UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTAÇÃO, NUTRIÇÃO E SAÚDE

STEFANNIE BREHM MENDES

ESTRUTURA BIDIMENSIONAL DA COMPOSIÇÃO CORPORAL: ULTRASSONOGRAFIA MUSCULAR VERSUS ANTROPOMETRIA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA

Porto Alegre
2026

STEFANNIE BREHM MENDES

ESTRUTURA BIDIMENSIONAL DA COMPOSIÇÃO CORPORAL: ULTRASSONOGRAFIA MUSCULAR VERSUS ANTROPOMETRIA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação: Alimentação, Nutrição e Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Alimentação, Nutrição e Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Corrêa Souza
Coorientadora: Dra. Oellen Stuani Franzosi

Porto Alegre
2026

STEFANNIE BREHM MENDES

ESTRUTURA BIDIMENSIONAL DA COMPOSIÇÃO CORPORAL: ULTRASSONOGRAFIA MUSCULAR VERSUS ANTROPOMETRIA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação: Alimentação, Nutrição e Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Alimentação, Nutrição e Saúde.

Aprovado em: 30/04/2026.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Juliana Peçanha Antonio
Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Profa. Dra. Paula Maria Eidt Rovedder
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Valesca Dall'Alba
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CIP - Catalogação na Publicação

Mendes, Stefannie Brehm
ESTRUTURA BIDIMENSIONAL DA COMPOSIÇÃO CORPORAL: ULTRASSONOGRAFIA MUSCULAR VERSUS ANTROPOMETRIA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA / Stefannie Brehm Mendes. -- 2026.
56 f.
Orientador: Profa. Dra. Gabriela Corrêa Souza.

Coorientador: Dra. Oellen Stuani Franzosi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2026.

1. Ultrassonografia muscular. 2. Massa muscular. 3. Cirurgia cardíaca. 4. Doenças cardiovasculares. 5. Unidade de terapia intensiva . I. Souza, Profa. Dra. Gabriela Corrêa, orient. II. Franzosi, Dra. Oellen Stuani, coorient. III. Título.

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

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não teria sido possível sem o apoio de diversas pessoas.

Aos meus pais, Marlise e Claudiomiro, meu mais sincero agradecimento pelo amor incondicional, pelo apoio constante e por sempre acreditarem e incentivarem minha trajetória.

À minha orientadora, Profa. Dra. Gabriela Souza, agradeço pela oportunidade e pelo apoio durante todo o processo, bem como pela generosa partilha de conhecimento.

À minha coorientadora, Dra. Oellen, meu especial agradecimento pelo apoio contínuo, pelos ensinamentos, pela dedicação e pelas palavras de acolhimento, jamais esquecerei.

Aos colaboradores, Dr. Diego e Laura, agradeço pelo valioso auxílio nas coletas de dados, pela dedicação, disponibilidade e pelo comprometimento demonstrados ao longo do estudo, contribuições essenciais para a realização deste trabalho.

À Rafaella, meu sincero agradecimento pelas análises estatísticas e pelo apoio incansável na resolução de dúvidas, sempre com disponibilidade e atenção, contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

À minha colega e amiga de mestrado, Marla, agradeço pelo apoio, pela parceria e por compartilhar angústias e conquistas ao longo dessa trajetória.

Ao Programa de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela compreensão e apoio institucional, especialmente dos professores, com alunos que conciliam a pós-graduação com o trabalho.

Por fim, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força, serenidade e sabedoria ao longo de toda essa caminhada, guiando-me nos momentos de desafio e permitindo que este trabalho se tornasse possível.

RESUMO

Introdução: As doenças cardiovasculares representam a principal causa de morbimortalidade global, sendo a cirurgia cardíaca uma intervenção essencial em estágios avançados. A depleção da massa muscular esquelética no período perioperatório associa-se, de forma independente, a piores desfechos clínicos. Embora métodos como a densitometria por dupla energia de raios X, a tomografia computadorizada e a ressonância magnética apresentem elevada acurácia diagnóstica, seu alto custo e baixa portabilidade limitam sua aplicação rotineira à beira do leito. A circunferência da panturrilha (CP) surge como alternativa prática, porém limitada pela baixa capacidade discriminativa entre os tecidos muscular e adiposo. O mesmo ocorre com parâmetros como o índice de massa corporal (IMC), que reflete o porte corporal global e apresenta acurácia reduzida na caracterização da composição corporal. Nesse contexto, a ultrassonografia muscular destaca-se como uma alternativa promissora, com elevada aplicabilidade na avaliação estrutural do tecido muscular. **Objetivo:** Investigar a relação entre parâmetros ultrassonográficos musculares e medidas antropométricas na avaliação da massa muscular em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. **Metodologia:** Estudo transversal conduzido com indivíduos adultos no pós-operatório de cirurgia cardíaca no Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Foram mensurados parâmetros antropométricos (IMC e CP) e ultrassonográficos, incluindo área de secção transversal do reto femoral (ASRF), espessura do reto femoral (ERF) e espessura do quadríceps (EQ). As variáveis ultrassonográficas foram ajustadas por resíduos de regressão linear em relação ao IMC, a fim de isolar o componente muscular e reduzir a influência do tamanho corporal. A análise estatística incluiu testes de Mann–Whitney, correlação de Spearman, modelos de regressão linear e análise de componentes principais (PCA). **Resultados:** Entre junho de 2023 e setembro de 2025, foram incluídos 85 pacientes, com idade média de 63 ± 10 anos, predominantemente do sexo masculino (61,2%) e IMC mediano de 27,7 (24,3–32,6) kg/m². A redução da massa muscular, identificada por meio da CP ajustada pelo IMC (CP/IMC), foi observada em 72% dos participantes. A CP/IMC apresentou correlação positiva com todos os parâmetros ultrassonográficos, com maior magnitude para EQ ($\rho = 0,378$; $p < 0,001$) e ERF ($\rho = 0,305$; $p = 0,006$). Pacientes com massa muscular reduzida apresentaram valores significativamente menores de EQ em comparação ao grupo com massa adequada ($p = 0,010$; $p < 0,001$ após ajuste pelo IMC). A PCA revelou uma estrutura bidimensional (variância acumulada de 75,6%), na qual o primeiro componente (PC1) foi predominantemente definido pelas medidas estruturais da US (EQ = 0,91; ERF = 0,87; ASRF = 0,81), enquanto o segundo (PC2) dissociou o porte corporal (IMC) da medida de triagem periférica (CP). Modelos de regressão confirmaram associação independente entre CP e EQ ($\beta = 0,06$; $p = 0,002$), mesmo após ajuste por idade, sexo e IMC. Não houve associação entre os parâmetros musculares e o tempo de internação hospitalar (mediana: 9 dias) ou em unidade de terapia intensiva (mediana: 4 dias). **Conclusão:** Os parâmetros ultrassonográficos definem um domínio muscular estrutural que é apenas parcialmente capturado pela CP/IMC, enquanto o IMC reflete predominantemente o tamanho corporal geral. Esses achados demonstram que a antropometria e a ultrassonografia avaliam dimensões sobrepostas, porém distintas, da massa muscular e devem ser usadas como ferramentas complementares, em vez de intercambiáveis.

Palavras-chave: Ultrassonografia muscular; Massa muscular; Cirurgia cardíaca; Doenças cardiovasculares; Unidade de Terapia Intensiva.

