

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA

BRUNA DE SOUZA

**O papel da ultrassonografia muscular na avaliação da sarcopenia em
pacientes com insuficiência cardíaca na unidade de terapia intensiva**

São Paulo
2026

BRUNA DE SOUZA

O papel da ultrassonografia muscular na avaliação da sarcopenia em pacientes com insuficiência cardíaca na unidade de terapia intensiva

Versão Original

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Cardiologia

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Helena Gelás Lage Pasqualucci

São Paulo
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Souza, Bruna de

O papel da ultrassonografia muscular na avaliação da sarcopenia em pacientes com insuficiência cardíaca na unidade de terapia intensiva / Bruna de Souza ; Silvia Helena Gelás Lage Pasqualucci, orientador -- São Paulo, 2026.

Tese (Doutorado). Programa de Cardiologia. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2026.

1. Sarcopenia 2. Ultrassonografia 3. Insuficiência cardíaca 4. Avaliação nutricional 5. Desnutrição I. Lage, Silvia Helena Gelás, orient. II. Título

USP/FM/DBD-100/26

Responsável: Daniela Amaral Barbosa, CRB-8 7533

Nome: SOUZA, Bruna de

Título: O papel da ultrassonografia muscular na avaliação da sarcopenia em pacientes com insuficiência cardíaca na unidade de terapia intensiva

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Profa. Dra. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Profa. Dra. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Profa. Dra. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que me ensinaram a persistir.

Aos meus irmãos, que me ensinaram a cuidar.

Ao meu amor, que me ensinou a acreditar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe, Salete, e ao meu pai, Sérgio, por sempre acreditarem em mim, me apoiarem e serem meus maiores exemplos.

Aos meus irmãos, Ariane e Guilherme, por me ensinarem, ao longo da vida, sobre cuidado, responsabilidade e parceria.

Ao Natan, meu time, pela cumplicidade, paciência e amor — por caminhar comigo, me acolher nos dias difíceis e me dar força para seguir.

À minha família, de modo geral, pelo carinho, pela torcida e pela compreensão em cada ausência e em cada fase intensa do doutorado. Obrigada por estarem comigo, mesmo quando eu não consegui estar tão presente quanto gostaria.

À minha orientadora, Dra. Profa. Silvia Helena Gelás Lage, pelos ensinamentos, pela confiança no meu trabalho e pelas contribuições essenciais para a construção desta tese.

Ao Instituto do Coração e à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de formação e de crescimento profissional e pessoal.

Ao Serviço de Nutrição e Dietética, do qual fiz parte durante o doutorado, pela acolhida e pelo aprendizado diário. Agradeço a todos os colegas pela parceria e trocas.

À minha chefe, Helenice Moreira da Costa, por confiar em mim e no meu trabalho e por me incentivar continuamente, com apoio e motivação nos momentos decisivos.

Às minhas amigas de trabalho e de vida, Giovana e Graziela, por serem parceiras de verdade e estarem presentes em todos os momentos, compartilhando desafios, risos, choros, afeto e me apoiando sempre.

Aos meus amigos e amigas, por compreenderem meus silêncios e minha falta de tempo, e ainda assim permanecerem por perto, torcendo por mim. Vocês foram rede, colo e alegria — me lembraram que eu não estava sozinha, isso fez toda a diferença.

Aos pacientes, que mesmo em um momento adverso da vida, escolheram participar e contribuir para que este trabalho pudesse ser realizado. Recebam minha profunda gratidão e respeito — este estudo existe porque vocês confiaram.

E, por fim, meu agradecimento a todos, que de alguma forma, fizeram parte desta trajetória e contribuíram para que eu chegasse até aqui — com apoio, incentivo, escuta, presença e compreensão. Mesmo quando não citados nominalmente, saibam que cada gesto, palavra e ajuda foi importante e permanece comigo.

EPÍGRAFE

*“Sonhe alto, mas comece baixo.
Um pequeno ajuste pode ter um grande efeito em sua vida”*

Haemin Sunim

RESUMO

SOUZA, Bruna de. O papel da ultrassonografia muscular na avaliação da sarcopenia em pacientes com insuficiência cardíaca na unidade de terapia intensiva [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2026.

Introdução: A insuficiência cardíaca (IC) avançada está associada a alterações metabólicas sistêmicas e perda progressiva de massa muscular. A avaliação nutricional na IC avançada enfrenta grandes desafios muitas vezes pela presença de edema e limitações técnicas, por isso outras formas de avaliação têm sido investigadas. A ultrassonografia muscular esquelética tem emergido como ferramenta promissora para quantificação da reserva muscular à beira-leito.

Objetivo: Avaliar o papel da ultrassonografia muscular na identificação de perda muscular esquelética e sua associação com desfechos clínicos em pacientes com insuficiência cardíaca grave internados em unidade de terapia intensiva. **Métodos:** Estudo prospectivo, observacional envolvendo 80 pacientes com IC avançada internados em unidade de terapia intensiva (UTI).

Foram realizadas avaliações seriadas nos dias 1, 7 e 15 de internação, incluindo ultrassonografia do músculo quadríceps, bioimpedância elétrica, avaliação antropométrica, parâmetros clínicos e laboratoriais. Os desfechos analisados incluíram infecção, necessidade de suporte avançado, transplante cardíaco e mortalidade hospitalar. Foram aplicados testes paramétricos e não paramétricos conforme distribuição dos dados, regressão logística e análise de curva ROC.

Resultados: Observou-se redução significativa em peso, espessura do quadríceps e aumento na pontuação da Avaliação Subjetiva Global ($p < 0,05$), indicando deterioração do estado nutricional. Houve um declínio progressivo da espessura muscular ao longo da internação na UTI, de 0,13 cm na 2ª avaliação e 0,26 cm na 3ª avaliação ($p < 0,001$), sendo essa variável independentemente associada ao maior risco de mortalidade (OR = 0,54; $p = 0,012$). Nenhum dos preditores nutricionais tiveram associação estatisticamente significativa com o desfecho de transplante cardíaco. A análise da curva ROC evidenciou boa capacidade discriminatória da espessura muscular para mortalidade hospitalar (AUC = 0,80; IC 95%: 0,646–0,958).

Conclusão: A ultrassonografia muscular mostrou-se ferramenta viável, reprodutível e clinicamente relevante para avaliação da reserva muscular em pacientes com insuficiência cardíaca grave internados em UTI, associando-se a mortalidade hospitalar. Esses achados reforçam o potencial da ultrassonografia muscular como marcador prognóstico, instrumento para estratificação de risco e direcionamento de intervenções nutricionais precoces.

Palavras-chave: Sarcopenia. Ultrassonografia. Insuficiência cardíaca. Avaliação nutricional. Desnutrição.

ABSTRACT

SOUZA, Bruna de. The role of muscle ultrasound in the assessment of sarcopenia in patients with heart failure in the intensive care unit [thesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2026.

Background: Advanced heart failure (HF) is associated with systemic metabolic derangements and progressive loss of skeletal muscle mass. Nutritional assessment in advanced HF is often hindered by edema and technical limitations; therefore, alternative assessment methods have been investigated. Skeletal muscle ultrasound has emerged as a promising bedside tool for quantifying muscle mass. **Objective:** To evaluate the role of muscle ultrasound in identifying skeletal muscle wasting and its association with clinical outcomes in patients with severe HF admitted to the intensive care unit (ICU). **Methods:** This prospective observational study included 80 patients with advanced HF admitted to the ICU. Serial evaluations were performed on hospital days 1, 7, and 15 and included ultrasound-measured quadriceps muscle thickness (QMT), bioelectrical impedance analysis, anthropometry, and clinical and laboratory parameters. Outcomes included infection, need for orotracheal intubation, heart transplantation, and in-hospital mortality. Parametric or nonparametric tests were applied according to data distribution, followed by logistic regression and receiver operating characteristic (ROC) curve analysis. **Results:** A significant reduction in weight and quadriceps muscle thickness (QMT), as well as an increase in Subjective Global Assessment scores ($p < 0.05$), were observed, indicating deterioration of nutritional status. QMT progressively declined during the ICU stay, by 0.13 cm at the second evaluation and by 0.26 cm at the third evaluation ($p < 0.001$). QMT was independently associated with mortality risk ($OR = 0.54$; $p = 0.012$). None of the nutritional predictors were significantly associated with the heart transplantation outcome. ROC analysis showed good discriminatory performance of QMT for in-hospital mortality ($AUC = 0.80$; 95% CI, 0.646–0.958). **Conclusion:** Muscle ultrasound was feasible, reproducible, and clinically relevant for assessing muscle mass in patients with severe HF in the ICU and was associated with in-hospital mortality. These findings support muscle ultrasound as a potential prognostic marker, a tool for risk stratification, and a guide for early nutritional interventions.

Keywords: Sarcopenia. Ultrasonography. Heart failure. Nutritional assessment. Malnutrition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Protocolo de inclusão dos pacientes	29
Figura 2. Referência anatômica e pontos de marcação para a ultrassonografia de quadríceps	32
Figuras 3 e 4. Imagens ultrassonográficas transversais do músculo quadríceps em dois pontos de referência anatômicos	32
Figura 5 - Fluxograma de inclusão e acompanhamento dos pacientes	35
Figura 6. Evolução temporal da espessura do quadríceps no ponto dois-terços (2/3) ao longo das avaliações	40
Figura 7. Evolução temporal da espessura do quadríceps no ponto médio (1/2) ao longo das avaliações	41
Figura 8. Matriz de correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de preensão palmar e bioimpedância elétrica no 1º dia de acompanhamento (T1) usando a Correlação de Spearman	46
Figura 9. Matriz de correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de preensão palmar e bioimpedância elétrica no 7º dia de acompanhamento (T2) usando a Correlação de Spearman	47
Figura 10. Matriz de correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de preensão palmar e bioimpedância elétrica no 15º dia de acompanhamento (T3) usando a Correlação de Spearman	47
Figura 11. Curva ROC e Métricas de Performance da ultrassonografia do quadríceps no ponto 2/3 durante a internação	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características sociodemográficas e clínicas basais dos pacientes na admissão	36
Tabela 2. Características clínicas, laboratoriais e suporte terapêutico dos pacientes	37
Tabela 3. Estado nutricional, composição corporal e parâmetros musculares dos pacientes na 1º avaliação	38
Tabela 4. Evolução temporal dos parâmetros nutricionais, antropométricos, funcionais e ultrassonográficos ao longo da internação	39
Tabela 5. Desfechos clínicos e tempo de internação dos pacientes com insuficiência cardíaca internados em unidade de terapia intensiva	41
Tabela 6. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à mortalidade hospitalar	42
Tabela 7. Análise univariada e multivariada dos fatores associados à mortalidade hospitalar	43
Tabela 8. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à necessidade de intubação orotraqueal durante a internação	43
Tabela 9. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à realização de transplante cardíaco	44
Tabela 10. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à ocorrência de infecção hospitalar	44
Tabela 11. Correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de preensão palmar e bioimpedância elétrica nos diferentes momentos de avaliação	45
Tabela 12. Desempenho prognóstico da ultrassonografia do quadríceps no ponto 2/3 para predição de mortalidade hospitalar nos diferentes momentos da internação	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Ângulo de fase
ASG	Avaliação subjetiva global
AUC	Área sob a curva
BIA	Balão intra-aórtico
BNP	Peptídeo natriurético tipo B
CB	Circunferência do braço
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros quadrado
CMB	Circunferência muscular do braço
CP	Circunferência da panturrilha
DX	Densitometria por dupla emissão de raio X
FEVE	Fração de ejeção do ventrículo esquerdo
FPP	Força de prensão palmar
IC95%	Intervalo de confiança 95%
IC	Insuficiência cardíaca
IIQ	Intervalo interquartil
IMC	Índice de massa corporal
IOT	Intubação orotraqueal
kg	quilograma
LMM	Modelos lineares de efeitos mistos
NYHA	<i>New York Heart Association</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
OR	<i>Odds ratio</i>
PCT	Prega cutânea tricipital
R	Resistência
RM	Ressonância magnética
ROC	<i>Receiver Operating Characteristic</i>
SD	Desvio padrão
SRAA	Sistema renina-angiotensina-aldosterona
T1	1º avaliação do protocolo no dia 1 de acompanhamento

T2	2º avaliação do protocolo no dia 7 de acompanhamento
T3	3º avaliação do protocolo no dia 15 de acompanhamento
TC	Tomografia computadorizada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UTI	Unidade de terapia intensiva
Xc	Reatância

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	Insuficiência cardíaca: um problema de saúde pública	16
1.2	Insuficiência cardíaca avançada e disfunção metabólica sistêmica.....	17
1.3	Sarcopenia, Caquexia Cardíaca e Fragilidade na Insuficiência Cardíaca	18
1.4	Desafios na avaliação nutricional	20
1.5	Ultrassonografia Muscular na Doença Crítica	21
2.	HIPÓTESE.....	23
3.	OBJETIVOS	25
3.2.	Objetivo principal	26
3.3.	Objetivos secundários.....	26
4.	METODOLOGIA.....	27
4.1	Desenho do estudo	28
4.2.	População do estudo	28
4.2.1.	Critérios de inclusão	28
4.2.2.	Critérios de exclusão.....	28
4.3.	Protocolo do estudo	28
4.4.	Aspectos éticos	29
4.5.	Variáveis do estudo	29
4.5.1.	Variáveis de exposição.....	29
4.5.2.	Variáveis clínicas e laboratoriais	29
4.6.	Desfechos clínicos	30
4.7.	Avaliação Subjetiva Global (ASG).....	30
4.8.	Avaliação antropométrica	30
4.9.	Bioimpedância elétrica.....	31
4.10.	Avaliação da força muscular.....	31
4.11.	Avaliação da musculatura por ultrassonografia.....	31
4.12.	Análise estatística	33
5.	RESULTADOS	34
5.1.	Caracterização da amostra	35
5.2.	Estado nutricional e composição corporal na admissão	37
5.3.	Evolução longitudinal do estado nutricional e muscular.....	38

5.4.	Desfechos clínicos	41
5.5.	Mortalidade hospitalar	42
5.6.	Intubação Orotraqueal (IOT)	43
5.7.	Transplante cardíaco	43
5.8.	Infecção Hospitalar	44
5.9.	Correlações entre ultrassonografia muscular do quadríceps, força de preensão palmar e bioimpedância elétrica.....	45
5.10.	Acurácia diagnóstica da ultrassonografia muscular	48
6.	DISCUSSÃO	50
6.1.	Perfil demográfico, etiológico e gravidade clínica	51
6.2.	Estado nutricional e composição corporal na admissão	52
6.3.	Evolução longitudinal do estado nutricional e muscular.....	53
6.4.	Tempo de internação e desfechos clínicos	54
6.5.	Parâmetros nutricionais e musculares como preditores de mortalidade.....	55
6.6.	Outros desfechos: intubação orotraqueal, infecção e transplante cardíaco	56
6.7.	Relação entre a ultrassonografia de quadríceps, a força de preensão palmar e a bioimpedância elétrica	57
6.8.	Acurácia diagnóstica da ultrassonografia muscular	58
7.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	60
8.	CONCLUSÃO.....	62
9.	REFERÊNCIAS	64
	ANEXOS	72

1. INTRODUÇÃO

1. Introdução

1.1 Insuficiência cardíaca: um problema de saúde pública

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome clínica complexa, progressiva e multifatorial, resultante de alterações estruturais e funcionais do miocárdio que comprometem a capacidade do coração em manter débito cardíaco adequado às demandas metabólicas, sendo a manifestação final da maioria das formas de doença cardíaca¹.

