] OR Dual-Photon Absorptiometry[tiab] OR Single-Photon Absorptiometry[tiab] OR DEXA[tiab] OR DXA[tiab] OR X-Ray Densitometry[tiab] OR X-Ray Photodensitometry[tiab] OR X-Ray Absorptiometry[tiab])

Resultados = 188 registros

EMBASE

('aged'/exp OR 'aged':ti,ab,kw OR 'elderly':ti,ab,kw OR 'very elderly'/exp OR 'oldest old':ti,ab,kw OR 'older adults':ti,ab,kw OR 'geriatrics'/exp OR 'geriatric*':ti,ab,kw OR 'gerontology':ti,ab,kw)

AND

('skeletal muscle'/exp OR 'skeletal muscle*':ti,ab,kw OR 'muscle*':ti,ab,kw OR 'muscle mass':ti,ab,kw OR 'skeletal muscle':ti,ab,kw OR 'lean mass':ti,ab,kw OR 'muscle quantity':ti,ab,kw OR 'muscle size':ti,ab,kw)

AND

('echography'/exp OR 'ultrasonography':ti,ab,kw OR 'diagnostic ultrasound*':ti,ab,kw OR 'echography':ti,ab,kw OR 'echotomography':ti,ab,kw OR 'medical sonography':ti,ab,kw OR

'ultrasonic imaging':ti,ab,kw OR 'ultrasonographic imaging*':ti,ab,kw OR 'ultrasound':ti,ab,kw OR 'ultrasonic tomography':ti,ab,kw OR 'ultrasonic diagnos*':ti,ab,kw OR 'point-of-care ultrasound':ti,ab,kw OR 'pocus':ti,ab,kw)

AND

('photon absorptiometry'/exp OR 'photon absorptiometry':ti,ab,kw OR 'dual-energy radiographic absorptiometry':ti,ab,kw OR 'dual-energy x-ray absorptiometry':ti,ab,kw OR 'dual x-ray absorptiometry':ti,ab,kw OR 'dpx absorptiometry':ti,ab,kw OR 'dual-photon absorptiometry':ti,ab,kw OR 'single-photon absorptiometry':ti,ab,kw OR 'dual-energy x-ray absorptiometry scan':ti,ab,kw OR 'dexa':ti,ab,kw OR 'dxa':ti,ab,kw OR 'x-ray densitometry':ti,ab,kw OR 'x-ray photodensitometry':ti,ab,kw OR 'x-ray absorptiometry':ti,ab,kw)

Resultados = 364 registros

WEB OF SCIENCE

(TI=(Aged OR Elderly OR "Oldest Old" OR "older adults" OR geriatric) OR AB=(Aged OR Elderly OR "Oldest Old" OR "older adults" OR geriatric) OR AK=(Aged OR Elderly OR "Oldest Old" OR "older adults" OR geriatric OR Geriatrics OR Gerontology))

AND

(TI=("Skeletal Muscle" OR "Skeletal Muscles" OR Muscle OR Muscles OR "muscle mass" OR "skeletal muscle" OR "lean mass" OR "muscle quantity" OR "muscle size") OR AB=("Skeletal Muscle" OR "Skeletal Muscles" OR Muscle OR Muscles OR "muscle mass" OR "skeletal muscle" OR "lean mass" OR "muscle quantity" OR "muscle size") OR AK=("Skeletal Muscle" OR "Skeletal Muscles" OR Muscle OR Muscles OR "muscle mass" OR "skeletal muscle" OR "lean mass" OR "muscle quantity" OR "muscle size"))