ABSTRACT

Introduction: Cardiovascular diseases remain the leading cause of morbidity and mortality worldwide, and cardiac surgery is an essential intervention for advanced stages of these conditions. Perioperative skeletal muscle depletion is independently associated with worse clinical outcomes. Although dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) provide high diagnostic accuracy, their high cost and limited portability restrict their routine bedside use. Calf circumference (CC) has emerged as a practical alternative; however, its ability to discriminate between muscle and adipose tissue is limited. The same applies to body mass index (BMI), which reflects overall body size and has limited accuracy in characterizing body composition. In this context, muscle ultrasound has emerged as a promising tool with high applicability for the structural assessment of skeletal muscle. **Objective:** To investigate the relationship between muscle ultrasound parameters and anthropometric measurements for the assessment of muscle mass in patients undergoing cardiac surgery. **Methods:** This cross-sectional study included adult patients in the postoperative period following cardiac surgery at Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Anthropometric measurements (BMI and CC) and muscle ultrasound parameters, including rectus femoris cross-sectional area (RFCSA), rectus femoris thickness (RFT), and quadriceps thickness (QT), were obtained. Ultrasound variables were adjusted using linear regression residuals for BMI to isolate the muscular component and reduce the influence of body size. Statistical analyses included the Mann–Whitney test, Spearman correlation, linear regression models, and principal component analysis (PCA). **Results:** Between June 2023 and September 2025, 85 patients were enrolled, with a mean age of 63 ± 10 years. Most participants were male (61.2%), and the median BMI was 27.7 (24.3–32.6) kg/m². Reduced muscle mass, identified using BMI-adjusted calf circumference (CC/BMI), was observed in 72% of participants. CC/BMI showed positive correlations with all ultrasound parameters, with the strongest correlations observed for QT ($\rho = 0.378$; $p < 0.001$) and RFT ($\rho = 0.305$; $p = 0.006$). Patients with reduced muscle mass had significantly lower QT values than those with preserved muscle mass ($p = 0.010$; $p < 0.001$ after BMI adjustment). PCA identified a two-dimensional structure (cumulative explained variance: 75.6%), in which the first principal component (PC1) was predominantly defined by structural ultrasound measures (QT = 0.91, RFT = 0.87, RFCSA = 0.81), whereas the second component (PC2) separated overall body size (BMI) from the peripheral screening measure (CC). Linear regression models confirmed an independent association between CC and QT ($\beta = 0.06$; $p = 0.002$), even after adjustment for age, sex, and BMI. No associations were found between muscle parameters and either hospital length of stay (median: 9 days) or intensive care unit length of stay (median: 4 days). **Conclusion:** Muscle ultrasound parameters define a structural muscle domain that is only partially captured by BMI-adjusted calf circumference, whereas BMI primarily reflects overall body size. These findings demonstrate that anthropometry and muscle ultrasound assess overlapping but distinct dimensions of skeletal muscle and should therefore be considered complementary rather than interchangeable tools.

Keywords: Muscle ultrasound; Muscle mass; Cardiac surgery; Cardiovascular diseases; Intensive Care Unit.

FORMATO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação segue o formato proposto pelo Programa de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul:

1. Revisão da literatura.
2. Artigo original.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASRF	Área de secção transversal do reto femoral
BIA	Bioimpedância elétrica
CP	Circunferência da panturrilha
CRM	Cirurgia de revascularização do miocárdio
DEXA	Densitometria de dupla energia por raios-X
DCVs	Doenças cardiovasculares
ERAS	*Enhanced Recovery After Surgery*
ERF	Espessura do músculo reto femoral
IMC	Índice de massa corporal
RM	Ressonância magnética
TC	Tomografia computadorizada
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

Quadro 1. Estudos que avaliaram massa muscular em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca de 2015 a 2025….. ……15

Quadro 2. Técnicas para avaliação da massa muscular……...……21

Figura 1 - Avaliação ultrassonográfica dos parâmetros musculares do quadríceps.……22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO……...……10

2 REFERENCIAL TEÓRICO……...12

2.1 CIRURGIA CARDÍACA……..12

2.2 ALTERAÇÕES MUSCULARES EM CIRURGIA CARDÍACA…….12

2.3 DEPLEÇÃO DA MASSA MUSCULAR……..17

2.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR…….…….17

2.4.1 Ultrassonografia muscular na avaliação da estrutura muscular……...…….18

2.5 MULTIDIMENSIONALIDADE DO FENÓTIPO MUSCULAR…….22

3 REFERÊNCIAS……...24

4 JUSTIFICATIVA…….30

5 OBJETIVOS…….31

5.1 OBJETIVO GERAL……...31

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS……...……...31

6 ARTIGO……32

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS..……54

1. INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares (DCVs) configuram-se como a principal causa de morbimortalidade em âmbito global e nacional, sendo responsáveis por aproximadamente um terço dos óbitos em todo o mundo e por expressiva carga de hospitalizações. Estima-se que, em 2023, as DCVs tenham sido responsáveis por cerca de 19 milhões de mortes, com mais de 600 milhões de casos prevalentes globalmente, evidenciando seu impacto substancial sobre os sistemas de saúde (GLOBAL BURDEN OF CARDIOVASCULAR DISEASES AND RISKS 2023 COLLABORATORS, 2025; FREIHAT et al., 2025; MATOS et al., 2026).

Nesse contexto, as cirurgias cardíacas — sobretudo a revascularização do miocárdio e as trocas valvares — configuram-se como estratégias terapêuticas essenciais para o manejo das DCVs em estágios avançados, sendo amplamente realizadas no sistema público de saúde brasileiro e desempenhando papel central na redução da morbimortalidade associada a essas condições (KHALIL et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2024; RIBEIRO et al., 2012).

Contudo, os candidatos a esses procedimentos frequentemente apresentam redução da reserva funcional, múltiplas comorbidades e comprometimento da massa muscular. Essas condições elevam substancialmente o risco de complicações perioperatórias e estão associadas a piores desfechos clínicos, incluindo ventilação mecânica prolongada, aumento do tempo de permanência em unidade de terapia intensiva (UTI) e maiores taxas de mortalidade precoce e tardia (ANSARIPOUR et al., 2023; WANG et al., 2025; YAMASHITA et al., 2017; YUENYONGCHAIWAT et al., 2020).

Ademais, o próprio estresse cirúrgico, mediado pela inflamação sistêmica, pela imobilização e pela resposta catabólica exacerbada, pode acelerar a perda de massa e função muscular no período perioperatório, favorecendo o declínio funcional e comprometendo a recuperação adequada (STAVROU et al., 2021). Esses achados reforçam que a perda de massa muscular constitui um determinante relevante da recuperação funcional.

Diante disso, a avaliação da massa muscular assume papel central na estratificação de risco, sendo reconhecida por consensos internacionais como componente essencial da avaliação nutricional e funcional de pacientes cirúrgicos (COMPHER et al., 2022; CRUZ-JENTOFT et al., 2019; ENGELMAN et al., 2019). Embora os métodos de imagem sejam considerados padrão de referência, sua aplicação rotineira à beira do leito é

frequentemente limitada por custos elevados, baixa portabilidade e maior complexidade logística (ANZOLIN et al., 2017; BEAUDART et al., 2016; CRUZ-JENTOFT et al., 2019).