A etiologia da IC é heterogênea, e a identificação da causa da disfunção miocárdica é essencial para o diagnóstico correto, a estratificação de risco e o manejo ideal do paciente. Estima-se que cerca de dois terços dos casos de IC são atribuíveis a condições crônicas como hipertensão, diabetes, sedentarismo, dislipidemia, obesidade e tabagismo^{1,2}.

O surgimento de novos casos tem aumentado em razão do envelhecimento da população, da existência de comorbidades como diabetes e hipertensão, além da sobrevivência após infarto. Embora a faixa etária com maior prevalência de insuficiência cardíaca seja de idosos, observa-se um aumento da incidência da doença na faixa etária de 50 anos, relacionado ao aumento da prevalência mundial de obesidade e das comorbidades relacionadas³.

A *American Heart Association* estima a prevalência de IC em 6 milhões, o que corresponde a aproximadamente 1,8% da população total dos Estados Unidos da América⁴. No Brasil, dados referentes ao período de 2014 e 2024, registraram 2.211.553 internações por insuficiência cardíaca, estando entre as três maiores causas de morte por doenças cardiovasculares⁵.

Clinicamente, a IC manifesta-se por dispneia, fadiga e retenção hídrica. Em estágios avançados, evolui com alterações neuro-hormonais e metabólicas, incluindo hiperativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), estresse oxidativo, disfunção mitocondrial, resistência insulínica e desequilíbrio entre vias anabólicas e catabólicas. Essas alterações extrapolam o sistema cardiovascular, promovendo um comprometimento progressivo de múltiplos órgãos e sistemas^{6,7}.

Mesmo com a evolução no tratamento e manejo da IC, ela continua sendo um desafio epidemiológico, clínico e financeiro para pacientes, médicos e gestão pública. Os progressos recentes nas terapias avançadas têm contribuído para o aumento da sobrevida dos pacientes, contudo, também resultaram em maior complexidade no manejo clínico e em elevação significativa dos custos assistenciais^{3,8}.

1.2 Insuficiência cardíaca avançada e disfunção metabólica sistêmica

A estratificação da gravidade da IC é fundamental, pois orienta a necessidade de terapias avançadas, incluindo transplante e assistência ventricular mecânica. Nesse sentido, as principais sociedades de cardiologia sugerem critérios para a definição dessa condição¹.

Entre as formas existentes para classificação, a *New York Heart Association* (NYHA) avalia a gravidade dos sintomas em pacientes com doença cardíaca estrutural, classificando quanto a capacidade de exercício e o estado sintomático da doença. A escala varia de I a IV, sendo I a forma mais leve, ou seja, ausência na limitação da atividade física e nos sintomas como fadiga, palpitações e dispneia durante sua realização; e IV caracterizada por incapacidade para realizar qualquer atividade física sem desconforto, apresentando sintomas de insuficiência cardíaca em repouso^{6,9}.

A insuficiência cardíaca é considerada avançada quando inclui sintomas graves (classe III ou IV da NYHA), disfunção cardíaca grave com fração de ejeção reduzida, disfunção ventricular direita, anormalidades valvares ou cardíacas congênitas inoperáveis, congestão pulmonar ou baixo débito cardíaco e redução grave da capacidade de exercício, considerada de origem cardíaca¹.

A hiperativação do SRAA é a característica central na fisiopatologia da IC, atuando como um mecanismo compensatório em resposta à redução da função cardíaca. Esse mecanismo resulta em aumento da vasoconstrição e retenção de volume, levando a uma piora paradoxal da IC descompensada aguda. Diversas outras vias vasoconstritoras são estimuladas, incluindo a endotelina-1, um dos vasoconstritores mais potentes, causando contração da musculatura lisa vascular periférica, com aumento da expressão associado à hipertensão sistêmica^{10,11}.

O estresse oxidativo promove alterações deletérias no músculo esquelético, incluindo lesões em proteínas, lipídios e no DNA, além de comprometer a integridade das membranas celulares e induzir apoptose. Esses processos contribuem para a diminuição da síntese proteica e para o aumento da proteólise muscular. Paralelamente, a disfunção mitocondrial compromete a eficiência energética das fibras musculares, favorecendo fadiga precoce e perda funcional^{11,12}. Portanto, pacientes com IC apresentam anormalidades estruturais e funcionais no músculo esquelético, como alterações nos tipos de miofibrilas, aumento da infiltração de gordura, disfunção mitocondrial e comprometimento do transporte de oxigênio e metabólitos¹³.

A internação em unidade de terapia intensiva (UTI) representa um momento crítico na trajetória da doença, pacientes com IC em classe funcional IV frequentemente apresentam instabilidade hemodinâmica. Embora o tratamento farmacológico permaneça como pilar terapêutico da IC, indivíduos em estágios avançados podem demandar intervenções intravenosas ou dispositivos mecânicos com o objetivo de estabilizar a condição hemodinâmica e preservar a função orgânica. Nesse contexto, as estratégias avançadas incluem o uso de fármacos vasoativos, tais como agentes inotrópicos, vasodilatadores e vasopressores, além de suporte circulatório mecânico temporário⁸.

A reserva fisiológica e muscular desses pacientes podem atuar como marcadores de resiliência biológica, refletindo a capacidade do organismo em tolerar o estresse inflamatório e catabólico imposto pela doença crítica, tornando-se um determinante na evolução clínica e no prognóstico¹⁴.

1.3 Sarcopenia, Caquexia Cardíaca e Fragilidade na Insuficiência Cardíaca

Embora tenham ocorrido progressos no manejo da insuficiência cardíaca, a desnutrição permanece uma condição prevalente e frequentemente subdiagnosticada nessa população. Trata-se de uma condição de etiologia multifatorial e complexa, que pode resultar tanto da ingestão e absorção insuficientes de nutrientes quanto das alterações metabólicas e inflamatórias decorrentes da redução da função cardíaca¹⁵.

A musculatura esquelética é um dos principais sistemas afetados pela IC avançada, o desenvolvimento de atrofia muscular esquelética pode ser resultado não apenas da inatividade física, mas também de alterações metabólicas ou hormonais, agravada por fatores como, hipoperfusão tecidual, resistência insulínica, imobilização prolongada e ingestão nutricional inadequada¹⁶.

A literatura reconhece o músculo esquelético como um órgão endócrino ativo, produtor de miocinas com papel modulador do metabolismo energético e da homeostase sistêmica. Portanto, a perda de massa e função muscular na IC, representa não apenas comprometimento estrutural, mas redução da capacidade adaptativa do organismo frente ao estresse metabólico¹⁷. Esse processo pode culminar em sarcopenia e, em estágios mais avançados, em caquexia cardíaca, condições associadas a pior qualidade de vida, maior risco de complicações infecciosas, prolongamento da internação e aumento da mortalidade¹⁸.

A sarcopenia é definida como uma síndrome progressiva e generalizada de perda de massa e força muscular. Pode ser considerada primária quando está relacionada à idade e nenhuma outra causa específica é evidente; e sarcopenia secundária quando fatores causais diferentes ao envelhecimento são evidentes. A sarcopenia secundária à IC apresenta progressão mais acelerada e pode ocorrer independentemente da idade cronológica, estando mais relacionada à gravidade da doença^{19,20}.

Ao longo do tempo, a sarcopenia foi associada apenas ao processo de envelhecimento, a literatura demonstra que dentre a população idosa 20% dos pacientes com IC são sarcopênicos, porém a presença da sarcopenia deve ser investigada em todos os pacientes independentemente da idade, uma vez que, a relação entre IC e sarcopenia parece resultar de vias comuns, envolvendo distúrbios nutricionais e distúrbios anatômicos^{21,22}.

O diagnóstico deve ser feito pela combinação da avaliação da massa, da força e da performance muscular. Os métodos considerados padrão ouro para as avaliações de sarcopenia possuem custos elevados e nem sempre estão disponíveis para a população em geral^{19,20}.

A sarcopenia pode contribuir para o desenvolvimento da fragilidade física e redução da capacidade de exercício, que são preocupações primordiais para pacientes com insuficiência cardíaca. A fragilidade é caracterizada por uma diminuição no funcionamento de muitos sistemas fisiológicos e uma maior vulnerabilidade a fatores estressantes, com declínio progressivo na função cognitiva. A coexistência de IC avançada e sarcopenia contribui para maior vulnerabilidade a eventos adversos, prolongamento da hospitalização e pior recuperação funcional após a alta^{19,23,24}.

Em estágios mais avançados podemos nos deparar com a caquexia cardíaca, definida como uma síndrome metabólica complexa causada principalmente por catabolismo exacerbado, levando à perda de peso involuntária que excede 5% do peso habitual no ano anterior, além de, pelo menos três dos seguintes sintomas: anorexia, fadiga, redução da força muscular, perda de massa magra e alterações bioquímicas em marcadores inflamatórios²⁵. Um estudo com 165 pacientes com IC e fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) reduzida, demonstrou que cerca de 18% dos pacientes apresentavam caquexia²⁶.

As condições de perda muscular na insuficiência cardíaca apresentam diferentes mecanismos patogênicos. Na sarcopenia, o gasto energético geralmente não aumenta ou até mesmo diminui, enquanto na caquexia há um aumento do gasto energético, resultante de um estado hipermetabólico acelerado. Embora apresentem grande sobreposição e sejam difíceis de reconhecer, essas duas condições são altamente prevalentes na IC²³. Um estudo, realizado com

207 pacientes com IC, verificou uma perda muscular em cerca de 32% dos pacientes, dos quais 14,4% apresentavam sarcopenia, 12,1% caquexia e 6,7% ambas²⁷.

Todavia, a sarcopenia e a caquexia permanecem subdiagnosticadas e pouco reconhecidas em pacientes com IC devido à dificuldade de diagnóstico.

1.4 Desafios na avaliação nutricional

A avaliação nutricional identifica precocemente alterações no estado nutricional, determinando o seu grau de comprometimento e a partir disso define condutas para minimizar o impacto durante a internação. Vários métodos podem ser utilizados para avaliação do estado nutricional do paciente com insuficiência cardíaca internado na UTI, porém, atualmente não existem ferramentas validadas de triagem e avaliação da composição corporal especificamente para essa população, tornando-se um desafio para prática clínica.

A avaliação da desnutrição em pacientes com IC é complexa, uma vez que a perda de massa muscular e de peso pode ser mascarada pelo edema, além das dificuldades na aferição correta, devido a presença de dispositivos, acesso e mobilidade reduzida nos pacientes da UTI. Assim, mesmo que o peso e o índice de massa corporal (IMC) permaneçam constantes, a desnutrição pode estar presente²⁴.

Diante disso, frequentemente a avaliação do estado nutricional e da composição corporal desses pacientes é subestimada, especialmente quando se baseia exclusivamente em parâmetros ponderais ou antropométricos tradicionais. Existem algumas técnicas que são consideradas padrão ouro para avaliação da composição corporal, como a tomografia computadorizada (TC), a ressonância magnética (RM) e a densitometria por dupla emissão de raios X (DXA), porém apresentam limitações práticas no ambiente de terapia intensiva, incluindo custo elevado, necessidade de transporte do paciente e exposição à radiação²⁸.

Estudos sobre o uso da bioimpedância elétrica estão aumentando, especialmente em relação ao ângulo de fase (AF), como um potencial marcador do estado nutricional e resultados clínicos. O AF é derivado de equações relacionadas aos parâmetros da bioimpedância: resistência (R) e reatância (X_c), valores mais elevados estariam relacionados com membranas celulares mais saudáveis. Assim, existe uma relação direta entre o ângulo de fase e idade, o AF tende a diminuir com a idade devido a redução da massa muscular, em contrapartida, aumenta proporcionalmente com o índice de massa corporal (IMC) devido ao maior número de células musculares e adiposas^{29,30}.

A falta de uma ferramenta comprovada para avaliar o estado nutricional em pacientes com insuficiência cardíaca dificulta o desenvolvimento de uma intervenção adequada e ainda precisa ser estabelecida²⁴.

1.5 Ultrassonografia Muscular na Doença Crítica

A ultrassonografia muscular tem emergido como uma ferramenta promissora para a avaliação direta da espessura e da arquitetura muscular esquelética em pacientes hospitalizados e críticos, é considerada uma técnica barata, portátil e não invasiva que quantifica a massa muscular³¹.

Os músculos frequentemente avaliados são quadríceps, músculo tibial anterior, gastrocnêmio, bíceps, extensor e diafragma. Dentre esses, o quadríceps é o músculo mais comumente estudado devido a maior facilidade de acesso no ambiente de UTI. A partir da ultrassonografia é possível avaliar a espessura, a área de secção transversal, o ângulo de penação, o comprimento do fascículo muscular e ecogenicidade³².

A avaliação da musculatura por meio da ultrassonografia, como por exemplo o quadríceps femoral, pode detectar uma diminuição na espessura muscular dentro de um curto período, sugerindo assim o potencial para uso desta ferramenta na prática clínica¹⁹. Estudos em populações de UTI geral demonstraram que a ultrassonografia é capaz de identificar atrofia muscular precoce e monitorar sua progressão ao longo da internação, além de apresentar associação com desfechos clínicos relevantes^{33, 34}.

Apesar do crescente aumento nos estudos sobre a avaliação ultrassonográfica da musculatura esquelética, persistem lacunas importantes no conhecimento, particularmente em pacientes com insuficiência cardíaca grave internados em unidades de terapia intensiva. Ainda não estão estabelecidos os pontos de corte dos parâmetros ultrassonográficos para o diagnóstico de baixa reserva muscular ou sarcopenia. Além disso, há escassez de estudos que avaliem de forma longitudinal o estado nutricional, a composição corporal, a função muscular e a estrutura da musculatura esquelética desses pacientes²⁹.

Diante desse cenário, torna-se necessário investigar o papel da ultrassonografia muscular na avaliação da sarcopenia em pacientes com insuficiência cardíaca internados em unidade de terapia intensiva, bem como sua potencial aplicabilidade como ferramenta prognóstica e de estratificação de risco, podendo contribuir para o desenvolvimento de

estratégias de intervenção nutricional e de reabilitação mais precoces e individualizadas, e, potencialmente, modificar a trajetória clínica desses pacientes.

2. HIPÓTESE

2. Hipótese

Pacientes com insuficiência cardíaca grave internados em unidade de terapia intensiva apresentam comprometimento nutricional e muscular esquelético significativo já na admissão, com piora progressiva ao longo da internação, e a espessura do músculo quadríceps avaliada por ultrassonografia pode constituir um preditor de prognóstico.