AND

(TI=(Ultrasonography OR "Diagnostic Ultrasound" OR "Diagnostic Ultrasounds" OR Echography OR Echotomography OR "Medical Sonography" OR "Ultrasonic Imaging" OR "Ultrasonographic Imaging" OR Ultrasound OR "Ultrasonic Tomography" OR "Ultrasonic Diagnoses" OR "Ultrasonic Diagnosis" OR "point-of-care ultrasound" OR POCUS) OR AB=(Ultrasonography OR "Diagnostic Ultrasound" OR "Diagnostic Ultrasounds" OR Echography OR Echotomography OR "Medical Sonography" OR "Ultrasonic Imaging" OR "Ultrasonographic Imaging" OR Ultrasound OR "Ultrasonic Tomography" OR "Ultrasonic Diagnoses" OR "Ultrasonic Diagnosis" OR "point-of-care ultrasound" OR POCUS) OR AK=(Ultrasonography OR "Diagnostic Ultrasound" OR "Diagnostic Ultrasounds" OR Echography OR Echotomography OR "Medical Sonography" OR "Ultrasonic Imaging" OR "Ultrasonographic Imaging" OR Ultrasound OR "Ultrasonic Tomography" OR "Ultrasonic Diagnoses" OR "Ultrasonic Diagnosis" OR "point-of-care ultrasound" OR POCUS))

AND

(TI=("Photon Absorptiometry" OR "Dual-Energy Radiographic Absorptiometry" OR "Dual-Energy X-Ray Absorptiometry" OR "Dual X-Ray Absorptiometry" OR "DPX Absorptiometry" OR "Dual-Photon Absorptiometry" OR "Single-Photon Absorptiometry" OR "Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Scan" OR DEXA OR DXA OR "X-Ray Densitometry" OR "X-Ray Photodensitometry" OR "X-Ray Absorptiometry") OR AB=("Photon Absorptiometry" OR "Dual-Energy Radiographic Absorptiometry" OR "Dual-Energy X-Ray Absorptiometry" OR "Dual X-Ray Absorptiometry" OR "DPX Absorptiometry" OR "Dual-Photon Absorptiometry" OR "Single-Photon Absorptiometry" OR "Dual-Energy X-Ray Absorptiometry Scan" OR DEXA OR DXA OR "X-Ray Densitometry" OR "X-Ray Photodensitometry" OR "X-Ray Absorptiometry") OR AK=("Photon Absorptiometry" OR "Dual-Energy Radiographic Absorptiometry" OR "Dual-Energy X-Ray Absorptiometry" OR "Dual X-Ray Absorptiometry" OR "DPX Absorptiometry" OR "Dual-Photon Absorptiometry" OR "Single-Photon Absorptiometry" OR DEXA OR DXA OR "X-Ray Densitometry" OR "X-Ray Photodensitometry" OR "X-Ray Absorptiometry"))
Resultados = 239 registros