Nesse cenário, a ultrassonografia (US) muscular emerge como uma alternativa promissora, por possibilitar uma avaliação direta, não invasiva e à beira do leito da arquitetura muscular. No entanto, a triagem inicial ainda se baseia predominantemente em medidas antropométricas simples, como o índice de massa corporal (IMC) e a circunferência da panturrilha (CP). Embora acessíveis, tais medidas apresentam baixa capacidade de discriminação entre os tecidos muscular e adiposo, além de serem fortemente influenciadas pelo porte corporal global e por variações volêmicas. Dessa forma, persiste uma lacuna quanto à extensão em que essas ferramentas antropométricas refletem, de fato, a estrutura muscular subjacente.

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo investigar a relação entre parâmetros ultrassonográficos musculares e medidas antropométricas na avaliação da massa muscular em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, explorando a convergência entre métodos de triagem e medidas estruturais na caracterização da massa muscular e do fenótipo muscular.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CIRURGIA CARDÍACA

As doenças cardiovasculares (DCVs) permanecem como a principal causa de mortalidade no mundo, sendo responsáveis por aproximadamente um terço de todos os óbitos (ROTH et al., 2020). Em 2023, estima-se que essas enfermidades tenham ocasionado cerca de 19 milhões de mortes e mais de 600 milhões de casos prevalentes, evidenciando seu expressivo impacto sobre os sistemas de saúde globais (GLOBAL BURDEN OF CARDIOVASCULAR DISEASES AND RISKS 2023 COLLABORATORS, 2025; FREIHAT et al., 2025). No Brasil, as DCVs também mantêm elevada relevância epidemiológica, refletindo de forma consistente o perfil de morbimortalidade da população, com aumento progressivo das taxas de mortalidade e elevada carga de hospitalizações (MATOS et al., 2026).

Nesse contexto, a cirurgia cardíaca destaca-se como uma das principais estratégias terapêuticas no manejo das cardiopatias avançadas, especialmente por meio da cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) e das cirurgias valvares, procedimentos associados à redução de desfechos adversos e à melhora da qualidade de vida dos pacientes (NEUMANN et al., 2019; OTTO et al., 2021). Em âmbito global, estima-se que mais de 3 milhões de procedimentos de CRM sejam realizados anualmente, evidenciando a magnitude assistencial dessas intervenções (GAUDINO; ANDREOTTI; KIMURA, 2023). No cenário nacional, a CRM também apresenta elevada frequência no sistema público de saúde, reforçando sua relevância na organização da assistência cardiovascular no Brasil (KHALIL et al., 2021). Da mesma forma, as cirurgias valvares representam parcela expressiva da atividade cirúrgica cardiovascular no mundo, com volume médio estimado em cerca de 30,8 procedimentos valvares por 100.000 habitantes/ano, enquanto, no Brasil, registros nacionais demonstram elevada carga assistencial dessas intervenções, com predominância das trocas valvares aórtica e mitral entre os procedimentos valvares realizados (VERVOORT et al., 2024; ZILLI et al., 2020).

2.2 ALTERAÇÕES MUSCULARES EM CIRURGIA CARDÍACA

Alterações musculares são frequentemente observadas em pacientes candidatos à cirurgia cardíaca, que geralmente apresentam redução da reserva funcional, elevada carga de comorbidades e comprometimento muscular já presente no período pré-operatório. Estudos recentes demonstram alta prevalência de redução da massa e da qualidade muscular nessa população, com agravamento acentuado após o procedimento cirúrgico (YUENYONGCHAIWAT; KULCHANARAT; SATDHABUDHA, 2020; JOSHI et al., 2021; WANG et al., 2025).

Essas alterações estão consistentemente associadas a piores desfechos clínicos, incluindo maior mortalidade, tempo prolongado de ventilação mecânica, maior permanência em UTI e aumento da duração da internação hospitalar. Além disso, parâmetros musculares avaliados no período pré-operatório têm se mostrado correlacionados ao declínio do desempenho funcional e ao maior risco de complicações pós-operatórias, especialmente em pacientes idosos (KIRIYA et al., 2020; ANSARIPOUR et al., 2023; YANG et al., 2024).

Os mecanismos fisiopatológicos que contribuem para esse quadro resultam da interação de múltiplos fatores, incluindo a resposta inflamatória sistêmica, o estresse metabólico, a disfunção mitocondrial, a imobilização prolongada e o estado catabólico induzido pelo trauma cirúrgico e pela circulação extracorpórea (STAVROU et al., 2021). Evidências indicam que a disfunção mitocondrial desempenha papel central na perda muscular sustentada no período pós-operatório, estando associada a alterações metabólicas e à redução progressiva da massa muscular. Estudos demonstram declínio significativo da área muscular já na primeira semana após o procedimento, podendo ultrapassar 6% e atingir cerca de 10% ao longo do seguimento (THOMAS et al., 2025). Adicionalmente, a infiltração adiposa intramuscular e a redução da qualidade tecidual emergem como importantes marcadores prognósticos nesse contexto, por refletirem não apenas o déficit quantitativo, mas também o comprometimento qualitativo do músculo esquelético.

Do ponto de vista assistencial, estratégias voltadas à identificação precoce e ao manejo dessas alterações têm sido progressivamente incorporadas aos protocolos de cuidado perioperatório, como os propostos pelo *Enhanced Recovery After Surgery* (ERAS), que incluem a avaliação e a otimização do estado nutricional e funcional, com ênfase na preservação da massa muscular como componente essencial da reserva fisiológica (ENGELMAN et al., 2019).

Dessa forma, a massa muscular configura-se como um importante marcador de reserva fisiológica e vulnerabilidade clínica, tornando sua avaliação fundamental para a estratificação de risco e o direcionamento de intervenções terapêuticas. O Quadro 1 apresenta uma síntese das principais evidências publicadas entre 2015 e 2025.

Quadro 1 — Estudos que avaliaram massa muscular em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca de 2015 a 2025.

Autor, Ano	População	Metodologia	Resultados
ABE et al., 2025	Japão n = 109	Pré-op: Reto femoral US (ARSF: quantidade muscular | Intensidade de eco: qualidade muscular)	⬆ ASRF e ⬆ distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos na alta hospitalar (β = 50,65 [18,7–82,6] m/cm²) ⬆ ecogenicidade muscular e desempenho funcional reduzido (β = −1,38 [−2,54 - −0,21] m) ⬆ MM e ⬇ ecogenicidade = ⬇ tempo de internação hospitalar (≅ 6 dias)
ANSARIPOUR et al., 2023	Multinacional n = 2717	MM: TC, DEXA e BIA; Força: FPP; Desempenho físico: velocidade da marcha, SPPB	Sarcopenia ⬆ mortalidade precoce (OR = 2,40 [1,44–3,99]) ⬆ mortalidade tardia (OR = 2,65 [1,57–4,48]) Pacientes sarcopênicos PO ⬆ necessidade de diálise renal (OR = 2,87 [1,19–6,94] ⬆ tempo de intubação orotraqueal: 2,14 (1,48–2,8 dias)
BEN-MENACHEM et al., 2024	Austrália n = 184	Pré-op; US: ASRF	ASRF: 5 ± 1,4 cm² ⬇ ASRF ajustada por ASC associada a: ⬆ tempo de internação hospitalar (11 [7–16,3] vs. 8 [6–10] dias) ⬆ % de internação prolongada (19,6% vs. 6,2%)
JOSHI et al., 2021	Canadá n = 141	IMMA: DEXA Força muscular: teste de levantar da cadeira. Sarcopenia: EWGSOP2 (⬇ IMMA associado a ⬇ desempenho funcional)	Prevalência: ⬇ IMMA: 24% ; Sarcopenia: 13% Mortalidade por todas as causas: ⬇ IMMA - HR: 1,84(1,18–2,86) ⬇ força muscular - HR 1,79 (1,26–2,54)
KIRIYA et al., 2020	Japão n = 206	TC abdominal perioperatória (ITP - quantidade muscular | TAIM - qualidade muscular)	⬇ ITP e ⬆ TAIM: ⬆ taxa de complicações pós-operatórias; ⬇ ITP: ⬆ incidência de complicações respiratórias (6,3% vs. 0%) ⬆ TAIM: ⬆ infecção do sítio cirúrgico (7,1% vs. 0,8%) Predição de complicações pós-operatórias maiores ⬇ ITP: OR = 2,37 (1,15–5,8) ⬆ TAIM: OR =3,97 (1,74–9,1)
LEE et al., 2024	Coreia do Sul n = 2810	Pré-op; Sarcopenia - IME (cm²/m²): homens: ≤45; mulheres: ≤38) MM: TC (IME - área muscular no nível de L3 [cm²/m²])	⬇ IME: Risco de óbito: HR = 1,04 por redução de 1 unidade (1,03–1,05) ⬆ Mortalidade longo prazo - Taxa de sobrevida (41,4% vs. 62,8%); HR ajustado = 1,18 (1,03–1,36)
MIRZAI et al., 2023	EUA n = 133	Pré-op; Mensuração manual unilateral; Sarcopenia - menor tercil do IME (obtido pela normalização pela altura) Área dos músculos peitoral maior e menor ao	Sarcopenia e ⬆ mortalidade: 37% vs. 20,5% Medidas de músculo peitoral por RM cardíaca - valor prognóstico adicional aos escores tradicionais de risco cirúrgico