3. OBJETIVOS

3. Objetivos

3.2. Objetivo principal

Investigar o papel da ultrassonografia muscular de quadríceps na avaliação nutricional e seu desempenho como preditor de prognóstico em pacientes com IC internados na UTI.

3.3. Objetivos secundários

Descrever a evolução temporal do estado nutricional e da composição corporal durante o período de internação na UTI.

Explorar a associação entre os parâmetros nutricionais e os desfechos clínicos de mortalidade hospitalar, necessidade de ventilação mecânica, ocorrência de infecção e realização de transplante cardíaco.

4. METODOLOGIA

4. Metodologia

4.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo observacional, prospectivo e longitudinal, conduzido em uma unidade de terapia intensiva (UTI) clínica de um hospital terciário especializado em cardiologia.

Os pacientes foram incluídos no estudo de forma consecutiva durante dois anos, do ano de 2023 ao ano de 2025. O tamanho amostral foi estimado por meio do software G*Power, nível de significância de 5%, poder estatístico de 95% e tamanho de efeito médio (0,5). A análise indicou a necessidade de 113 participantes.

4.2. População do estudo

4.2.1. Critérios de inclusão

Foram incluídos pacientes com diagnóstico de insuficiência cardíaca em classe funcional IV, segundo os critérios da NYHA, internados na UTI clínica, de diferentes etiologias, dependentes ou não do uso de drogas vasoativas e/ou dispositivos de suporte hemodinâmico. A inclusão no protocolo ocorreu nas primeiras 72 horas após a admissão na unidade.

4.2.2. Critérios de exclusão

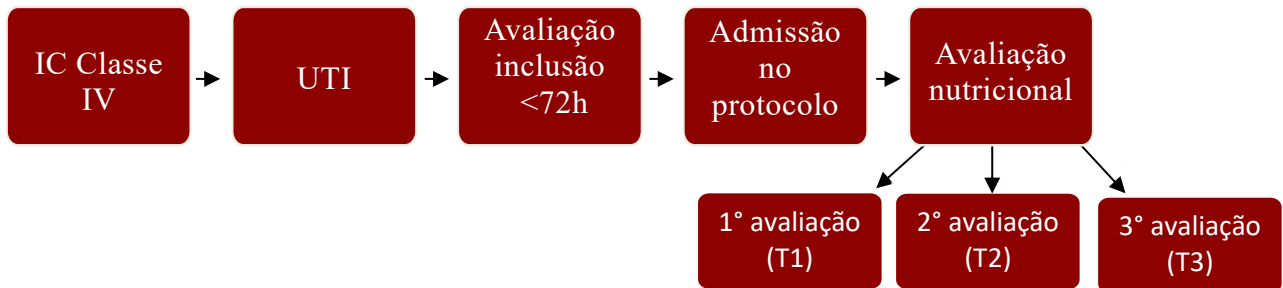
Foram excluídos pacientes com idade inferior a 18 anos ou superior a 75 anos, portadores de pneumopatias, hepatopatias ou doenças neuromusculares, com histórico de acidente vascular cerebral nos seis meses anteriores, em uso de ventilação mecânica no início do protocolo, com choque séptico, falência de múltiplos órgãos, infarto agudo do miocárdio nos três meses prévios, bem como pacientes com obesidade grave ($IMC > 40 \text{ kg/m}^2$).

4.3. Protocolo do estudo

Os pacientes incluídos foram avaliados em até três momentos, de acordo com o tempo de permanência na UTI: admissão (T1), 7º dia de inclusão no protocolo (T2) e 15º dia de

inclusão no protocolo (T3) (Figura 1). O protocolo de avaliação incluiu análise do estado nutricional, composição corporal, função muscular e estrutura da musculatura.

Figura 1 - Protocolo de inclusão dos pacientes



IC = insuficiência cardíaca; UTI = unidade de terapia intensiva; T1= 1° avaliação na admissão ao protocolo; T2= 2° avaliação no 7° dia de inclusão no protocolo; T3= 3° avaliação no 15° dia de inclusão no protocolo.

4.4. Aspectos éticos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o número CAAE 30947920.3.0000.0068. Todos os pacientes elegíveis, ou seus responsáveis legais, foram devidamente informados sobre os objetivos do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes da inclusão (anexo 1).

4.5. Variáveis do estudo

4.5.1. Variáveis de exposição

As variáveis de exposição avaliadas incluíram parâmetros nutricionais, antropométricos, funcionais e estruturais musculares, a saber: avaliação subjetiva global (ASG), peso corporal, índice de massa corporal (IMC), circunferência do braço (CB), prega cutânea tricipital (PCT), circunferência muscular do braço (CMB), circunferência da panturrilha (CP), ângulo de fase (AF), força de preensão palmar (FPP) e espessura muscular do quadríceps (EQ) avaliada por ultrassonografia.

4.5.2. Variáveis clínicas e laboratoriais

Foram coletados dados sociodemográficos, comorbidades pré-existent, etiologia da insuficiência cardíaca, fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), uso de drogas

vasoativas, presença de dispositivos de suporte hemodinâmico, tempo de internação, além de dados laboratoriais de rotina, incluindo creatinina, ureia, sódio sérico e peptídeo natriurético tipo B (BNP).

4.6. Desfechos clínicos

Os desfechos clínicos avaliados foram mortalidade hospitalar, necessidade de intubação orotraqueal, ocorrência de infecção hospitalar e realização de transplante cardíaco durante a internação.

4.7. Avaliação Subjetiva Global (ASG)

A Avaliação Subjetiva Global foi realizada por meio de questionamentos diretos aos pacientes contactantes, sem déficit cognitivo ou auditivo, abordando perda de peso, ingestão alimentar e exame físico. Os pacientes foram classificados em bem nutridos, moderadamente desnutridos ou gravemente desnutridos, conforme escore padronizado do instrumento (anexo 2).

4.8. Avaliação antropométrica

A aferição do peso corporal, foi obtida diretamente por meio das camas-balança eletrônicas disponíveis nos leitos da UTI. A mensuração ocorreu durante a rotina assistencial, respeitando o desconto prévio dos equipamentos e travesseiros, a fim de assegurar a fidedignidade do peso corporal registrado no prontuário. A altura foi autorreferida ou, na ausência dessa informação, estimada por meio das fórmulas de Chumlea et al.³⁵ (anexo 3). A partir do peso e da altura, foi calculado o índice de massa corporal (IMC), classificado segundo critérios da Organização Mundial da Saúde (OMS)³⁶ para adultos e de Lipschitz³⁷ para idosos (anexo 4).

As medidas de circunferência do braço (CB) e prega cutânea tricípital (PCT) foram realizadas no braço não dominante, seguindo técnicas padronizadas. A circunferência muscular do braço (CMB) foi calculada a partir dessas medidas e classificada conforme padrões de referência de Frisancho³⁸ e Blackburn³⁹ (anexo 5). A circunferência da panturrilha (CP) foi aferida no ponto de maior circunferência horizontal, conforme recomendado por Lohman⁴⁰.

4.9. Bioimpedância elétrica

A bioimpedância elétrica foi realizada utilizando aparelho portátil (Biodynamics 450®, EUA), seguindo protocolo padronizado (anexo 6). Foram obtidas as medidas de resistência (R), reatância (Xc) e ângulo de fase (AF). Pacientes portadores de cardiodesfibriladores implantáveis ou marcapasso não foram submetidos ao exame, devido à potencial interferência de implantes metálicos.

4.10. Avaliação da força muscular

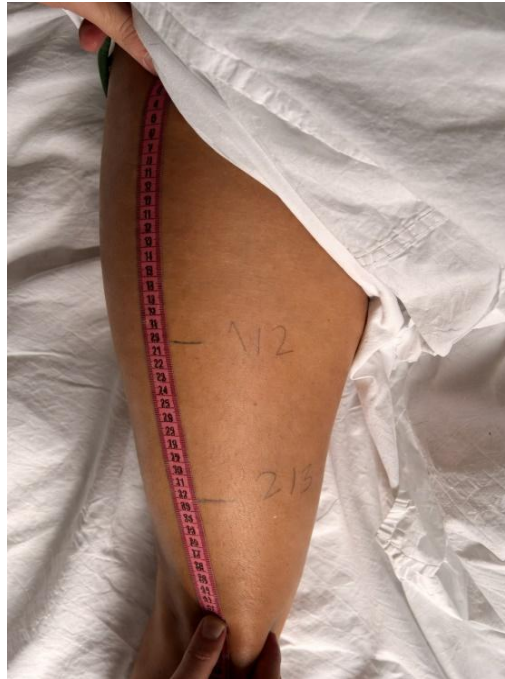
A força de preensão palmar foi avaliada por meio de dinamômetro (digital mod. DM-90), seguindo as recomendações da American Society of Hand Therapists⁴¹ (anexo 7). Foram realizadas três medidas da mão dominante, sendo considerada a maior. Os pontos de corte adotados para caracterizar fraqueza muscular foram <27 kg para homens e <16 kg para mulheres, segundo o *European Working Group on Sarcopenia*¹⁹.

4.11. Avaliação da musculatura por ultrassonografia

A espessura muscular do quadríceps foi avaliada por ultrassonografia utilizando equipamento portátil (SonoSite EDGE®, EUA) com transdutor linear de 6–13 MHz. As avaliações foram realizadas com os pacientes em posição supina, joelhos estendidos e relaxados, sem compressão do tecido muscular.

As medidas foram realizadas sempre pelo mesmo avaliador treinado. Foram avaliados dois pontos anatômicos de referência no quadríceps: o ponto localizado a dois-terços (2/3) da distância entre a crista ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela, e o ponto médio (1/2) entre essas estruturas (figura 2). A espessura muscular foi mensurada entre a margem superior do osso femoral e a borda inferior da fáscia profunda do músculo reto femoral (figura 3 e 4). O valor final correspondeu à média das medidas obtidas. Esses pontos foram escolhidos por apresentarem boa reprodutibilidade e correlação com a massa muscular.

Figura 2 - Referências anatômicas e pontos de marcação para a ultrassonografia muscular de quadríceps



Figuras 3 e 4 - Imagens ultrassonográficas transversais do músculo quadríceps nos dois pontos de referência anatômicos

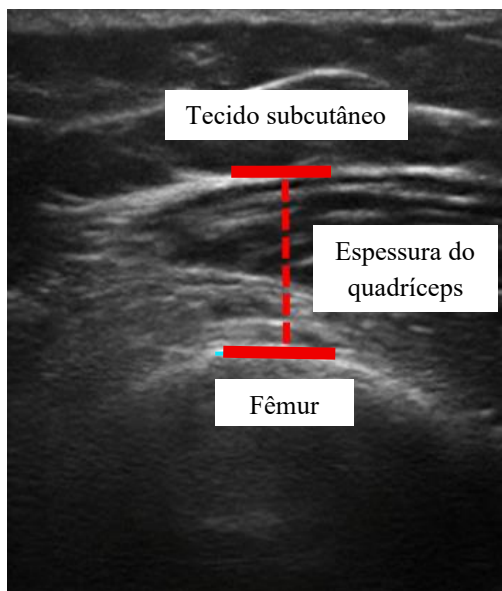


Figura 3. Imagem ultrassonográfica em corte transversal do músculo quadríceps, obtida no ponto 2/3 da distância entre a crista ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela, evidenciando o tecido subcutâneo, a espessura do músculo quadríceps e o fêmur.

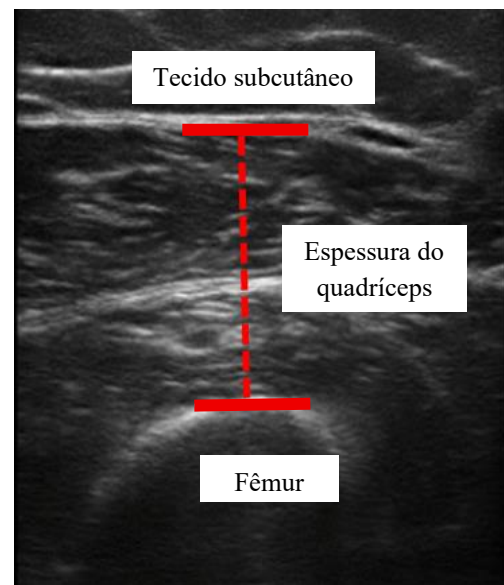


Figura 4. Imagem ultrassonográfica em corte transversal do músculo quadríceps, obtida no ponto 1/2 da distância entre a crista ilíaca ântero-superior e a borda superior da patela, evidenciando o tecido subcutâneo, a espessura do músculo quadríceps e o fêmur.

4.12. Análise estatística

Para a análise dos dados, as variáveis quantitativas foram testadas quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância por meio do teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados de continuidade foram apresentados por média e desvio padrão (\pm) quando as variáveis aderiram ao teste de normalidade; quando não normais, foram apresentadas por mediana e intervalo interquartil (Q1-Q3).

As variáveis categóricas foram apresentadas por meio de frequência absoluta (n) e relativa (%). A relação entre variáveis quantitativas (como parâmetros de ultrassonografia, força muscular e ângulo de fase) foi avaliada por meio do coeficiente de correlação de Spearman (ρ). Para a análise das variáveis contínuas com medidas repetidas ao longo do tempo, foram ajustados Modelos Lineares de Efeitos Mistos (LMM), assumindo distribuição Gaussiana para a variável resposta.

A adequação dos modelos ajustados foi verificada por meio de diagnóstico de resíduos. Os pressupostos de validação foram atendidos satisfatoriamente, conforme indicado pelos testes de uniformidade dos resíduos (Kolmogorov-Smirnov), dispersão correta dos dados, ausência de outliers significativos e homogeneidade de variância.

Para identificar preditores de desfechos clínicos, foram empregados modelos de regressão logística, com resultados expressos em Odds Ratio (OR) e intervalo de confiança. A acurácia diagnóstica da espessura muscular para predição de mortalidade foi avaliada por meio de curvas ROC (Receiver Operating Characteristic), calculando-se a Área Sob a Curva (AUC), sensibilidade, especificidade e pontos de corte.

O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$ e intervalo de confiança de 95%. Todas as análises foram realizadas no software RStudio® versão 2024.04.2+764.