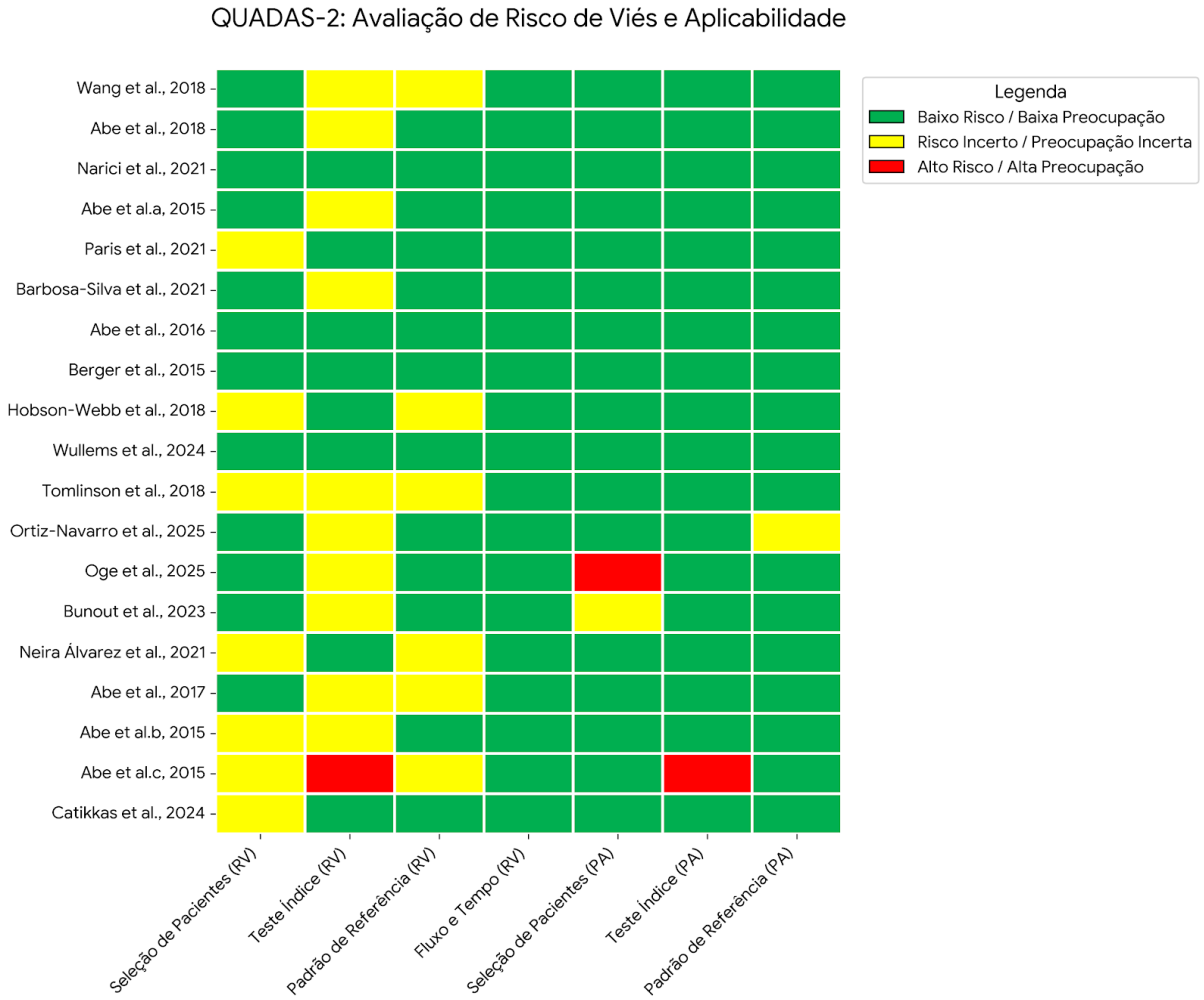
BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE (BVS/LILACS)
(mh:(M01.060.116.100* OR H02.403.355*) OR tw:(Aged OR Elderly OR Idoso OR Idosos OR "Pessoa Idosa" OR "Pessoa de Idade" OR "Pessoas Idosas" OR "Pessoas de Idade" OR "População Idosa" OR Anciano OR "Adulto Mayor" OR Ancianos OR "Persona Mayor" OR "Persona de Edad" OR "Personas Mayores" OR "Personas de Edad" OR "Idoso de 80 Anos" OR "Idosos de 80 Anos" OR Velhíssimos OR "Anciano de 80 o más Años" OR "Anciano de 80 Años o más" OR "Ancianos de 80 Años o más" OR "Ancianos de 80 Años y más" OR "Ancianos de 80 o más Años" OR Viejísimos OR "Oldest Old" OR "older adults" OR geriatric OR Geriatrics OR Gerontology OR Geriatria OR Gerontologia))
AND
(mh:(A02.633.567 OR A10.690.552.500) OR tw:("Skeletal Muscle" OR "Skeletal Muscles" OR Muscle OR Muscles OR "muscle mass" OR "skeletal muscle" OR "lean mass" OR "muscle quantity" OR "muscle size" OR "Músculo Esquelético" OR "Músculo Gastrocnemio" OR "Músculo Plantar" OR "Músculo Sóleo" OR "Músculo Tibial Anterior" OR "Músculo Voluntario" OR "Musculo Plantario"))
AND
(mh:(E01.370.350.850) OR tw:(Ultrasonography OR "Diagnostic Ultrasound" OR "Diagnostic Ultrasounds" OR Echography OR Echotomography OR "Medical Sonography" OR "Ultrasonic Imaging" OR "Ultrasonographic Imaging" OR "Ultrasonographic Imagings" OR Ultrasound OR "Ultrasonic Tomography" OR "Ultrasonic Diagnoses" OR "Ultrasonic Diagnosis" OR "point-of-care ultrasound" OR POCUS OR Ultrassonografia OR "Aquisição Ultrassonográfica de Imagem" OR "Aquisição Ultrassonográfica de Imagens" OR "Aquisição de Imagem Ultrassônica" OR "Diagnóstico por Ultrassom" OR Ecografia OR "Ecografia Médica" OR Ecotomografia OR "Ecotomografia por Computador" OR "Imageamento Ultrassonográfico" OR "Imageamento de Ultrassom" OR "Obtenção de Imagem por Ultrassom" OR "Sonografia Médica" OR "Tomografia Ultrassonica" OR Ultrasonografia OR "Diagnóstico por Ultrasonido" OR Ecotomografía OR "Ecotomografía por Computador" OR