		nível da carina: RM cardíaca	
SHIMIZU et al., 2024	Japão n = 139	Pré-op; MM: TC (IVMP - volume muscular | AMP - qualidade muscular)	Atraso na marcha independente: AMP (AUC: 0,78) IVMP (AUC: 0,69) ⬇ AMP: independentemente associada ao atraso na aquisição da marcha
STAVROU et al., 2021	Reino Unido e Grécia n = 127	Pré-op; 7º dia PO MM: BIA e CB (CMB)	Recuperação tardia (>48 h de UTI): Δ-SMML%: 5,41 ± 1,78 vs. 1,37 ± 1,6 Δ-MAMC: 11,4 ± 1,99 cm vs. 3,43 ± 1,77 cm
THOMAS et al., 2025	Reino Unido n = 31	Pré-op; 7º dia PO; Seguimento ambulatorial MM (ASRF); Força muscular; Composição corporal (BIA); Desempenho físico (SPPB); Qualidade de vida (EQ-5D-5L)	⬇ ASRF (%): 7º dia PO: -6,44 (4,21–8,68); Seguimento: -9,69 (4,92–14,96) MM e qualidade de vida no seguimento - correlação positiva (r = 0,58)
WANG et al., 2025	China n = 268	Pré-op; Área de secção transversal do músculo eretor da espinha: TC torácica (ajustada pela superfície corporal)	Prevalência de Sarcopenia: 51,1% ⬆ Eventos adversos: 32,1% vs. 15,3% Predição de complicações pós-operatórias: OR=2,46 (1,18–5,13) ⬆ Mortalidade**:** log-rank p = 0,011 Sarcopenia pré-operatória: Fator de risco para mortalidade: HR = 2,13 (1,14–3,97)
YAMASHITA et al., 2017	Japão n = 773	Pré-op; Pré-alta hospitalar (função muscular) Área do músculo psoas, IME e AM: TC (nível de L3); Função muscular: FPP, velocidade da marcha e teste de caminhada de 6 min	⬇ AM: ⬇ Função muscular ⬆ Mortalidade por todas as causas Predição independente de mortalidade: HR = 2,23 (1,17–4,23) e Kaplan-Meier (p=0,014)
YUENYONGCHAIWAT et al., 2020	Tailândia n = 160	Pré-op; Pré-alta hospitalar; Sarcopenia (AWGS) MM: BIA; FPP; Velocidade de marcha; Dados clínicos (tempo de internação e ventilação mecânica)	Prevalência de sarcopenia: Pré-op: 26,9%; PO: 46,4% Sarcopênicos: ⬆ Tempo em ventilação mecânica (14,5 ± 4,8 vs. 12,05 ± 4,8 horas) ⬆ Tempo de internação (9,3 ± 3,8 vs. 7,2 ± 2 dias) Ventilação mecânica (> 24h): OR = 2,07 Internação hospitalar (> 5 dias): OR = 1,57

Legenda: Ref: referência; pré-op: pré-operatório; PO: pós-operatório; a: anos; AM: densidade muscular por atenuação; BIA: bioimpedância elétrica; CB: circunferência do braço; CMB: circunferência muscular do braço; AMP: atenuação do músculo psoas; IVMP: índice de volume do músculo psoas; IME: índice de músculo esquelético; ITP: índice total do músculo psoas; TAIM: tecido adiposo intramuscular; IMMA: massa muscular apendicular indexada pela altura²; ASC: área de superfície corporal; ASRF: área de secção transversal do reto femoral; AWGS: Asian Working Group for Sarcopenia; DEXA: absorciometria de dupla energia por raios X; EWGSOP: European Working Group on Sarcopenia in Older People; FPP: força de preensão palmar; RM: ressonância magnética; SPPB: Short Physical Performance Battery; TC: tomografia computadorizada; UTI: unidade de terapia intensiva.

2.3 DEPLEÇÃO DA MASSA MUSCULAR

A depleção da massa muscular resulta do desequilíbrio entre síntese e degradação proteica, associado à desregulação de vias anabólicas e catabólicas no músculo esquelético (CRUZ-JENTOFT; SAYER, 2019). Processos como disfunção mitocondrial, estresse oxidativo, inflamação crônica de baixo grau e alterações hormonais contribuem para a perda progressiva de massa, força e função muscular (HUANG et al., 2025; SOUSA et al., 2026; MISHRA; MOHAPATRA, 2026).

Em pacientes hospitalizados e no período perioperatório, a perda muscular ocorre de forma precoce e acelerada, refletindo a intensidade do estresse metabólico e a limitação funcional associada ao quadro clínico. Evidências indicam que essa atrofia aguda pode ser detectada já nos primeiros dias de internação, com impacto substancial na recuperação funcional e na trajetória clínica (GRAMLICH; GUENTER, 2025; WEERINK et al., 2020).

No contexto da cirurgia cardíaca, a baixa massa muscular prévia configura-se como um importante marcador de vulnerabilidade clínica, refletindo menor reserva fisiológica e reduzida capacidade adaptativa frente ao estresse cirúrgico. Esses achados reforçam o papel da massa muscular como um indicador relevante da resposta metabólica ao insulto cirúrgico.

2.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA MASSA MUSCULAR

A avaliação precisa do compartimento muscular é fundamental na prática clínica. Diversos métodos estão disponíveis, variando quanto à acurácia, custo e aplicabilidade. A síntese das principais técnicas disponíveis para a avaliação da massa muscular, incluindo suas características, vantagens e limitações, está apresentada no Quadro 2.

Embora a ressonância magnética (RM) e a tomografia computadorizada (TC) sejam consideradas métodos de referência para a análise quantitativa e qualitativa do músculo, sua utilização é frequentemente limitada pelo alto custo e pela restrita disponibilidade à beira leito (BARAZZONI et al., 2022; CRUZ-JENTOFT et al., 2019).