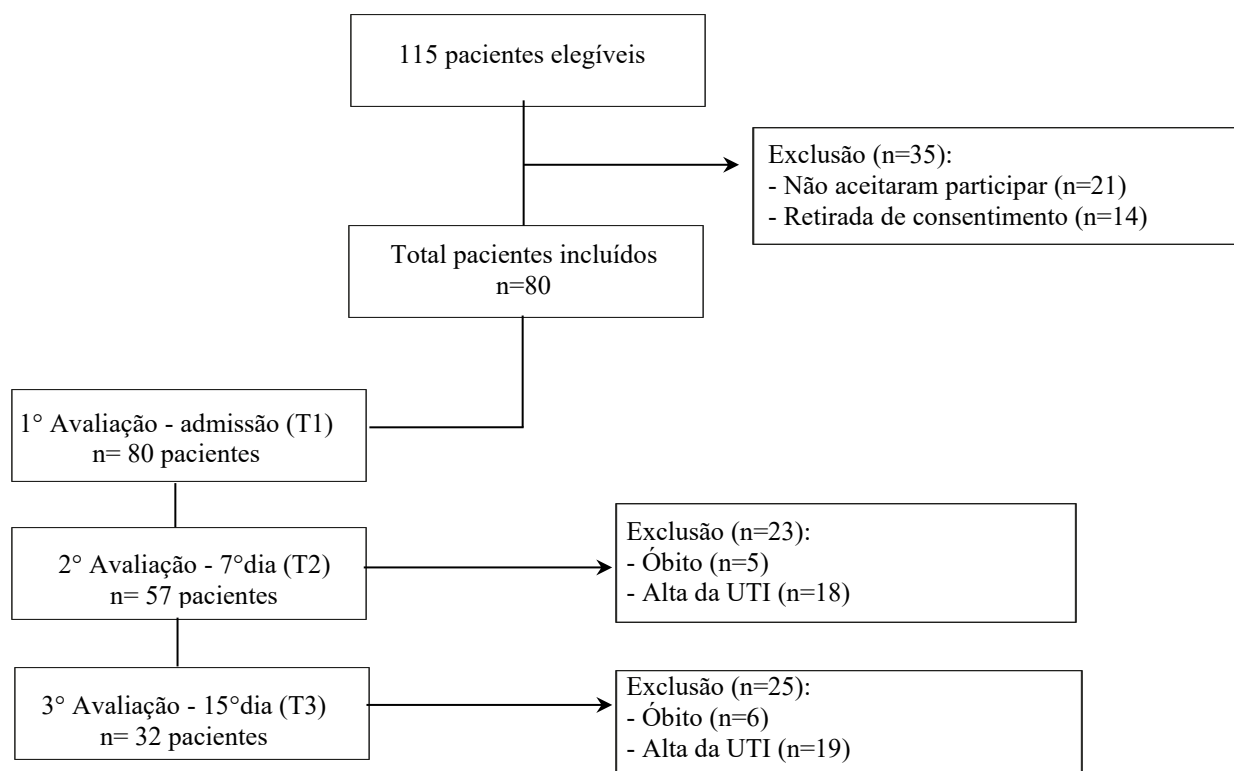
5. RESULTADOS

5. Resultados

5.1. Caracterização da amostra

Foram incluídos 80 pacientes com diagnóstico de insuficiência cardíaca grave internados em unidade de terapia intensiva (figura 5). A idade mediana foi de 56 anos (IIQ: 47,5–63,5), com predomínio de adultos (65%) em relação aos idosos (35%), os pacientes com 60 anos ou mais foram considerados idosos conforme classificação da OMS³⁶. Observou-se maior frequência do sexo masculino (60%) (tabela 1).

Figura 5 - Fluxograma de inclusão e acompanhamento dos pacientes



UTI= Unidade de Terapia Intensiva; T1= 1º avaliação na admissão ao protocolo; T2= 2º avaliação no 7º dia de inclusão no protocolo; T3= 3º avaliação no 15º dia de inclusão no protocolo.

Quanto à etiologia da insuficiência cardíaca, as formas idiopática (30%), dilatada não isquêmica (26,3%) e isquêmica (22,5%) foram as mais prevalentes, seguidas pela etiologia chagásica (10%). As comorbidades foram frequentes, destacando-se hipertensão arterial

sistêmica (42,5%) e diabetes mellitus (35%). A prevalência de dislipidemia foi de 22,5% e o tabagismo atual foi relatado por 12,5% dos pacientes (tabela 1).

Tabela 1. Características sociodemográficas e clínicas basais dos pacientes na admissão

Variável	n = 80
Idade (anos) mediana (Q1- Q3)	56,00 (47,50 - 63,50)
Faixa etária n (%)	
<i>Adulto</i>	52 (65,00%)
<i>Idoso</i>	28 (35,00%)
Sexo n (%)	
<i>Masculino</i>	48 (60,00%)
<i>Feminino</i>	32 (40,00%)
Raça n (%)	
<i>Branca</i>	47 (58,75%)
<i>Parda</i>	16 (20,00%)
<i>Preta</i>	17 (21,25%)
Etiologia da insuficiência cardíaca n (%)	
<i>Idiopática</i>	24 (30,00%)
<i>Dilatada não isquêmica</i>	21 (26,25%)
<i>Isquêmica</i>	18 (22,50%)
<i>Chagas</i>	8 (10,00%)
<i>Cardiomiopatia alcoólica/tóxica/drogas</i>	6 (7,50%)
<i>Periparto</i>	3 (3,75%)
Diabetes mellitus n (%)	
<i>Não</i>	52 (65,00%)
<i>Sim</i>	28 (35,00%)
Hipertensão arterial sistêmica n (%)	
<i>Não</i>	45 (56,96%)
<i>Sim</i>	34 (43,04%)
Dislipidemia n (%)	
<i>Não</i>	62 (77,50%)
<i>Sim</i>	18 (22,50%)
Disfunção renal n (%)	
<i>Não</i>	71 (88,75%)
<i>Sim</i>	9 (11,25%)
Tabagismo n (%)	
<i>Não</i>	70 (87,50%)
<i>Sim</i>	10 (12,50%)
Etilismo n (%)	
<i>Não</i>	77 (96,25%)
<i>Sim</i>	3 (3,75%)

Os pacientes apresentaram disfunção ventricular esquerda importante, com fração de ejeção (FEVE) mediana de 25% (IIQ: 20,0–30,0) e níveis elevados de peptídeo natriurético tipo B (BNP) (mediana: 1.367,5 pg/mL). O suporte hemodinâmico foi intensivo, com uso de drogas vasoativas em 87,5% dos casos (principalmente dobutamina em 83,8%) e balão intra-aórtico em 20% (tabela 2).

Tabela 2. Características clínicas, laboratoriais e suporte terapêutico dos pacientes

Variável	n = 80
FEVE (%) _{mediana (Q1- Q3)}	25,00 (20,00 - 30,00)
BNP (pg/mL) _{mediana (Q1-Q3)}	1,367,50 (682,50 - 2.591,00)
Cardioversor-desfibrilador implantável/ Marcapasso _{n (%)}	
<i>Não</i>	72 (90,00%)
<i>Sim</i>	8 (10,00%)
Creatinina sérica (mg/dL) _{mediana (Q1-Q3)}	1,35 (1,00 - 1,94)
Ureia sérica (mg/dL) _{mediana (Q1- Q3)}	49,50 (33,00 - 85,50)
Sódio _{média ± SD}	135,5 ± 4,56
Intubação orotraqueal _{n (%)}	
<i>Não</i>	71 (88,75%)
<i>Sim</i>	9 (11,25%)
Tempo de IOT (dias) _{mediana (Q1- Q3)}	4 (3,00 - 7,00)
Uso de droga vasoativa _{n (%)}	
<i>Não</i>	10 (12,50%)
<i>Sim</i>	70 (87,50%)
Dobutamina _{n (%)}	
<i>Não</i>	13 (16,25%)
<i>Sim</i>	67 (83,75%)
Noradrenalina _{n (%)}	
<i>Não</i>	72 (90,00%)
<i>Sim</i>	8 (10,00%)
Nitroprussiato _{n (%)}	
<i>Não</i>	49 (61,25%)
<i>Sim</i>	31 (38,75%)
Vasopressina _{n (%)}	
<i>Não</i>	77 (96,25%)
<i>Sim</i>	3 (3,75%)
Balão intra-aórtico _{n (%)}	
<i>Não</i>	64 (80,00%)
<i>Sim</i>	16 (20,00%)
Tempo de uso do BIA (dias) _{mediana (Q1- Q3)}	34,50 (27,00 - 41,00)
Terapia de substituição renal _{n (%)}	
<i>Não</i>	73 (91,25%)
<i>Sim</i>	7 (8,75%)

FEVE = fração de ejeção do ventrículo esquerdo; BNP = peptídeo natriurético tipo B; IOT = intubação orotraqueal; BIA = balão intra-aórtico

5.2. Estado nutricional e composição corporal na admissão

Na admissão, a avaliação antropométrica revelou um IMC mediano de 24,27 kg/m² (IIQ: 21,95–28,40), embora 42,5% estivessem em eutrofia, houve uma polarização nutricional: 17,5% apresentavam baixo peso, enquanto 40,0% tinham excesso de peso (23,8% sobrepeso e 16,3% obesidade) (tabela 3).

A avaliação subjetiva global identificou algum grau de desnutrição em 32,5% da amostra, sendo 25% moderadamente desnutridos e 7,5% gravemente desnutridos. Em relação à composição corporal e função muscular, observou-se um ângulo de fase mediano de 5,8°, força de prensão palmar mediana de 18,05 kg, com alta prevalência de fraqueza muscular

(73,75%) a espessura do quadríceps no ponto dois-terços (2/3) foi de 1,47 cm e 2,27 cm no ponto médio (1/2).

Tabela 3. Estado nutricional, composição corporal e parâmetros musculares dos pacientes na 1ª avaliação

Variável	n = 80
Peso (kg) mediana (Q1- Q3)	66,75 (59,50 - 81,00)
Altura (cm) média ± SD	167,20 ± 9,24
Índice de massa corporal (kg/m ²) mediana (Q1-Q3)	24,27 (21,95 - 28,40)
Classificação do IMC _n (%)	
<i>Baixo Peso</i>	14 (17,50%)
<i>Eutrofia</i>	34 (42,50%)
<i>Obesidade</i>	13 (16,25%)
<i>Sobrepeso</i>	19 (23,75%)
Pontuação da ASG mediana (Q1-Q3)	15,00 (8,00 - 18,00)
Classificação da ASG _n (%)	
<i>Bem nutrido</i>	54 (67,50%)
<i>Moderadamente desnutrido</i>	20 (25,00%)
<i>Gravemente desnutrido</i>	6 (7,50%)
Circunferência da panturrilha (cm) mediana (Q1-Q3)	32,85 (30,50 - 35,50)
Circunferência do braço (cm) média ± SD	27,42 ± 4,38
Adequação da CMB (%) mediana (Q1- Q3)	88,00 (79,40 - 101,00)
Classificação da CMB	
<i>Eutrofia</i>	34 (42,50%)
<i>Desnutrição Leve</i>	23 (28,75%)
<i>Desnutrição Moderada</i>	15 (18,75%)
<i>Desnutrição Grave</i>	8 (10,00%)
Ângulo de fase (°) mediana (Q1-Q3)	5,80 (4,80 - 6,95)
<i>Dados não disponíveis</i>	8
Força de preensão palmar (kg) mediana (Q1-Q3)	18,05 (12,30 - 25,06)
Fraqueza muscular _n (%)	
<i>Sim</i>	59 (73,75%)
<i>Não</i>	21 (26,25%)
Espessura muscular do quadríceps - ponto 2/3 (cm) mediana (Q1-Q3)	1,47 (1,22 - 1,75)
Espessura muscular do quadríceps – ponto 1/2 (cm) mediana (Q1-Q3)	2,27 (1,87 - 2,77)

IMC = índice de massa corporal; ASG = avaliação subjetiva global; CMB = circunferência muscular do braço.

5.3. Evolução longitudinal do estado nutricional e muscular

A análise longitudinal (tabela 4) evidenciou deterioração progressiva do estado nutricional e da massa muscular ao longo do seguimento.

Em comparação a 1ª avaliação (T1), os pacientes apresentaram uma redução média de peso de 2,90 kg no T2 (IC 95%: -3,80; -2,00; p < 0,001) e de 3,80 kg no T3 (IC 95%: -4,94; -

2,67; $p < 0,001$). Consequentemente, o IMC reduziu significativamente em ambos os momentos subsequentes ($p < 0,001$). A deterioração do estado nutricional foi corroborada pelo aumento progressivo na pontuação da ASG, com um incremento médio de 3,36 pontos no T3 em relação ao basal (IC 95%: 2.45; 4.26; $p < 0,001$) (tabela 4).

Houve redução estatisticamente significativa na circunferência da panturrilha e na circunferência do braço em todos os tempos avaliados ($p < 0,001$). a adequação da circunferência muscular do braço (CMB) também reduziu significativamente, caindo em média 3,06 pontos percentuais no T3 (IC 95%: -5.22; -0.91; $p = 0,006$).

A força de preensão palmar, não sofreu alterações significativas ao longo do tempo (T2: $p = 0,520$; T3: $p = 0,975$). Da mesma forma, o ângulo de fase permaneceu estável durante o período de acompanhamento ($p > 0,05$).

A análise da musculatura a partir da ultrassonografia revelou atrofia progressiva (figuras 6-7). A espessura do músculo quadríceps (avaliada no ponto 2/3) apresentou redução significativa de 0,13 cm no T2 e 0,26 cm no T3 ($p < 0,001$). Resultados similares foram observados para a espessura no ponto 1/2 ($p < 0,001$) (tabela 4).

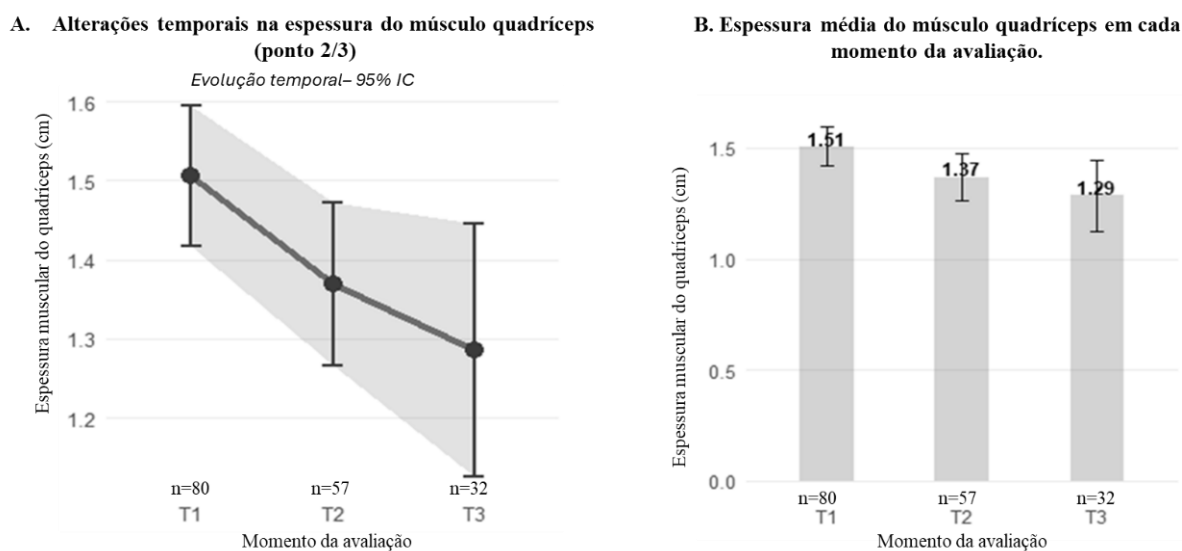
Tabela 4. Evolução temporal dos parâmetros nutricionais, antropométricos, funcionais e ultrassonográficos ao longo da internação