"Imagen Ultrasonográfica" OR "Imagen Ultrasónica" OR "Imagen de Ultrasonido" OR "Imagen por Ultrasonido" OR "Obtención de Imágenes por Ultrasonido" OR "Tomografia Ultrasonica"))
AND
(mh:(E01.370.350.700.024 OR E05.196.712.224.187) OR tw:("Photon Absorptiometry" OR "Dual-Energy Radiographic Absorptiometry" OR "Dual-Energy X-Ray Absorptiometry" OR "Dual X-Ray Absorptiometry" OR "DPX Absorptiometry" OR "Dual-Photon Absorptiometry" OR "Single-Photon Absorptiometry" OR DEXA OR DXA OR "X-Ray Densitometry" OR "X-Ray Photodensitometry" OR "X-Ray Absorptiometry" OR "Absorciometria de Fóton" OR "Absorciometria de Feixe Único de Energia" OR "Absorciometria de Fóton Duplo" OR "Absorciometria de Fóton Único" OR "Absorciometria de Fótons" OR "Absorciometria de Raios X" OR "Absorciometria por Raios X" OR "Fotodensitometria de Raios X" OR "Fotodensitometria por Raios X" OR "Fóton-Absorciometria" OR "Absorciometría de Fotones" OR "Absorciometría de Fotón Dual" OR "Absorciometría de Fotón Simple" OR "Absorciometría de Rayos X" OR "Absorciometría por Rayos X" OR "Fotodensitometría de Rayos X"))
BVS =1037 registros
LILACS = 5 registros

SCIELO
(Aged OR Elderly OR Idoso OR Idosos OR "Pessoa Idosa" OR "Pessoa de Idade" OR "Pessoas Idosas" OR "Pessoas de Idade" OR "População Idosa" OR Anciano OR "Adulto Mayor" OR Ancianos OR "Persona Mayor" OR "Persona de Edad" OR "Personas Mayores" OR "Personas de Edad" OR "Idoso de 80 Anos" OR "Idosos de 80 Anos" OR Velhíssimos OR "Anciano de 80 o más Años" OR "Anciano de 80 Años o más" OR "Ancianos de 80 Años o más" OR "Ancianos de 80 Años y más" OR "Ancianos de 80 o más Años" OR Viejísimos OR "Oldest Old" OR "older adults" OR geriatric OR Geriatrics OR Gerontology OR Geriatria OR Gerontologia)
AND
("Skeletal Muscle" OR "Skeletal Muscles" OR Muscle OR Muscles OR "muscle mass" OR "skeletal muscle" OR "lean mass" OR "muscle quantity" OR "muscle size" OR "Músculo Esquelético" OR "Músculo Gastrocnemio" OR "Músculo Plantar" OR "Músculo Sóleo" OR "Músculo Tibial Anterior" OR "Músculo Voluntario" OR "Musculo Plantario")
AND
(Ultrasonography OR "Diagnostic Ultrasound" OR "Diagnostic Ultrasounds" OR Echography OR Echotomography OR "Medical Sonography" OR "Ultrasonic Imaging" OR "Ultrasonographic Imaging" OR "Ultrasonographic Imagings" OR Ultrasound OR "Ultrasonic Tomography" OR "Ultrasonic Diagnoses" OR "Ultrasonic Diagnosis" OR "point-of-care ultrasound" OR POCUS OR Ultrassonografia OR "Aquisição Ultrassonográfica de Imagem" OR "Aquisição Ultrassonográfica de Imagens" OR "Aquisição de Imagem Ultrassônica" OR "Diagnóstico por Ultrassom" OR Ecografia OR "Ecografia Médica" OR Ecotomografia OR "Ecotomografia por Computador" OR "Imageamento Ultrassonográfico" OR "Imageamento de Ultrassom" OR "Obtenção de Imagem por Ultrassom" OR "Sonografia Médica" OR