Métodos como a densitometria por dupla energia de raios X (DEXA) apresentam boa acurácia e maior viabilidade para a estimativa da massa livre de gordura, embora apresentem

limitações na avaliação muscular regional. Por sua vez, a bioimpedância elétrica (BIA), apesar de acessível, constitui um método indireto de avaliação, sensível a variações no estado de hidratação e sujeito à variabilidade decorrente das diferenças entre dispositivos e das equações preditivas utilizadas (KYLE et al., 2003; GONZALEZ; HEYMSFIELD, 2017).

Medidas antropométricas, como a circunferência da panturrilha (CP), são amplamente utilizadas devido à simplicidade, ao baixo custo e à fácil aplicabilidade. Essa medida apresenta correlação com a massa muscular esquelética e é reconhecida por consensos internacionais como ferramenta de triagem, especialmente na ausência de métodos instrumentais (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; COMPHER et al., 2022).

Apesar de sua ampla utilização, a CP constitui uma medida indireta da massa muscular, sendo influenciada não apenas pelo tecido muscular, mas também pela adiposidade subcutânea e pelo porte corporal global. Essa característica pode comprometer sua especificidade na identificação da depleção muscular, especialmente em indivíduos com fenótipo de obesidade sarcopênica (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; KARAKURT et al., 2025). Nesse contexto, a interpretação isolada da CP pode levar a uma estimativa imprecisa da massa muscular, especialmente em cenários clínicos caracterizados por alterações concomitantes da massa magra e do tecido adiposo.

Em resposta a essas limitações, abordagens que incorporam o ajuste para o tamanho corporal, como o uso de resíduos do IMC, têm sido propostas com o objetivo de otimizar a capacidade discriminatória dessa medida, permitindo melhor distinção entre massa muscular, adiposidade e porte corporal (GONZALEZ et al., 2021). No entanto, esse ajuste não elimina as limitações inerentes à sua natureza indireta; ele apenas as atenua, sem resolver a incapacidade da antropometria de diferenciar com precisão os compartimentos muscular e adiposo.

2.4.1 Ultrassonografia muscular na avaliação da estrutura muscular

Diante das limitações das ferramentas indiretas em distinguir entre massa muscular e adiposidade, métodos que permitem a avaliação morfológica da estrutura muscular tornam-se particularmente relevantes. A ultrassonografia (US) muscular configura-se como uma ferramenta estratégica para a avaliação em ambiente clínico, especialmente por sua aplicabilidade à beira do leito, baixo custo relativo e ausência de radiação ionizante.

O método possibilita a mensuração direta de parâmetros da arquitetura muscular, como a espessura e a área de secção transversal, além da avaliação da qualidade tecidual por meio da ecogenicidade, refletindo alterações como infiltração gordurosa e fibrose (CASEY et al., 2022; TICINESI et al., 2022).

Evidências demonstram elevada concordância da US com métodos de referência, como a TC e a RM, especialmente quando são adotados protocolos padronizados (GARCÍA-ALMEIDA et al., 2023). A meta-análise de Zhao et al. (2022), com 40 estudos, mostrou que a avaliação muscular por esse método apresenta desempenho variável conforme o parâmetro analisado e o método de referência. A espessura muscular isolada apresentou correlação moderada com a massa muscular estimada por DEXA/BIA (r = 0,56), enquanto correlações mais elevadas foram observadas com equações preditivas e métodos de imagem estrutural (r = 0,85–0,96). Além disso, a US apresentou excelente reprodutibilidade inter- e intra-observador (Coeficiente de Correlação Interclasse > 0,9).

Os principais sítios de avaliação concentram-se no quadríceps femoral, com ênfase no músculo reto femoral, devido à sua acessibilidade e à associação consistente com parâmetros de massa muscular e desempenho funcional (DE LUIS ROMÁN et al., 2024; SÁNCHEZ-TORRALVO et al., 2022; VIDAL-CASARIEGO et al., 2025).

Os parâmetros mais difundidos na literatura incluem a espessura do reto femoral (ERF), a área de secção transversal do reto femoral (ASRF) e a espessura do vasto intermédio (LIMA et al., 2024). Valores de corte específicos têm sido propostos para o reto femoral (DE LUIS ROMÁN et al., 2024). A Figura 1 ilustra exemplos desses parâmetros obtidos por meio de unidade de ultrassom portátil (FUEST et al., 2023).

No contexto da cirurgia cardíaca, parâmetros ultrassonográficos musculares têm sido descritos como relevantes marcadores prognósticos. Em particular, valores reduzidos da ASRF no período pré-operatório associam-se a maior tempo de internação, maior frequência de hospitalizações prolongadas e maior probabilidade de alta para destinos distintos do domicílio. Esses achados mantêm associação independente mesmo após ajuste por escores de risco clínico, como o EuroSCORE II (BEN-MENACHEM et al., 2024).

Apesar de suas vantagens, a US apresenta limitações, incluindo a dependência do operador, a necessidade de padronização dos protocolos e a ausência de pontos de corte consolidados para populações específicas. Esses fatores contribuem, em parte, para a

heterogeneidade dos estudos disponíveis (FENGXUE YANG et al., 2025; WILLEMKE et al., 2017).

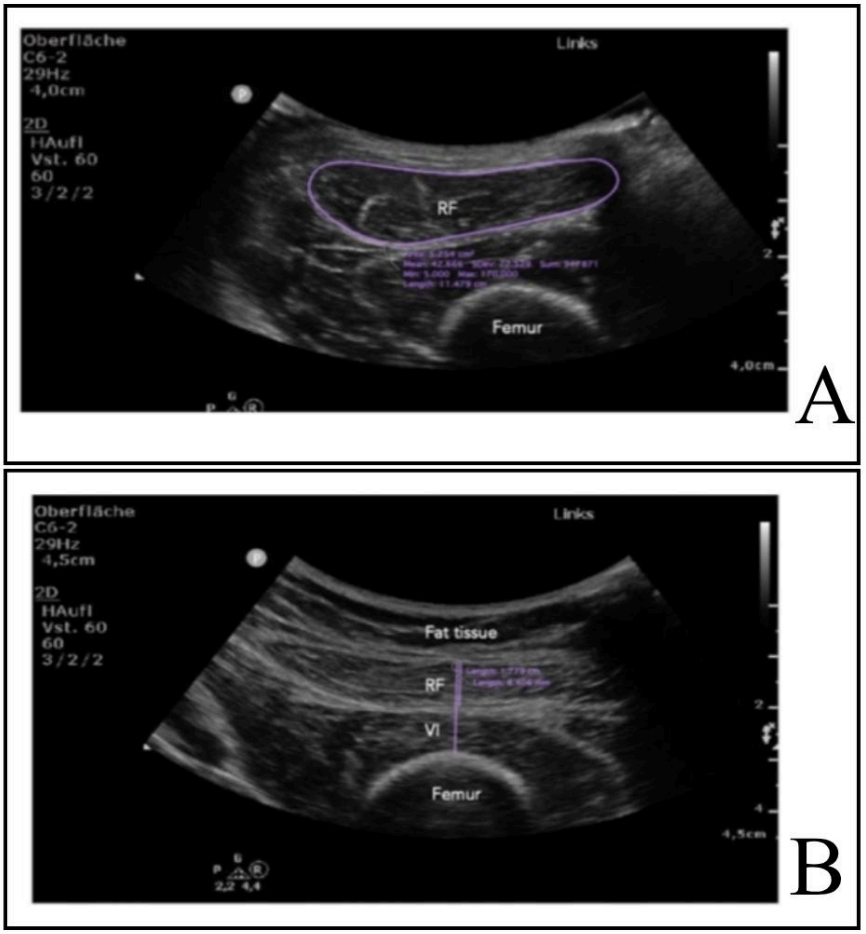
Ainda assim, por se tratar de um método direto, objetivo e clinicamente viável, a US muscular apresenta relevante potencial para a avaliação quantitativa e qualitativa do tecido esquelético (ASHIR et al., 2023). Sua utilização em conjunto com medidas antropométricas ajustadas ao porte corporal permite uma caracterização mais acurada do fenótipo muscular, cuja compreensão requer uma abordagem multidimensional.