Variável	Tempo	n	Mediana [IQR]	β (IC 95%)	p-valor
Peso (kg)	T1	80	66,75 [59,75 - 81,00]	-	-
	T2	57	65,00 [56,00 - 78,00]	-2,90 (-3,80; -2,00)	< 0,001
	T3	32	67,75 [59,00 - 81,20]	-3,80 (-4,94; -2,67)	< 0,001
IMC (kg/m ²)	T1	80	24.27 [21.98 - 28.25]	-	-
	T2	57	23.70 [20.20 - 26.70]	-0.99 (-1.32; -0.65)	< 0.001
	T3	32	24.15 [22.17 - 27.20]	-1.33 (-1.76; -0.90)	< 0.001
ASG – Pontuação	T1	80	15,00 [8,00 - 18,00]	-	-
	T2	57	16,00 [11,00 - 19,00]	1,41 (0,69; 2,13)	< 0,001
	T3	32	16,50 [14,75 - 20,00]	3,36 (2,45; 4,26)	< 0,001
Circunferência da Panturrilha (cm)	T1	80	32,85 [30,50 - 35,50]	-	-
	T2	57	31,00 [29,50 - 34,50]	-1,00 (-1,50; -0,50)	< 0,001
	T3	32	32,00 [30,00 - 34,62]	-1,96 (-2,59; -1,33)	< 0,001
Circunferência do Braço (cm)	T1	80	27,50 [24,50 - 30,00]	-	-
	T2	57	27,00 [24,20 - 28,50]	-0,76 (-1,11; -0,41)	< 0,001
	T3	32	27,00 [25,38 - 30,00]	-0,91 (-1,36; -0,47)	< 0,001
Adequação da CMB (%)	T1	80	88,00 [79,60 - 101,00]	-	-
	T2	57	87,00 [78,00 - 100,00]	-2,16 (-3,90; -0,43)	0,015
	T3	32	92,00 [80,00 - 101,00]	-3,06 (-5,22; -0,91)	0,006

Variável	Tempo	n	Mediana [IQR]	β (IC 95%)	p-valor
Ângulo de Fase (°)	T1	72	5,80 [4,80 - 6,93]	-	-
	T2	50	5,85 [4,82 - 7,35]	0,65 (-0,68; 1,97)	0,337
	T3	27	5,60 [4,55 - 6,35]	-0,67 (-2,30; 0,95)	0,413
Força de Prensão Palmar (kg)	T1	80	18,05 [12,30 - 25,03]	-	-
	T2	57	19,40 [11,47 - 26,00]	0,30 (-0,63; 1,23)	0,520
	T3	32	18,80 [14,00 - 27,15]	-0,02 (-1,18; 1,14)	0,975
Espessura Quadríceps ponto 2/3 (cm)	T1	80	1,47 [1,22 - 1,74]	-	-
	T2	57	1,25 [1,10 - 1,66]	-0,13 (-0,19; -0,08)	< 0,001
	T3	32	1,19 [1,00 - 1,63]	-0,26 (-0,33; -0,19)	< 0,001
Espessura Quadríceps ponto 1/2 (cm)	T1	80	2,27 [1,89 - 2,76]	-	-
	T2	57	1,90 [1,61 - 2,31]	-0,26 (-0,35; -0,17)	< 0,001
	T3	32	1,88 [1,48 - 2,29]	-0,38 (-0,49; -0,27)	< 0,001

IQR = intervalo interquartil; β = coeficiente de regressão (estimativa de mudança em relação ao T1); T1 = 1° avaliação; T2 = 2° avaliação; T3 = 3° avaliação; IMC = índice de massa corporal; ASG = avaliação subjetiva global; CMB = circunferência muscular do braço.

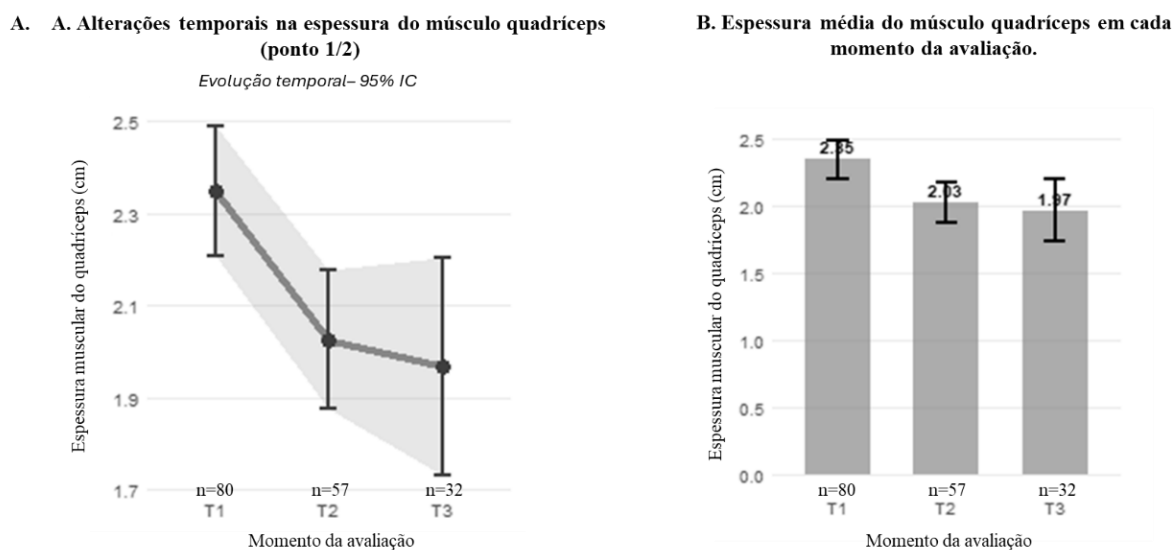
Figura 6 - Evolução temporal da espessura do quadríceps no ponto dois-terços (2/3) ao longo das avaliações



O gráfico A mostra a média com intervalo de confiança de 95%. O gráfico B apresenta os valores médios por tempo de avaliação.

T1= 1° avaliação na admissão ao protocolo; T2= 2° avaliação no 7º dia de inclusão no protocolo; T3= 3° avaliação no 15º dia de inclusão no protocolo; n= número de pacientes.

Figura 7 - Evolução temporal da espessura do quadríceps no ponto médio (1/2) ao longo das avaliações



O gráfico A mostra a média com intervalo de confiança de 95%. O gráfico B apresenta os valores médios por tempo de avaliação.

T1= 1ª avaliação na admissão ao protocolo; T2= 2ª avaliação no 7º dia de inclusão no protocolo; T3= 3ª avaliação no 15º dia de inclusão no protocolo; n= número de pacientes

5.4. Desfechos clínicos

O tempo mediano de permanência na UTI foi de 13 dias, 45,8% dos pacientes apresentaram algum tipo de infecção ao longo da internação. A taxa de mortalidade hospitalar foi de 38,8% (n=31), enquanto 43,8% (n=35) receberam alta e 3,8% foram submetidos a transplante cardíaco (tabela 5).

Tabela 5. Desfechos clínicos e tempo de internação dos pacientes com insuficiência cardíaca internados em unidade de terapia intensiva

Variável	n = 80
Tempo de permanência na UTI (dias) mediana (Q1- Q3)	13,00 (6,50 - 25,00)
Tempo de internação hospitalar total (dias) mediana (Q1- Q3)	26,00 (14,00 - 45,50)
Infecção adquirida na UTI n (%)	
<i>Não</i>	45 (56,25%)
<i>Sim</i>	35 (43,75%)
Infecção respiratória n (%)	
<i>Não</i>	63 (78,75%)
<i>Sim</i>	17 (21,25%)
Infecção de corrente sanguínea n (%)	
<i>Não</i>	65 (81,25%)
<i>Sim</i>	15 (18,75%)
Infecção do trato urinário n (%)	
<i>Não</i>	67 (83,75%)
<i>Sim</i>	13 (16,25%)

Variável		n = 80
Infecção de ferida _{n (%)}	<i>Não</i>	77 (96,25%)
	<i>Sim</i>	3 (3,75%)
Desfecho final _{n (%)}	<i>Alta</i>	35 (43,75%)
	<i>Óbito</i>	31 (38,75%)
	<i>Transferência</i>	11 (13,75%)
	<i>Transplante Cardíaco</i>	3 (3,75%)

UTI = unidade de terapia intensiva

5.5. Mortalidade hospitalar

Na análise univariada (tabela 6), diversos parâmetros antropométricos da 1ª avaliação (T1) associaram-se ao óbito, incluindo IMC, circunferências e adequação da CMB.

Entretanto, o preditor de maior magnitude foi a espessura do quadríceps (ponto 2/3) no momento da admissão (T1), que apresentou associação estatisticamente significativa com mortalidade (OR = 0,56; p = 0,005). Outros marcadores musculares, como força de preensão palmar e ângulo de fase, não demonstraram associação significativa com o desfecho.

Tabela 6. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à mortalidade hospitalar

Variável	n	OR	IC 95%	p-valor
Peso (kg)	80	1,03	1,00 - 1,06	0,062
IMC (kg/m ²)	80	1,10	1,01 - 1,22	0,030
ASG (pontos)	80	0,93	0,80 - 1,03	0,057
Circunferência Panturrilha (cm)	80	1,17	1,04 - 1,34	0,008
Circunferência Braço (cm)	80	1,15	1,03 - 1,31	0,011
Adequação CMB (%)	80	1,03	1,00 - 1,07	0,023
Ângulo de Fase (°)	72	0,89	0,67 - 1,11	0,327
Força de Preensão Palmar (kg)	80	1,03	0,98 - 1,08	0,257
Espessura Quadríceps 2/3 (cm)	80	0,56	0,04 - 0,60	0,005
Espessura Quadríceps 1/2 (cm)	80	0,98	0,75 - 3,11	0,248

IC = intervalo de confiança, OR = *odds ratio*; IMC = índice de massa corporal; ASG = avaliação subjetiva global; CMB = circunferência muscular do braço.

Na análise multivariada (tabela 7), após ajuste para variáveis clínicas e laboratoriais, a espessura do quadríceps manteve-se como o único preditor independente de óbito, com discreta alteração da magnitude da associação, o *odds ratio* passando de 0,56 na análise univariada para 0,54 na multivariada (IC 95%: 0,38 – 0,91; p = 0,012).

Tabela 7. Análise univariada e multivariada dos fatores associados à mortalidade hospitalar

Variável	Análise Univariada				Análise Multivariada		
	n	OR	IC 95%	p-valor	OR	IC 95%	p-valor
IDADE	80	1,00	0,97 - 1,04	0,992	1,00	0,97 - 1,05	0,808
EQ_2/3	80	0,56	0,04 - 0,60	0,005	0,54	0,38 - 0,91	0,012
FEVE	80	0,96	0,91 - 1,01	0,115	0,96	0,90 - 1,01	0,180
BNP	80	1,00	1,00 - 1,00	0,457	1,00	1,00 - 1,00	0,443
SÓDIO	80	1,06	0,96 - 1,18	0,253	1,04	0,94 - 1,17	0,432

IC = intervalo de confiança; OR = *odds ratio*; EQ = espessura do quadríceps; FEVE = fração de ejeção do ventrículo esquerdo; BNP = peptídeo natriurético tipo B.

5.6. Intubação Orotraqueal (IOT)

A análise univariada dos parâmetros avaliados no momento da admissão (T1) identificou apenas a circunferência da panturrilha (CP), uma variável antropométrica, com associação estatisticamente significativa com o desfecho de IOT (tabela 8).

Tabela 8. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à necessidade de intubação orotraqueal durante a internação

Variável (T1)	n	OR	IC 95%	p-valor
Peso (kg)	80	1,03	0,99 - 1,07	0,114
IMC (kg/m ²)	80	1,12	0,98 - 1,27	0,086
ASG (pontos)	80	0,92	0,80 - 1,03	0,136
Circunferência Panturrilha (cm)	80	1,20	1,03 - 1,44	0,021
Circunferência Braço (cm)	80	1,08	0,92 - 1,27	0,350
Adequação CMB (%)	80	1,00	0,96 - 1,04	0,888
Ângulo de Fase (°)	72	0,82	0,48 - 1,17	0,324
Força de Preensão Palmar (kg)	80	1,02	0,96 - 1,09	0,468
Espessura Quadríceps ponto 2/3 (cm)	80	3,30	0,67 - 16,0	0,137
Espessura Quadríceps ponto 1/2 (cm)	80	1,62	0,56 - 4,54	0,360

IC = intervalo de confiança; OR = *odds ratio*; IMC = índice de massa corporal; ASG = avaliação subjetiva global; CMB = circunferência muscular do braço.

5.7. Transplante cardíaco

A análise univariada dos parâmetros avaliados no momento da admissão (T1) não identificou nenhum preditor antropométrico, funcional ou de composição corporal com associação estatisticamente significativa com o desfecho de transplante cardíaco (tabela 9).

Tabela 9. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à realização de transplante cardíaco

Variável (T1)	n	OR	IC 95%	p-valor
Peso (kg)	80	1,00	0,93 - 1,07	0,950
IMC (kg/m ²)	80	1,01	0,79 - 1,24	0,928
ASG (pontos)	80	0,93	0,75 - 1,13	0,488
Circunferência Panturrilha (cm)	80	0,91	0,65 - 1,20	0,551
Circunferência Braço (cm)	80	0,86	0,64 - 1,12	0,265
Adequação CMB (%)	80	0,97	0,89 - 1,04	0,479
Ângulo de Fase (°)	72	0,87	0,36 - 1,38	0,669
Força de Preensão Palmar (kg)	80	1,03	0,92 - 1,14	0,542
Espessura Quadríceps ponto 2/3 (cm)	80	0,54	0,01 - 8,11	0,694
Espessura Quadríceps ponto 1/2 (cm)	80	0,65	0,07 - 3,78	0,655

IC = intervalo de confiança, OR = *odds ratio*; IMC = índice de massa corporal; ASG = avaliação subjetiva global; CMB = circunferência muscular do braço.

5.8. Infecção Hospitalar

Observou-se que cada incremento unitário no IMC na admissão esteve associado a um aumento de 11% na probabilidade de desenvolvimento de infecção (OR = 1,11; IC 95%: 1,01–1,25; p = 0,029). Adicionalmente, a adequação da CMB apresentou-se como um preditor estatisticamente significativo para o referido desfecho (OR = 1,03; IC 95%: 1,00–1,06; p = 0,032). Os demais parâmetros, não evidenciaram associação estatisticamente significativa com o desenvolvimento de infecção (tabela 10).

Tabela 10. Análise univariada dos parâmetros nutricionais na admissão associados à ocorrência de infecção hospitalar

Variável (T1)	n	OR	IC 95%	p-valor
Peso (kg)	80	1,02	0,99 - 1,04	0,249
IMC (kg/m ²)	80	1,08	0,99 - 1,19	0,029
ASG (pontos)	80	0,99	0,92 - 1,06	0,701
Circunferência Panturrilha (cm)	80	1,04	0,93 - 1,16	0,471
Circunferência Braço (cm)	80	1,01	0,91 - 1,12	0,799
Adequação CMB (%)	80	1,03	1,00 - 1,06	0,032
Ângulo de Fase (°)	72	0,87	0,66 - 1,08	0,214
Força de Preensão Palmar (kg)	80	0,96	0,91 - 1,01	0,084
Espessura Quadríceps ponto 2/3 (cm)	80	1,01	0,33 - 3,06	0,986
Espessura Quadríceps ponto 1/2 (cm)	80	1,01	0,50 - 2,02	0,975

IC = intervalo de confiança, OR = *odds ratio*; IMC = índice de massa corporal; ASG = avaliação subjetiva global; CMB = circunferência muscular do braço.