"Tomografia Ultrassonica" OR Ultrasonografia OR "Diagnóstico por Ultrasonido" OR Ecotomografía OR "Ecotomografía por Computador" OR "Imagen Ultrasonográfica" OR "Imagen Ultrasónica" OR "Imagen de Ultrasonido" OR "Imagen por Ultrasonido" OR "Obtención de Imágenes por Ultrasonido" OR "Tomografia Ultrasonica")
AND
("Photon Absorptiometry" OR "Dual-Energy Radiographic Absorptiometry" OR "Dual-Energy X-Ray Absorptiometry" OR "Dual X-Ray Absorptiometry" OR "DPX Absorptiometry" OR "Dual-Photon Absorptiometry" OR "Single-Photon Absorptiometry" OR DEXA OR DXA OR "X-Ray Densitometry" OR "X-Ray Photodensitometry" OR "X-Ray Absorptiometry" OR "Absorciometria de Fóton" OR "Absorciometria de Feixe Único de Energia" OR "Absorciometria de Fóton Duplo" OR "Absorciometria de Fóton Único" OR "Absorciometria de Fótons" OR "Absorciometria de Raios X" OR "Absorciometria por Raios X" OR "Fotodensitometria de Raios X" OR "Fotodensitometria por Raios X" OR "Fóton-Absorciometria" OR "Absorciometría de Fotones" OR "Absorciometría de Fotón Dual" OR "Absorciometría de Fotón Simple" OR "Absorciometría de Rayos X" OR "Absorciometría por Rayos X" OR "Fotodensitometría de Rayos X")
Resultados = 0

APÊNDICE C - AVALIAÇÃO DO RISCO DE VIÉS (QUADAS-2)



Abreviações: RV, Risco de viés (Risk of Bias); PA, Preocupações de aplicabilidade (Applicability Concerns)

APÊNDICE D - AVALIAÇÃO METODOLÓGICA DA ULTRASSONOGRAFIA (PRETORIUS E KEATING)

Critério	Wang (2018)	Abe (2018)	Narici (2021)	Abe (2015a)	Paris (2021)	Barbosa-Silva (2021)	Abe (2016)	Berger (2015)	Hobson-Webb (2018)	Wullems (2024)	Tomlinson (2018)	Ortiz-Navarro (2025)	Oge (2025)	Bunout (2023)	Neira Álvarez (2021)	Abe (2015b)	Abe (2015c)	Abe (2017)	Catikkas (2024)
1. Avaliador cego	Y	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	Y	NS	NS	NS	Y	NS	Y	NS	NS	NS	NS
2. ≥80% da amostra avaliada	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3. Coorte de início	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N	N	N
4. Métodos definidos	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
5. Detalhes adequados	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6. Intervalo de tempo	NS	Y	NS	Y	NS	Y	NS	Y	Y	NS	NS	Y	Y	Y	NS	Y	Y	Y	NS
7. Estado muscular	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
8. Ponto de avaliação	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
9. Pressão transdutor	NS	Y	NS	Y	Y	Y	Y	Y	NS	Y	NS	NS	NS	Y	Y	Y	Y	Y	Y
10. Posicionamento 90°	Y	Y	Y	NS	Y	Y	Y	Y	NS	Y	NS	NS	NS	Y	Y	NS	NS	NS	Y
PONTUAÇÃO TOTAL	7	8	6	7	6	9	7	8	7	6	4	6	8	8	8	7	7	7	7