Quadro 2 — Técnicas para avaliação da massa muscular.

Técnica	Mensuração	Fundamento	Vantagens	Limitações
RM	Área de secção transversal muscular	Utiliza campos magnéticos e ondas de rádio para gerar imagens detalhadas de tecidos moles.	Sem radiação ionizante, com alta definição de imagem e excelente contraste de tecidos moles.	Alto custo, tempo de exame prolongado, necessidade de equipe especializada e ausência de portabilidade.
DEXA	Massa muscular esquelética apendicular - derivada de equação	Utiliza raios X de baixa dose em dois níveis de energia para avaliação da composição corporal e da densidade óssea.	Rápido, reprodutível, com baixa exposição à radiação e estimativa de massa magra e densidade óssea.	Influenciado pelo estado de hidratação, não portátil, com limite de peso, variabilidade entre equipamentos, acesso restrito, alto custo e contraindicação na gestação.
TC	Área de secção transversal muscular	Utiliza raios X e reconstrução computacional para gerar imagens em cortes transversais detalhados.	Preciso, resolutivo, pontos de corte validados, avaliação quantitativa e qualitativa e baixa exigência do paciente.	Radiação ionizante, alto custo, uso oportunístico limitado, necessidade de equipe especializada e contraindicação na gestação.
US	Espessura de parâmetros musculares	Utiliza ondas sonoras para gerar imagens em tempo real dos tecidos.	Portátil, rápido, isento de radiação e possibilidade de avaliação seriada.	Dependente do operador, requer padronização de protocolos e sem pontos de corte definidos.
BIA	Massa muscular esquelética corporal total - derivada de equação	Utiliza corrente elétrica de baixa intensidade para estimar a composição corporal a partir da resistência dos tecidos.	Portátil, relativamente acessível, reprodutível e não invasivo. Capacidade de avaliação de ângulo de fase.	Influenciado pelo estado de hidratação e jejum, caráter indireto (erro de estimativa), variabilidade entre dispositivos e dependência de equações específicas.
CP	Indicador indireto de massa muscular periférica	Reflete a massa muscular, com influência de sexo e composição corporal e variação entre populações.	Rápido, de baixo custo e fácil aplicação.	Baixa precisão, influenciada pela gordura corporal e incapaz de diferenciar massa magra e adiposa.
CB	Indicador indireto de reservas musculares e adiposas	Reflete reservas musculares e adiposas, sendo utilizada na avaliação do estado nutricional.	Rápido, de baixo custo e fácil aplicação.	Baixa especificidade para massa muscular e dependência de pontos de corte/percentis.

Legenda: BIA: bioimpedância elétrica; CB: circunferência do braço; CP: circunferência da panturrilha; DEXA: absorciometria de dupla energia por raios X; RM: ressonância magnética; TC: tomografia computadorizada; US: ultrassonografia. Fonte: Adaptado de Maffini et al. (2025).

Figura 1 — Avaliação ultrassonográfica dos parâmetros musculares do quadríceps.



Legenda: 1A – Medição da área de secção transversal do músculo reto femoral por meio do contorno manual do músculo. 1B – Medição da espessura do reto femoral, do vasto intermédio e da espessura total do quadríceps (soma do reto femoral e do vasto intermédio), utilizando o fêmur como referência anatômica. RF = *rectus femoris*; VI = *vastus intermedius*. Fonte: FUEST et al., 2023.

2.5 MULTIDIMENSIONALIDADE DO FENÓTIPO MUSCULAR

O músculo esquelético é atualmente compreendido como um fenótipo multidimensional, no qual a avaliação isolada da massa muscular é insuficiente para sua adequada caracterização. Esse modelo integra componentes estruturais e funcionais, incluindo massa, força, desempenho físico e qualidade muscular, evidenciando importantes lacunas na distinção entre estrutura muscular e porte corporal, bem como inconsistências entre os métodos de avaliação (PRADO et al., 2025; HEYMSFIELD et al., 2015; FRAGALA; KENNY; KUCHEL, 2015).

Essa distinção tem implicações relevantes para a avaliação clínica. Métodos amplamente utilizados, como a DEXA, estimam a massa magra apendicular como uma

medida indireta da massa muscular, porém apresentam limitações quanto à sua especificidade. Diferentes técnicas capturam dimensões distintas do fenótipo muscular e, portanto, não são diretamente intercambiáveis.

Métodos baseados em imagem tendem a apresentar maior concordância entre si, enquanto métodos indiretos, como a BIA, exibem maior variabilidade e dependência de equações preditivas e do estado de hidratação (CRUZ-JENTOFT; SAYER, 2019; DENT et al., 2021; HEYMSFIELD et al., 2026).

O fenótipo muscular resulta da interação entre múltiplas dimensões. Componentes estruturais incluem a arquitetura muscular, o tipo de fibras e a infiltração adiposa, enquanto componentes funcionais abrangem força, potência e desempenho físico (FRAGALA; KENNY; KUCHEL, 2015; CORREA-DE-ARAUJO et al., 2017).

A qualidade muscular emerge como um conceito central, embora ainda não padronizado, podendo refletir tanto propriedades intrínsecas do tecido quanto a relação proporcional entre força e massa muscular (CRUZ-JENTOFT; SAYER, 2019). A dissociação entre massa e função está bem estabelecida, com o declínio funcional ocorrendo em magnitude superior à perda de massa em contextos de catabolismo acentuado e no processo de envelhecimento (YAMADA, 2018).

Essa complexidade impõe desafios à avaliação nutricional e funcional. Persistem limitações conceituais e metodológicas relevantes, uma vez que não há um método padrão-ouro amplamente aplicável para a mensuração da massa muscular, e a heterogeneidade tecnológica limita a comparabilidade entre estudos (CRUZ-JENTOFT; SAYER, 2019; DENT et al., 2021).

Nesse contexto, torna-se necessária a adoção de abordagens que permitam distinguir, com maior precisão, os componentes estruturais musculares do porte corporal. Essa distinção é fundamental para uma estimativa mais fidedigna da reserva fisiológica e da capacidade de resposta metabólica ao estresse cirúrgico.

3. REFERÊNCIAS

ABE, R. et al. Preoperative rectus femoris muscle characteristics as predictors of postoperative walking ability in elderly cardiac surgery patients: a prospective observational study. **Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia**, v. 39, n. 11, p. 2963–2969, 2025.

ANSARIPOUR, A. et al. Sarcopenia adversely affects outcomes following cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Clinical Medicine**, v. 12, n. 17, 2023.

ANZOLIN, C. C. et al. Accuracy of different cutoff points of body mass index to identify overweight according to body fat values estimated by DEXA. **Jornal de Pediatria (Rio de Janeiro)**, v. 93, n. 1, p. 58–63, 2017.