5.9. Correlações entre ultrassonografia muscular do quadríceps, força de preensão palmar e bioimpedância elétrica

A análise de correlação de Spearman demonstrou que, no momento da admissão (T1), o ângulo de fase apresentou correlação positiva moderada e estatisticamente significativa com a força de preensão palmar ($r = 0,441$; $p < 0,001$), adicionalmente, a medida do ultrassom no ponto médio demonstrou forte consistência interna ($r = 0,716$; $p < 0,001$). Após 7 dias de acompanhamento (T2), a correlação entre o ângulo de fase e a força de preensão palmar perdeu significância estatística ($r = 0,263$; $p > 0,05$), porém a correlação entre a medida do ultrassom permaneceu robusta. Na última avaliação (T3), o ângulo de fase passou a apresentar correlação positiva significativa com a espessura do quadríceps avaliada no ponto médio ($r = 0,415$; $p < 0,001$). Em todos os momentos avaliados, observou-se elevada consistência interna entre as medidas ultrassonográficas do quadríceps ($r = 0,809$; $p < 0,001$) (tabela 11; figuras 8–10).

Tabela 11. Correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de preensão palmar e bioimpedância elétrica nos diferentes momentos de avaliação

Matriz de Correlação – T1	AF T1	FPP T1	EQ 2/3 T1	EQ 1/2 T1
AF T1	1,000	NA	NA	NA
FPP T1	0,441*	1,000	NA	NA
EQ 2/3 T1	0,116	0,087	1,000	NA
EQ 1/2 T1	0,229	0,064	0,716*	1,000
Método: Spearman (n = 72)				
Matriz de Correlação - T2	AF T2	FPP T2	EQ 2/3 T2	EQ 1/2 T2
AF T2	1,000	NA	NA	NA
FPP T2	0,263	1,000	NA	NA
EQ 2/3 T2	0,051	0,111	1,000	NA
EQ 1/2 T2	0,154	0,192	0,787*	1,000
Método: Spearman (n = 49)				

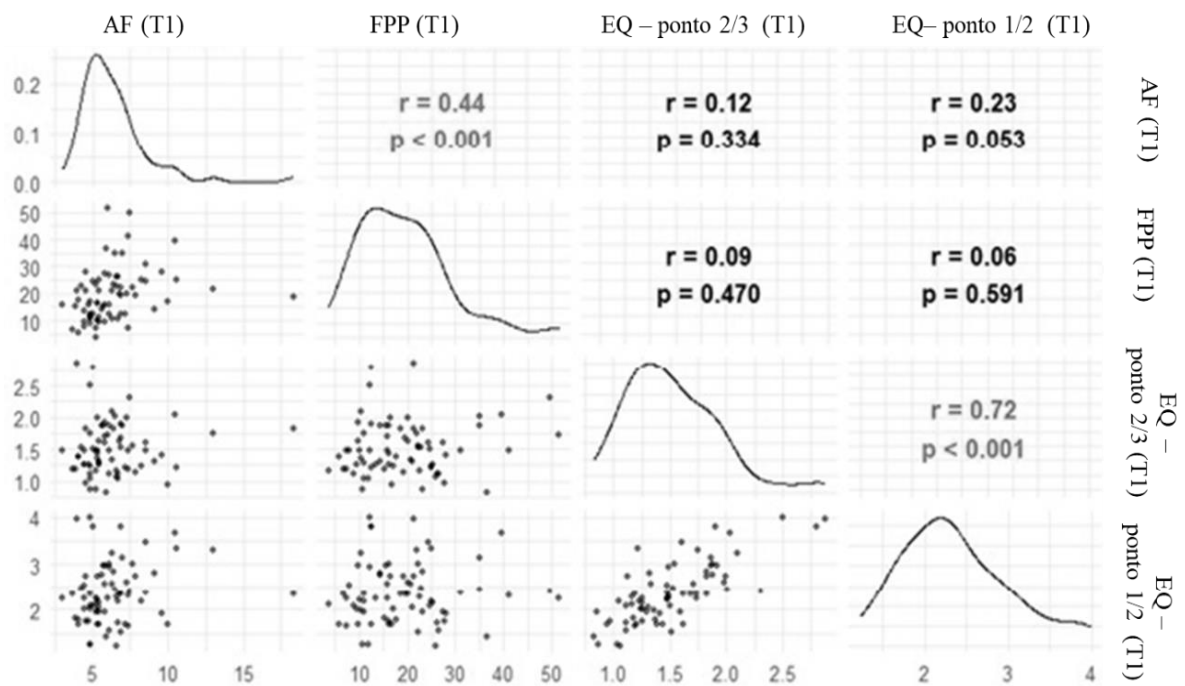
Matriz de Correlação – T3	AF T3	FPP T3	EQ 2/3 T3	EQ 1/2 T3
AF T3	1,000	NA	NA	NA
FPP T3	0,299	1,000	NA	NA
EQ 2/3 T3	0,246	0,274	1,000	NA
EQ 1/2 T3	0,415*	0,239	0,809*	1,000

Método: Spearman (n = 27)

* p < 0,05

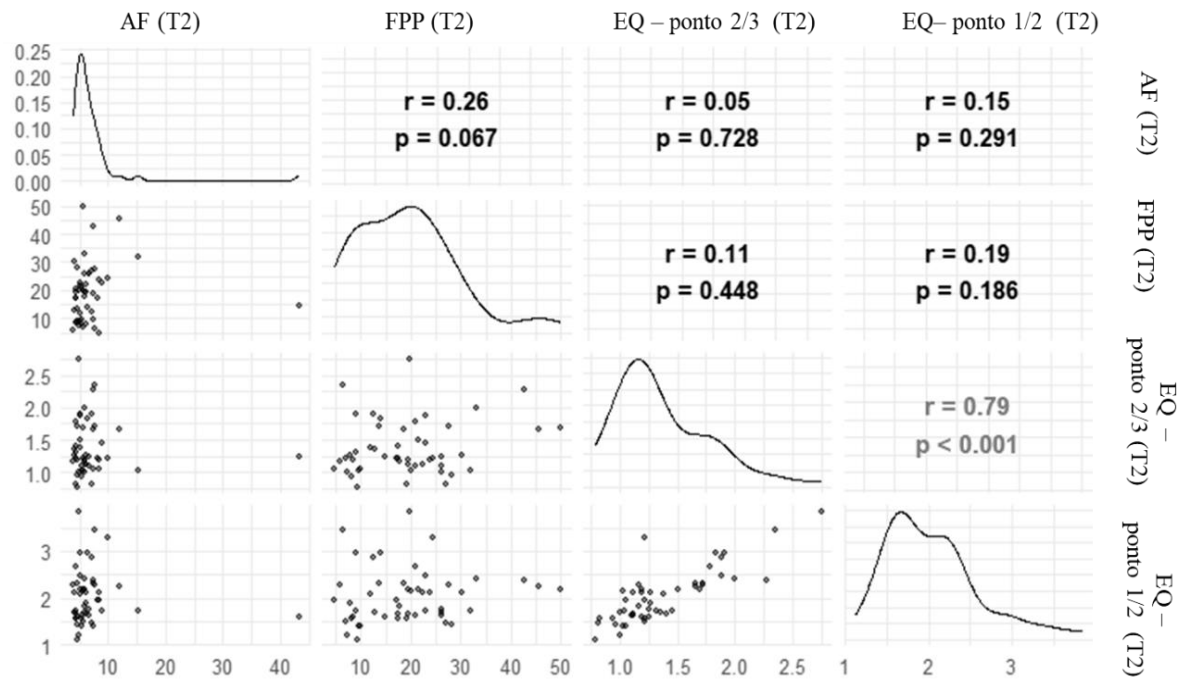
AF = ângulo de fase; FPP = força de prensão palmar; EQ = espessura do quadríceps; T1= 1º avaliação; T2 = 2º avaliação; T3 = 3º avaliação.

Figura 8 - Matriz de correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de prensão palmar e bioimpedância elétrica no 1º dia de acompanhamento (T1) usando a Correlação de Spearman



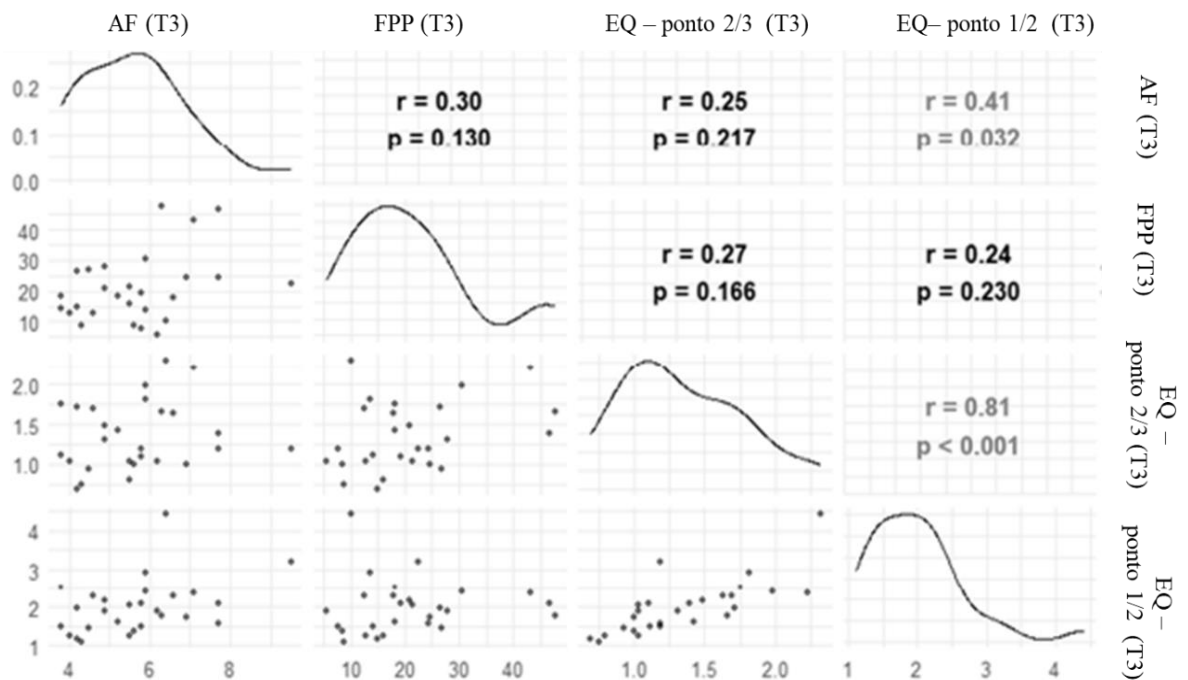
AF = ângulo de fase; FPP = força de prensão palmar; EQ= espessura do quadríceps; T1= 1º avaliação

Figura 9 - Matriz de correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de prensão palmar e bioimpedância elétrica no 7º dia de acompanhamento (T2) usando a Correlação de Spearman



AF = ângulo de fase, FPP = força de prensão palmar; EQ= espessura do quadríceps; T2= 2ª avaliação

Figura 10 - Matriz de correlação entre parâmetros da ultrassonografia, força de prensão palmar e bioimpedância elétrica no 15º dia de acompanhamento (T3) usando a Correlação de Spearman



AF = ângulo de fase, FPP = força de prensão palmar; EQ= espessura do quadríceps; T3= 3ª avaliação

5.10. Acurácia diagnóstica da ultrassonografia muscular

A análise da acurácia diagnóstica demonstrou que a espessura do músculo quadríceps avaliada por ultrassonografia no ponto 2/3 apresentou capacidade discriminatória progressivamente superior para a predição de mortalidade ao longo do tempo.

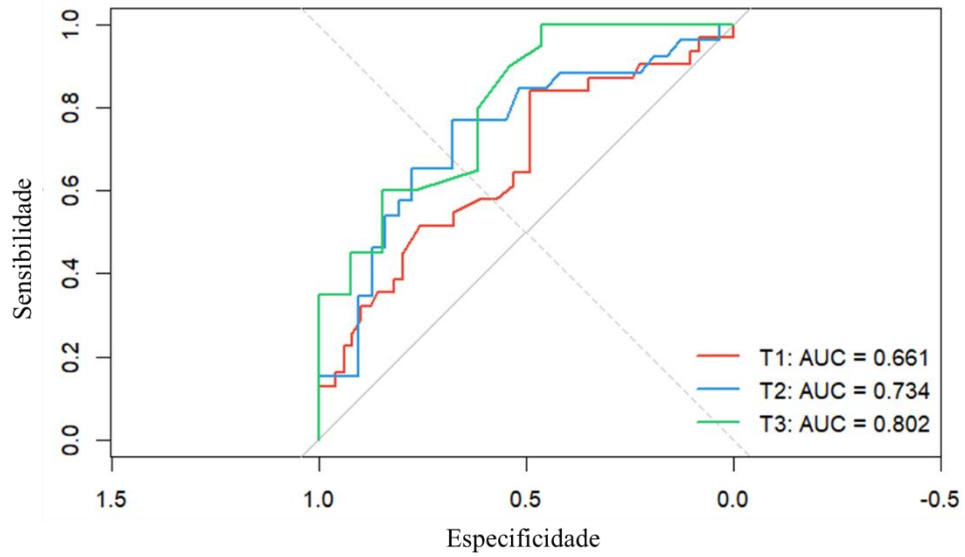
No momento da admissão (T1), observou-se desempenho moderado (AUC = 0,66; IC 95%: 0,535–0,787), com ponto de corte de 1,31 cm, elevada sensibilidade (83,87%), porém baixa especificidade (48,98%). Na segunda avaliação (T2), a capacidade preditiva aumentou (AUC = 0,73; IC 95%: 0,599–0,869), com melhor equilíbrio entre sensibilidade (76,92%) e especificidade (67,74%). Na última avaliação (T3), a medida alcançou desempenho excelente (AUC = 0,80; IC 95%: 0,646–0,958), com ponto de corte de 0,98 cm e sensibilidade de 100%, resultando na maior acurácia global observada (78,79%) (tabela 12; figura 11).

Tabela 12. Desempenho prognóstico da ultrassonografia do quadríceps no ponto 2/3 para predição de mortalidade hospitalar nos diferentes momentos da internação

Tempo	AUC ¹	IC 95%	Ponto de Corte (cm)	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)	Acurácia (%)
T1	0,66	0,535 - 0,787	1,31	83,87	48,98	62,50
T2	0,73	0,599 - 0,869	1,23	76,92	67,74	71,93
T3	0,80	0,646 - 0,958	0,98	100,00	46,15	78,79

AUC¹ = área sob a curva; IC = intervalo de confiança; T1 = 1º avaliação; T2 = 2º avaliação; T3 = 3º avaliação.