ASHIR, A. et al. Skeletal muscle assessment using quantitative ultrasound: a narrative review. **Sensors, Basel**, v. 23, n. 10, p. 4763, 2023.

BARAZZONI, R. et al. Guidance for assessment of the muscle mass phenotypic criterion for the Global Leadership Initiative on Malnutrition (GLIM) diagnosis of malnutrition. **Clinical Nutrition**, v. 41, n. 6, p. 1425–1433, 2022.

BEAUDART, C. et al. Sarcopenia in daily practice: assessment and management. **BMC Geriatrics**, v. 16, p. 170, 2016.

BEN-MENACHEM, E. et al. Smaller rectus femoris size measured by ultrasound is associated with poorer outcomes after cardiac surgery. **The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 167, n. 3, p. 1115–1122, 2024.

CASEY, P. et al. The current use of ultrasound to measure skeletal muscle and its ability to predict clinical outcomes: a systematic review. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 13, p. 2298–2309, 2022.

COMPHER, C. et al. Guidance for assessment of the muscle mass phenotypic criterion for the Global Leadership Initiative on Malnutrition diagnosis of malnutrition. **JPEN Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 46, n. 6, p. 1232–1242, 2022.

CORREA-DE-ARAUJO, R. et al. The need for standardized assessment of muscle quality in skeletal muscle function deficit and other aging-related muscle dysfunctions: a symposium report. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 87, 2017.

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, v. 48, n. 1, p. 16–31, 2019.

CRUZ-JENTOFT, A. J.; SAYER, A. A. Sarcopenia. **The Lancet**, v. 393, n. 10191, p. 2636–2646, 2019.

DE LUIS ROMÁN, D. et al. Ultrasound cut-off values for rectus femoris for detecting sarcopenia in patients with nutritional risk. **Nutrients**, v. 16, n. 1, 2024.

DENT, E. et al. Sarcopenia measurement in research and clinical practice. **European Journal of Internal Medicine**, v. 90, p. 1-9, 2021.

ENGELMAN, D. T. et al. Guidelines for perioperative care in cardiac surgery: Enhanced Recovery After Surgery Society recommendations. **JAMA Surgery**, v. 154, n. 8, p. 755–766, 2019.

FENGXUE YANG et al. Accuracy of ultrasound measurements of muscle thickness in identifying older patients with sarcopenia and its impact on frailty: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 26, p. 1–10, 2025.

FRAGALA, M. S.; KENNY, A. M.; KUCHEL, G. A. Muscle quality in aging: a multi-dimensional approach to muscle functioning with applications for treatment. **Sports Medicine**, v. 45, n. 5, p. 641-658, 2015.

FREIHAT, O. et al. Global burden and future projections of non-communicable diseases (2000–2050): Progress toward SDG 3.4 and disparities across regions and risk factors. **PLOS One**, v. 20, n. 12, p. e0336036, 2025.

FUEST, K. E. et al. Comparison of different ultrasound methods to assess changes in muscle mass in critically ill patients. **Journal of Intensive Care Medicine**, v. 38, n. 5, p. 431–439, 2023.

GARCÍA-ALMEIDA, J. M. et al. Nutritional ultrasound®: conceptualisation, technical considerations and standardisation. **Endocrinología, Diabetes y Nutrición**, v. 70, supl. 1, p. 74–84, 2023.

GAUDINO, M.; ANDREOTTI, F.; KIMURA, T. Current concepts in coronary artery revascularisation. **The Lancet**, v. 401, n. 10388, p. 1611–1628, 2023.

GLOBAL BURDEN OF CARDIOVASCULAR DISEASES AND RISKS 2023 COLLABORATORS. Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases and risk factors in 204 countries and territories, 1990–2023. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 86, n. 22, p. 2167–2243, 2025.

GONZALEZ, M. C.; HEYMSFIELD, S. B. Bioelectrical impedance analysis for diagnosing sarcopenia and cachexia: what are we really estimating? **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 8, p. 187–189, 2017.

GONZALEZ, M. C. et al. Calf circumference: cutoff values from the NHANES 1999–2006. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 113, n. 6, p. 1679–1687, 2021.

GRAMLICH, L.; GUENTER, P. Enteral nutrition in hospitalized adults. **New England Journal of Medicine**, v. 392, n. 15, p. 1518-1530, 2025.

HEYMSFIELD, S. B. et al. Reference methods for measuring skeletal muscle mass: a critical perspective. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 17, n. 1, e70184, 2026.

HEYMSFIELD, S. B. et al. Skeletal muscle mass and quality: evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 74, n. 4, p. 355-366, 2015.

HUANG, Y. et al. Mitochondrial dysfunction in age-related sarcopenia: mechanistic insights, diagnostic advances, and therapeutic prospects. **Frontiers in Cell and Developmental Biology**, v. 13, 1590524, 2025.

JOSHI, A. et al. Sarcopenia in cardiac surgery: dual X-ray absorptiometry study from the McGill frailty registry. **American Heart Journal**, v. 239, p. 52–58, 2021.

KARAKURT, N. et al. Calf circumference to body mass index ratio: a new anthropometric indicator for ultrasound based sarcopenic obesity. **BMC Geriatrics**, v. 25, 534, 2025.

KHALIL, K. H. et al. Coronary artery bypass graft surgery in Brazil from 2008 to 2017. **Journal of Cardiac Surgery**, v. 36, n. 3, p. 913–920, 2021.

KIRIYA, Y. et al. Sarcopenia assessed by the quantity and quality of skeletal muscle is a prognostic factor for patients undergoing cardiac surgery. **Surgery Today**, v. 50, p. 895–904, 2020.

KYLE, U. G. et al. Validation of a bioelectrical impedance analysis equation to predict appendicular skeletal muscle mass. **Clinical Nutrition**, v. 22, p. 537–543, 2003.

LEE, S. H. et al. Clinical impact of sarcopenia screening on long-term mortality in patients undergoing coronary bypass grafting. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 15, p. 2842–2851, 2024.

LIMA, J. et al. Ultrasound for measurement of skeletal muscle mass quantity and muscle composition/architecture in critically ill patients: a scoping review. **Clinical Nutrition**, v. 43, p. 95–110, 2024.

MAFFINI, L. F. et al. An overview of the importance of muscle health in oncology. **Current Nutrition Reports**, v. 14, p. 130, 2025.

MISHRA, D.; MOHAPATRA, L. Sarcopenia: an overview of emerging therapies and pathophysiological insights in age-related skeletal muscle decline. **Biochemical Pharmacology**, 2026.

MIRZAI, S. et al. Sarcopenia evaluation on cardiac magnetic resonance imaging in older adults. **International Journal of Cardiology**, v. 391, 2023.

NEUMANN, F.-J. et al. ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. **European Heart Journal**, v. 40, n. 2, p. 87–165, 2019.

OLIVEIRA, G. M. M. et al. Cardiovascular statistics – Brazil 2023. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 121, n. 2, 2024.

OTTO, C. M. et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 77, n. 4, p. e25–e197, 2021.

PRADO, C. M. et al. Methodological standards for body composition: an expert-endorsed guide for research and clinical applications: levels, models, and terminology. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 122, n. 2, p. 384-391, 2025.

RIBEIRO, G. S. et al. Surgery for valvular heart disease: a population-based study. **PLoS One**, v. 7, n. 5, 2012.

ROTH, G. A. et al. Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 76, p. 2982–3021, 2020.

SÁNCHEZ-TORRALVO, F. J. et al. Usefulness of muscle ultrasonography in the nutritional assessment of adult patients with cystic fibrosis. **Nutrients**, v. 14, n. 16, p. 3377, 2022.