Figura 11 - Curva ROC e Métricas de Performance da ultrassonografia do quadríceps no ponto 2/3 durante a internação



AUC = área sob a curva; T1 = 1º avaliação; T2 = 2º avaliação; T3 = 3º avaliação.

6. DISCUSSÃO

6. Discussão

O presente estudo avaliou o estado nutricional, a composição corporal e a função muscular, bem como a sua evolução temporal, em pacientes com insuficiência cardíaca grave internados em uma unidade de terapia intensiva, além da associação desses parâmetros com desfechos clínicos relevantes.

Os principais achados demonstram a prevalência de comprometimento nutricional e muscular já na admissão, deterioração progressiva ao longo da internação e um papel prognóstico da musculatura esquelética, particularmente quando avaliada por ultrassonografia. Esses resultados reforçam a importância de uma abordagem dinâmica na avaliação nutricional e muscular em pacientes com insuficiência cardíaca avançada.

6.1. Perfil demográfico, etiológico e gravidade clínica

A população analisada neste estudo reflete um perfil característico de pacientes com IC avançada (tabela 1). Embora a mediana de idade (56 anos) seja inferior à observada em registros populacionais gerais, a literatura recente aponta para uma mudança demográfica na IC, caracterizada pelo acometimento de indivíduos mais jovens com alta carga de comorbidades metabólicas, como obesidade, diabetes e hipertensão³. Conrad et al.⁴² demonstram que as comorbidades crônicas são prevalentes nesse cenário, o que se alinha aos nossos achados. Observamos uma alta prevalência de diabetes (35%) e hipertensão arterial (42,5%), resultando na interação entre baixo débito cardíaco, resistência anabólica e alterações microvasculares⁴³.

Os dados da tabela 2 reforçam o fenótipo de alta gravidade clínica e dependência de suporte intensivo desta população. A FEVE reduzida (mediana 25%) associada a níveis elevados de BNP denota um estado de congestão hemodinâmica e estresse significativos. O uso de suporte inotrópico (87,5%), predominantemente dobutamina, sinaliza um cenário de baixo débito cardíaco persistente. Embora a dobutamina vise restaurar o volume sistólico, seu uso contínuo perpetua um estado de hipermetabolismo e intensa ativação neuro-hormonal, esse ambiente metabólico é altamente deletério, favorecendo a proteólise muscular e o catabolismo acelerado⁴⁴.

Adicionalmente, o uso do balão intra-aórtico em 20% da amostra, por um período prolongado (34,5 dias), impõe uma restrição severa à mobilidade no leito. O acesso vascular para a inserção da BIA é feito preferencialmente pela artéria femoral, isso faz com que os

pacientes permaneçam acamados, sem poder flexionar o quadril durante todo o período da terapia. Assim, a imobilidade forçada pelo dispositivo mecânico atua sinergicamente com o estado catabólico da IC, exacerbando a atrofia muscular por desuso⁴⁵.

6.2. Estado nutricional e composição corporal na admissão

Na admissão hospitalar, observou-se que uma proporção considerável de pacientes (40%) apresentava sobrepeso ou obesidade segundo o IMC (tabela 3). Embora o monitoramento do peso e do IMC sejam amplamente utilizados na rotina clínica, essas métricas falham em discriminar os compartimentos corporais (massa gorda, massa magra e água corporal total). Na IC, a hipervolemia atua como um importante viés de confusão, mascarando a depleção tecidual e limitando o valor prognóstico do IMC isolado⁴⁶.

Em contrapartida, a avaliação subjetiva global (ASG) identificou desnutrição em aproximadamente um terço da amostra (32,5%). Esse achado evidencia que métodos clínicos integrativos são mais sensíveis para detectar o real estado nutricional de pacientes hospitalizados. Nossos resultados corroboram a literatura prévia; estudos avaliando pacientes internados por IC (NYHA II-IV) relatam prevalências de desnutrição pela ASG variando entre 38,8% e 42,2% em grandes coortes^{47,48}. Tais dados demonstram a eficácia da ASG na detecção precoce da desnutrição e na identificação de pacientes de maior risco, reforçando a inadequação do IMC como marcador nutricional isolado neste cenário.

Para além da ASG, a avaliação antropométrica do compartimento muscular revelou um quadro ainda mais severo. A adequação da circunferência muscular do braço (CMB) indicou algum grau de depleção em 57,5% dos pacientes já na admissão. Funcionalmente, destacou-se a elevada prevalência de fraqueza muscular (73,75%), diagnosticada pela redução da força de preensão palmar. A dinapenia, componente central da sarcopenia, frequentemente precede a atrofia muscular, refletindo sua deterioração¹⁹.

Embora a perda muscular faça parte do processo inflamatório agudo, a imobilização, a idade, os medicamentos, as comorbidades, e a condição do músculo esquelético pré internação também influenciam o estado nutricional do paciente⁴⁹. Em conjunto, esses achados alinham-se às evidências de que a desnutrição e a perda de reserva muscular são altamente prevalentes na IC avançada, porém sistematicamente subdiagnosticadas quando a avaliação se restringe a indicadores ponderais^{23,48}.

6.3. Evolução longitudinal do estado nutricional e muscular

A tabela 4 demonstra a análise longitudinal, revelando uma deterioração progressiva e acelerada do estado nutricional e da massa muscular ao longo do seguimento. Observou-se declínio significativo nos parâmetros antropométricos clássicos (peso, IMC, circunferências periféricas e adequação da CMB) e agravamento na pontuação da ASG, refletindo a depleção contínua da composição corporal.

De forma mais objetiva e sensível, a ultrassonografia evidenciou atrofia progressiva do músculo quadríceps em ambos os pontos avaliados (figuras 6-7). Essa rápida perda de espessura muscular na terapia intensiva é multifatorial, sendo impulsionada pela imobilização no leito, déficits nutricionais e pelo intenso catabolismo inerente à doença crítica⁵⁰. Nossos achados corroboram dados da literatura, as revisões recentes apontam reduções de 15% a 30% na espessura muscular durante a internação em UTI⁵⁰, o que se alinha à taxa de atrofia muscular de 15% a 17% documentada neste estudo.

Em contraste com a acentuada perda estrutural, parâmetros como a força de preensão palmar (FPP) e o ângulo de fase permaneceram relativamente estáveis ao longo do acompanhamento. Essa aparente dissociação anátomo-funcional pode ser explicada por fatores biomecânicos e clínicos. A FPP avalia o membro superior que, mesmo em pacientes acamados, continua sendo estimulado por atividades diárias básicas (alimentação, reposicionamento no leito e fisioterapia motora). Turton et al.⁵¹ demonstraram que músculos que não suportam carga, como os membros superiores, são significativamente menos suscetíveis à atrofia rápida quando comparados aos músculos dos membros inferiores, que perdem subitamente a carga mecânica diária da marcha.

Além do fator biomecânico, a estabilidade da força de preensão pode refletir a recuperação neurológica e clínica do paciente ao longo da internação. À medida que o quadro hemodinâmico melhora, há uma otimização do recrutamento neural do paciente durante o teste, o que pode mascarar a perda de massa muscular subjacente⁵². A literatura estabelece que a relação entre massa e força muscular não é perfeitamente linear; alterações estruturais e funcionais podem ocorrer em ritmos e magnitudes distintos, tornando importante a avaliação combinada de ambos os domínios¹³.

Em nosso estudo, a preservação funcional inicial sugere que a degradação da arquitetura muscular ocorre de forma silenciosa e precoce, antecedendo o declínio neuromuscular mensurável. Na insuficiência cardíaca, as anormalidades na composição corporal, somadas à

inatividade física, são os principais fatores para o desenvolvimento de sarcopenia e caquexia⁵³. Portanto, os resultados demonstram que a ultrassonografia muscular é uma ferramenta particularmente sensível para monitorização longitudinal da massa muscular em pacientes com IC, permitindo a detecção precoce de alterações estruturais que nem sempre são captadas por métodos funcionais ou bioimpedância.

6.4. Tempo de internação e desfechos clínicos

Os dados apresentados na tabela 5 evidenciam uma permanência prolongada na UTI (13 dias) e longa internação hospitalar total (26 dias), além da elevada taxa de mortalidade hospitalar (38,75%). O tempo de internação total destoa das médias habituais e evidencia a gravidade clínica da amostra analisada, o Registro Brasileiro de Insuficiência Cardíaca Aguda (BREATHE), que mapeou o perfil de 1.263 pacientes em 51 centros no Brasil, identificou uma mediana de permanência hospitalar de 7 dias no panorama nacional⁵⁴.

O contraste expressivo entre a média nacional e os achados do presente estudo reflete o impacto direto das complicações intra-hospitalares e da refratariedade do quadro clínico, que prolongam o período de internação. Na prática assistencial, a transição da descompensação cardíaca isolada para a disfunção de múltiplos órgãos é o principal determinante do prolongamento da estadia na UTI⁵⁵.

Diante desse panorama, a longa permanência atua como um fator de risco independente para o declínio funcional e metabólico. Esses achados corroboram a literatura científica atual. Em um estudo epidemiológico multicêntrico, Zannad et al.⁵⁶ identificaram uma taxa de óbito semelhante (38,6%) em uma coorte de 111 pacientes previamente diagnosticados com insuficiência cardíaca congestiva classe funcional NYHA III-IV.

A partir dessa perspectiva, constata-se também uma elevada incidência de infecção adquirida na UTI (43,75%), com predominância de focos respiratórios e de corrente sanguínea. A literatura aponta que a infecção, particularmente no trato respiratório, atua como o principal fator precipitante de IC aguda⁵⁷. Sob essa ótica, a complexidade fisiopatológica se intensifica, Ferreira et al.⁵⁸ descrevem que a elevação dos níveis de BNP pode suprimir a função dos neutrófilos, em paralelo, a congestão pulmonar prejudica a depuração bacteriana e compromete os mecanismos de defesa local em pacientes com IC.

Consequentemente, as infecções constituem marcadores de gravidade e complexidade assistencial, contribuem para a piora do estado nutricional e a depleção de massa muscular.

Esse declínio clínico é impulsionado pela exacerbação da resposta inflamatória e aumento do catabolismo proteico, mecanismos amplamente reconhecidos na fisiopatologia do paciente crítico¹⁴.

6.5. Parâmetros nutricionais e musculares como preditores de mortalidade

Na análise dos preditores de mortalidade, observou-se uma associação paradoxal entre valores mais elevados de IMC, circunferências periféricas (CP e CB) e adequação da CMB com maior mortalidade hospitalar (tabela 6). Longe de sugerir um efeito protetor da desnutrição, esse achado corrobora a premissa de que, na IC avançada, o aumento dessas medidas pode refletir a gravidade da congestão sistêmica (anasarca) e não a preservação da massa magra. O edema atua como um viés de confusão, no qual o paciente mais 'pesado' ou com maiores circunferências é, frequentemente, o mais hipervolêmico e com pior prognóstico^{28,59}.

Esse fenômeno evidencia uma limitação crítica das medidas antropométricas tradicionais na avaliação prognóstica dos pacientes com IC grave, uma vez que tais parâmetros são incapazes de diferenciar a massa muscular funcional do aumento volumétrico secundário à congestão. Prado et al.⁶⁰ demonstraram que pacientes com IMC elevado, porém com baixa massa muscular, apresentam maior mortalidade. Isso sugere que um IMC aparentemente normal ou elevado pode mascarar uma severa depleção muscular subjacente. Dessa forma, valores antropométricos mais altos podem refletir predominantemente a sobrecarga volêmica e o pior estado hemodinâmico, falhando como indicadores de reserva nutricional.

Em contrapartida, a avaliação da musculatura a partir da ultrassonografia superou essas limitações. A espessura do músculo quadríceps, avaliada no ponto dois-terços no momento da admissão, revelou-se um preditor independente de óbito, mantendo sua significância estatística tanto na análise univariada quanto após o ajuste multivariado (tabela 7). Essa associação reforça a relevância clínica da espessura muscular como um marcador de risco intrínseco, independente das variáveis clínicas e hemodinâmicas tradicionais.

Nossos achados alinham-se a evidências recentes em populações críticas. Em um estudo prospectivo com 59 pacientes em UTI geral, Galindo et al.⁶¹ demonstraram que a espessura do reto femoral e do vasto intermédio na admissão constitui um marcador prognóstico independente de mortalidade, mesmo após ajuste para escores de gravidade da doença. De forma análoga, Hadda et al.⁶² avaliaram 70 pacientes sépticos e observaram que o declínio acelerado da espessura do quadríceps também se associou de forma independente ao óbito. Tais

dados consolidam o papel da massa muscular como um determinante dos desfechos clínicos na terapia intensiva.

Todavia, a força de preensão palmar e a bioimpedância elétrica não demonstraram o mesmo valor prognóstico em nosso estudo. A força de preensão palmar não se associou à mortalidade, achado que pode ser atribuído tanto a limitações de poder estatístico (tamanho da amostra) quanto aos desafios inerentes ao ambiente de terapia intensiva. Fatores como instabilidade hemodinâmica, uso de sedativos e delírio comprometem severamente a avaliação funcional confiável.

De forma semelhante, o ângulo de fase embora amplamente utilizado como marcador prognóstico em populações ambulatoriais, parece perder sensibilidade em pacientes críticos com IC. Nesse cenário, as flutuações hidroeletrólíticas e a inflamação sistêmica podem distorcer a bioimpedância elétrica^{29,46}. Em conjunto, esses resultados reforçam que, nas fases mais avançadas e instáveis da doença, a quantificação objetiva da integridade estrutural da musculatura via ultrassonografia pode ter maior relevância prognóstica do que medidas funcionais pontuais.

6.6. Outros desfechos: intubação orotraqueal, infecção e transplante cardíaco

Ao analisarmos os preditores nutricionais e de composição corporal associados à necessidade de IOT (tabela 8), observou-se que apenas a CP apresentou associação estatisticamente significativa com o desfecho (OR = 1,20; p=0,021). Na fisiopatologia da IC descompensada, o aumento isolado dessa circunferência pode refletir a exacerbação da estase venosa e do edema de membros inferiores, atuando como um marcador clínico de hipervolemia e congestão sistêmica. Conseqüentemente, pacientes com maior grau de congestão periférica apresentam risco elevado de desenvolver congestão pulmonar².

Em relação ao transplante cardíaco, não foram identificadas associações significativas com os parâmetros nutricionais e musculares avaliados (tabela 9). Este resultado é plausível, considerando que a realização do transplante envolve múltiplos fatores clínicos, hemodinâmicos e logísticos, não sendo determinada exclusivamente pelo estado nutricional ou muscular.

A tabela 10 demonstra o desenvolvimento de infecções hospitalares, observou-se associação com o IMC e com a adequação da CMB. Esse achado pode ser justificado por duas vias principais. Primeiramente, o aumento dessas variáveis antropométricas reflete, em grande

parte, a hipervolemia e o edema tecidual. A congestão sistêmica compromete a perfusão microvascular, prejudicando a integridade das barreiras fisiológicas e favorecendo tanto infecções relacionadas a dispositivos invasivos quanto a translocação bacteriana. Em segundo lugar, o IMC elevado pode refletir o excesso de adiposidade induzindo um estado pró-inflamatório crônico que desregula a resposta imune, aumentando a suscetibilidade a infecções^{63,64}.