SHIMIZU, K. et al. Association of computed tomography-derived muscle mass with delayed independent walking. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 15, n. 5, p. 1677–1686, 2024.

SOUSA, M. V. et al. How acute and chronic exercise regulate muscle atrophic genes to mitigate sarcopenia: a narrative review. **Sports Medicine**, 2026.

STAVROU, G. Endothelial damage and muscle wasting in cardiac surgery patients. **Cureus**, v. 14, n. 10, 2022.

THOMAS, A. N. et al. Mitochondrial dysfunction contributes to sustained muscle loss after cardiac surgery. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 16, n. 4, 2025.

TICINESI, A. et al. Ultrasound imaging for the diagnosis and evaluation of sarcopenia. **Life**, v. 12, n. 1, p. 9, 2022.

VERVOORT, D. et al. . Global cardiac surgical volume and gaps: trends, targets, and way forward. **Annals of Thoracic Surgery Short Reports**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 320-324, 2024.

VIDAL-CASARIEGO, A. et al. Sex-specific ultrasound thresholds of rectus femoris assessment in disease-related malnutrition: a cross-sectional analysis. **Nutrition**, v. 142, p. 112961, 2026.

WANG, X. et al. Effects of sarcopenia on postoperative recovery after cardiac surgery. **BMC Geriatrics**, v. 25, p. 295, 2025.

WEERINK, L. B. M. et al. Low skeletal muscle mass and postoperative morbidity in surgical oncology: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 11, n. 3, p. 636–649, 2020.

WILLEMKE, N. et al. Reliability and validity of ultrasound to quantify muscles in older adults. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 8, p. 702–712, 2017.

YAMASHITA, M. et al. Prognostic value of psoas muscle area and density. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 33, n. 12, p. 1652–1659, 2017.

YAMADA, Y. Muscle mass, quality, and composition changes during atrophy and sarcopenia. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 1088, p. 47-72, 2018.

YANG, T. R. et al. CT-based diagnosis of sarcopenia as a prognostic factor for postoperative mortality after elective open-heart surgery in older patients: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Public Health**, v. 12, p. 1378462, 2024.

YUENYONGCHAIWAT, K. et al. Sarcopenia in open heart surgery patients: A cohort study. **Heliyon**, v. 6, n. 12, 2020.

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.

ZILLI, A. C. et al. Valve heart surgery in Brazil: the BYPASS Registry analysis. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 35, n. 4, p. 420-427, 2020.

4. JUSTIFICATIVA

A redução da massa muscular está consistentemente associada a piores desfechos em cirurgia cardíaca, incluindo maior morbimortalidade e prolongamento do tempo de internação (ANSARIPOUR et al., 2023; WANG et al., 2025). Nesse contexto, a avaliação acurada do estado muscular torna-se fundamental não apenas para a estratificação de risco, mas também para o adequado manejo clínico desses pacientes.

Técnicas consideradas de referência, como TC, RM e DEXA, apresentam elevada acurácia; contudo, sua aplicabilidade clínica é frequentemente limitada pela baixa disponibilidade, pelo custo elevado e pela dificuldade de transporte dos pacientes, especialmente no período perioperatório (CRUZ-JENTOFT et al., 2019; BEAUDART et al., 2016). Por outro lado, a CP é amplamente utilizada como ferramenta de triagem devido à sua praticidade; entretanto, sua especificidade pode ser reduzida em populações cirúrgicas, uma vez que o tecido adiposo e as oscilações volêmicas (edema) podem mascarar a real depleção muscular (COMPHER et al., 2022; CRUZ-JENTOFT et al., 2019).

Nesse cenário, a ultrassonografia muscular surge como um método promissor, permitindo a avaliação direta da quantidade e da qualidade muscular, sem exposição à radiação e com aplicabilidade à beira do leito, além de apresentar boa acurácia e valor prognóstico (CASEY et al., 2022; GARCÍA-ALMEIDA et al., 2023).

A massa muscular não constitui um fenômeno unidimensional, mas um fenótipo complexo e multidimensional, que abrange diferentes domínios inter-relacionados, como a quantidade muscular, a qualidade tecidual e a influência do tamanho corporal. Nesse contexto, métodos antropométricos e ultrassonográficos avaliam dimensões distintas e complementares desse fenótipo, tornando necessária uma abordagem integrada para uma caracterização mais precisa do estado muscular em pacientes cirúrgicos (HEYMSFIELD et al., 2015; CRUZ-JENTOFT; SAYER, 2019).

Dessa forma, considerando as limitações das medidas antropométricas em refletir a massa muscular e a aplicabilidade restrita dos métodos de imagem na prática clínica, justifica-se investigar a associação entre a CP/IMC e os parâmetros ultrassonográficos musculares em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Essa abordagem busca suprir lacunas quanto à correspondência entre métodos de triagem e medidas estruturais, contribuindo para uma avaliação mais acurada, acessível e clinicamente aplicável da massa muscular.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a relação entre parâmetros ultrassonográficos musculares e medidas antropométricas na avaliação da massa muscular em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os parâmetros ultrassonográficos musculares entre grupos estratificados segundo a circunferência da panturrilha ajustada pelo índice de massa corporal (CP/IMC).
- Analisar a associação entre os parâmetros ultrassonográficos musculares e as variáveis antropométricas (circunferência da panturrilha, CP/IMC e índice de massa corporal).
- Avaliar se as associações entre os parâmetros ultrassonográficos e as medidas antropométricas mantêm-se independentes após ajustes por idade e sexo.
- Investigar a influência do tamanho corporal na relação entre parâmetros ultrassonográficos e antropométricos.
- Explorar a estrutura dimensional e a concordância diagnóstica entre os diferentes métodos de avaliação da massa muscular (fenotipagem muscular).
- Avaliar a associação dos parâmetros ultrassonográficos musculares e as medidas antropométricas com o tempo de internação hospitalar no pós-operatório de pacientes submetidos à cirurgia cardíaca.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme evidenciado, a avaliação da massa muscular em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca é um desafio clínico que demanda uma abordagem multidimensional. Os resultados demonstraram que parâmetros ultrassonográficos e medidas antropométricas, como a CP/IMC, apresentam associação significativa, porém não equivalente. A identificação de uma estrutura bidimensional reforça que esses métodos capturam dimensões distintas: a ultrassonografia representa o componente estrutural muscular, enquanto o IMC reflete o porte corporal global, evidenciando a natureza multidimensional do fenótipo muscular.

Do ponto de vista clínico, os achados sustentam a utilização complementar de abordagens antropométricas e ultrassonográficas. Enquanto a CP permanece como uma ferramenta de triagem ágil, a US muscular se destaca por permitir uma avaliação direta e detalhada da arquitetura muscular, refinando a estratificação de risco perioperatório. A integração desses métodos representa um passo essencial para uma estimativa mais fidedigna da resiliência metabólica frente ao estresse cirúrgico.

Por fim, esta dissertação amplia a compreensão sobre a relação entre medidas indiretas e diretas de massa muscular. Estudos longitudinais, com amostras ampliadas e a utilização de métodos de referência, são necessários para validar esses achados e investigar o impacto clínico da avaliação integrada sobre desfechos relevantes. Além disso, a padronização de protocolos ultrassonográficos e a definição de pontos de corte específicos permanecem como etapas elementares para consolidar a aplicabilidade desse método na prática clínica e na pesquisa.