6.7. Relação entre a ultrassonografia de quadríceps, a força de preensão palmar e a bioimpedância elétrica

A análise de correlação revelou uma importante dinâmica temporal entre os marcadores nutricionais e funcionais (tabela 11). No momento da admissão, o ângulo de fase correlacionou-se positivamente à força de preensão palmar, indicando que a integridade da membrana celular reflete a capacidade funcional inicial do paciente (figura 8). Este achado alinha-se aos conceitos do consenso europeu de sarcopenia¹⁹, que postula o declínio da força muscular como o primeiro indicativo de falência muscular, precedendo alterações estruturais severas.

Contudo, a perda da significância estatística dessa correlação ao longo da internação reflete a complexidade do ambiente de terapia intensiva (figura 9). A exacerbação aguda da IC, somada a intervenções terapêuticas e à fadiga refratária, compromete severamente a acurácia de testes como a força de preensão palmar, limitando seu uso como marcador de acompanhamento⁴⁸.

Em contrapartida, na avaliação final, o AF passou a se correlacionar significativamente com a espessura do quadríceps (figura 10). Essa transição sugere que, a longo prazo, e possivelmente após a otimização do balanço hídrico e redução da congestão sistêmica, o AF reflete com maior fidelidade a reserva estrutural muscular do que a função imediata. Essa premissa é sustentada por Yokomachi et al.⁶⁵, que, ao avaliarem 590 pacientes com doenças cardiovasculares, demonstraram que o AF é um preditor robusto de depleção muscular e desnutrição, inclusive na IC crônica.

Nossos achados corroboram investigações prévias^{66, 67} que validam o AF como um marcador independente de qualidade muscular. A modificação desse padrão de correlação ao longo do tempo evidencia que a utilidade clínica do AF é dinâmica e dependente do estágio clínico do paciente. Por fim, a elevada consistência interna entre as medidas ultrassonográficas

em todos os tempos de seguimento demonstra a alta reprodutibilidade e confiabilidade deste método para a quantificação da musculatura esquelética à beira-leito.

6.8. Acurácia diagnóstica da ultrassonografia muscular

Nossos achados evidenciam que a acurácia diagnóstica da ultrassonografia do quadríceps no ponto dois-terços apresenta uma capacidade discriminatória progressivamente superior para a predição de mortalidade ao longo da internação (tabela 12). O incremento da área sob a curva nas avaliações tardias sugere que a magnitude da perda muscular acumulada atua como um marcador definitivo de mau prognóstico clínico (figura 11).

Fisiologicamente, este declínio estrutural reflete a gravidade do estado crítico, conforme demonstrado por Tillquist et al.⁶⁸, a atrofia muscular na UTI é um fenômeno multifatorial, impulsionado pelo baixo débito cardíaco, e por fatores como imobilização, sepse, falência orgânica e inflamação sistêmica severa, que não apenas elevam o risco de óbito a curto prazo, mas também predispoem os sobreviventes a disfunções físicas prolongadas.

Neste contexto de alta vulnerabilidade, a elevada sensibilidade observada na avaliação tardia confere à ultrassonografia uma utilidade clínica como ferramenta de estratificação de risco, especialmente na identificação de fenótipos com evolução desfavorável. Corroborando essa premissa, Mueller et al.³⁴ demonstraram, em uma coorte prospectiva de pacientes críticos, que a sarcopenia e a fragilidade, quantificadas à beira-leito por ultrassonografia, são preditores independentes de desfechos adversos, reforçando a validade externa dos nossos achados para o ambiente de terapia intensiva.

A robustez da ultrassonografia como ferramenta prognóstica é ainda sustentada por sua correlação com métodos de imagem de referência. Embora a tomografia computadorizada (TC) seja o padrão-ouro para a quantificação da massa muscular, sua aplicação seriada na UTI é severamente limitada na prática clínica, estudos de validação atestam a viabilidade do ultrassom como método substituto^{69,70}.

Tourel et al.⁶⁹, ao avaliarem pacientes neurológicos na UTI, demonstraram um alto nível de concordância entre a ultrassonografia e a TC para a mensuração da espessura do quadríceps ($r = 0,93$; IC 95% 0,84–1,02). Resultados semelhantes foram reportados por Sabatino et al.⁷⁰ em pacientes com lesão renal aguda, confirmando a acurácia do método ultrassonográfico tanto em sítios de mensuração proximais quanto distais.

Portanto, a incorporação deste método na rotina hospitalar pode atender a necessidades clínicas fundamentais, segundo van Ruijven et al.⁷¹, a avaliação da massa muscular a partir da ultrassonografia cumpre dois objetivos primordiais: o diagnóstico transversal da reserva muscular admissional e o monitoramento longitudinal da depleção ou recuperação tecidual, viabilizando a análise da eficácia das intervenções terapêuticas.

7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS FUTURAS

7. Limitações do estudo e perspectivas futuras

Entre as limitações, trata-se de um estudo unicêntrico e de um tamanho amostral relativamente reduzido. Além disso, perdas de seguimento por óbito, alta ou transplante, embora esperadas nessa população, podem ter reduzido o poder estatístico para detectar maiores associações.

O estudo focou na espessura muscular, um marcador quantitativo de massa magra. Contudo, a literatura aponta que a qualidade muscular, avaliada pela ecogenicidade do tecido, pode ser tão ou mais determinante para o prognóstico funcional. A infiltração fibroadiposa substitui o tecido contrátil, aumentando a ecogenicidade mesmo antes da perda expressiva de volume.

Os resultados desta tese sugerem que a avaliação e o acompanhamento da musculatura esquelética, especialmente por meio da ultrassonografia, devem ser incorporados à prática clínica em pacientes com insuficiência cardíaca avançada. Diante desse panorama, destaca-se a condução de um estudo na mesma UTI, liderado pela equipe de fisioterapia, que investiga os efeitos da eletroestimulação neuromuscular do quadríceps femoral. A consolidação desses novos dados poderá corroborar as evidências aqui apresentadas, impulsionando melhorias diretas nos protocolos e na assistência multidisciplinar ao paciente.

8. CONCLUSÃO

8. Conclusão

Os pacientes com insuficiência cardíaca grave internados em unidade de terapia intensiva apresentam deterioração progressiva do estado nutricional e perda muscular ao longo da internação. O principal achado foi que a reserva muscular avaliada na admissão, especialmente por meio da ultrassonografia do quadríceps, constitui um determinante prognóstico de mortalidade. A ultrassonografia muscular mostrou-se uma ferramenta sensível, reprodutível e clinicamente aplicável à beira-leito, capaz de identificar precocemente pacientes com maior risco, mesmo em um contexto de elevada complexidade clínica, com potencial transformador para complementar a avaliação nutricional e refinar o prognóstico de pacientes com insuficiência cardíaca grave.

9. REFERÊNCIAS

9. Referências

1. Roger, V. L. (2021). Epidemiology of Heart Failure: A Contemporary Perspective. *Circulation Research*, 128(10), 1421–1434. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318172>
2. Profire, B. Ștefania et al. (2025). Heart Failure Biomarkers—Pathophysiology, Diagnosis, Prognosis and Clinical Relevance. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 26, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms26199740>
3. Arruda, V. L. de, Machado, L. M. G., Lima, J. C., & Silva, P. R. de S. (2022). Tendência da mortalidade por insuficiência cardíaca no Brasil: 1998 a 2019. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 25. <https://doi.org/10.1590/1980-549720220021.2>
4. Virani, S. S. et al. (2021). Heart Disease and Stroke Statistics - 2021 Update: A Report From the American Heart Association. In *Circulation* (Vol. 143, Issue 8, pp. E254–E743). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000950>
5. Paiva, M. de C. et al. (2025). Epidemiologia das Internações por Insuficiência Cardíaca no Brasil nos Últimos 10 Anos (2014-2024). *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 7(2), 1916–1928. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n2p1916-1928>
6. Yancy, C. W. et al. (2013). ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: A report of the American college of cardiology foundation/american heart association task force on practice guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, 62(16). <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.05.019>
7. Kida, K. et al. (2023). Nutritional management of heart failure. In *Journal of Cardiology* (Vol. 81, Issue 3, pp. 283–291). Japanese College of Cardiology (Nippon-Sinzoby-Gakkai). <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2022.11.001>
8. Truby, L. K., & Rogers, J. G. (2020). Advanced Heart Failure: Epidemiology, Diagnosis, and Therapeutic Approaches. In *JACC: Heart Failure* (Vol. 8, Issue 7, pp. 523–536). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2020.01.014>
9. Little, B. (1994) The Criteria Committee of the New York Heart Association. Nomenclature and Criteria for Diagnosis of Diseases of the Heart and Great Vessels. (9th ed). Boston: Little, Brown & Co: 253–256.

10. Njoroge, J. N., & Teerlink, J. R. (2021). Pathophysiology and Therapeutic Approaches to Acute Decompensated Heart Failure. *Circulation Research*, 128(10), 1468–1486. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.121.318186>
11. Bandeira, F. et al. (2022). Skeletal consequences of heart failure. In *Women's Health* (Vol. 18). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/17455057221135501>
12. Du, J., Wu, Q., & Bae, E. J. (2024). Epigenetics of Skeletal Muscle Atrophy. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 25, Issue 15). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms25158362>
13. Nakamura, K. et al. (2024). The water imbalance of skeletal muscle and muscle weakness in patients with heart failure. *ESC Heart Failure*, 11(6), 3757–3766. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14950>
14. Newman A. B. et al. for the Cardiovascular Health Study Research Group. Associations of Subclinical Cardiovascular Disease With Frailty. *Journal of Gerontology: Medical sciences*. 2001;56(3):158-166.
15. Barbosa, J. S. et al.(2022). Assessment of Malnutrition in Heart Failure and Its Relationship with Clinical Problems in Brazilian Health Services. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph191610090>
16. Guerra-Sánchez, L., Martínez-Rincón, C., & Fresno-Flores, M. (2015). Prevalencia de malnutrición en pacientes hospitalizados por descompensación de insuficiencia cardiaca crónica; Valoración subjetiva global como indicador pronóstico. *Nutricion Hospitalaria*, 31(4), 1757–1762. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.4.8424>
17. Philippou, A. et al. (2020). Heart Failure–Induced Skeletal Muscle Wasting. In *Current Heart Failure Reports* (Vol. 17, Issue 5, pp. 299–308). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11897-020-00468-w>
18. Zamboni M. et al. (2013). Sarcopenia, cachexia and congestive heart failure in the elderly. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets*.13:58-67.
19. Cruz-Jentoft, A. J. et al. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. In *Age and Ageing* (Vol. 48, Issue 1, pp. 16–31). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>
20. Kizilarlanoglu, M. C., Kuyumcu, M. E., Yesil, Y., & Halil, M. (2016). Sarcopenia in critically ill patients. In *Journal of Anesthesia* (Vol. 30, Issue 5, pp. 884–890). Springer Tokyo. <https://doi.org/10.1007/s00540-016-2211-4>

21. Curtis J. P. et al. (2005). The obesity paradox: body mass index and outcomes in patients with heart failure. *Arch Intern Med.*165(1):55- 61.
22. Madan, S. A. et al. (2016). Frailty Assessment in Advanced Heart Failure. *Journal of Cardiac Failure*, 22(10), 840–844. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2016.02.003>
23. Curcio, F. et al. (2020). Sarcopenia and heart failure. In *Nutrients* (Vol. 12, Issue 1). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu12010211>
24. Soto, M. E. et al. (2022). Interconnection between Cardiac Cachexia and Heart Failure—Protective Role of Cardiac Obesity. In *Cells* (Vol. 11, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/cells11061039>
25. Lena, A., Ebner, N., & Anker, M. S. (2019). Cardiac cachexia. *European Heart Journal, Supplement*, 21, L24–L27. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/suz241>
26. Valentova, M. et al. (2016). Intestinal congestion and right ventricular dysfunction: a link with appetite loss, inflammation, and cachexia in chronic heart failure. *European Heart Journal*, 37(21), 1684–1691. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw008>
27. Emami, A. et al. (2018). Comparison of sarcopenia and cachexia in men with chronic heart failure: results from the Studies Investigating Co-morbidities Aggravating Heart Failure (SICA-HF). *European Journal of Heart Failure*, 20(11), 1580–1587. <https://doi.org/10.1002/ejhf.1304>
28. de Jorge-Huerta, L. et al. (2024). A Narrative Review of the Diagnosis and Treatment of Sarcopenia and Malnutrition in Patients with Heart Failure. In *Nutrients* (Vol. 16, Issue 16). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/nu16162717>
29. Bellido, D. et al. (2023). Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. In *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders* (Vol. 24, Issue 3, pp. 563–583). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09803-7>
30. Scicchitano, P., & Massari, F. (2023). The role of bioelectrical phase angle in patients with heart failure. In *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders* (Vol. 24, Issue 3, pp. 465–477). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09757-2>
31. de Luis Roman, D. et al. (2024). Ultrasound Cut-Off Values for Rectus Femoris for Detecting Sarcopenia in Patients with Nutritional Risk. *Nutrients*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/nu16111552>

32. Kokura, Y. et al. (2023). Ultrasound utilized by registered dietitians for body composition measurement, nutritional assessment, and nutritional management. In *Clinical Nutrition ESPEN* (Vol. 57, pp. 173–180). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.06.026>
33. Parry S. M. et al. (2015). Ultrasonography in the intensive care setting can be used to detect changes in the quality and quantity of muscle and is related to muscle strength and function. *Journal of Critical Care*. 30:1151.e9e14.
34. Mueller, N. et al. (2016). Can sarcopenia quantified by ultrasound of the rectus femoris muscle predict adverse outcome of surgical intensive care unit patients as well as frailty? a prospective, observational cohort study. In *Annals of Surgery* (Vol. 264, Issue 6, pp. 1116–1124). Lippincott Williams and Wilkins.
<https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001546>
35. Chumlea, W. C. et al. (1988). Prediction of body weight for the nonambulatory elderly from anthropometry. *J Am Diet Assoc*. 88:564-568.
36. OMS - Organização Mundial da Saúde (1997). *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. Geneva: World Health Organization.
37. Lipschitz, D. A. (1994). Screening for nutritional status in the elderly. *Primary Care*. 21(1):55-67.
38. Frisancho, A. R. (1981). New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr*. 34:2540- 2545.
39. Blackburn, G.L. & Harvey, K. B. (1982). Nutritional assessment as a routine in clinical medicine. *Postgraduate Medicine*. 1:46-63.
40. Lohman, T. G., Roche, A. F. & Martorell, R.(1988). *Anthropometric standardization reference manual*. 1a ed. EUA: Human Kinectics Books.
41. Shechtman, O., Gestewitz, L. & Kimble, C. (2005). Reliability and validity of the DynEx dynamometer. *J Hand Ther*.18(3):339-47.
<https://doi.org/10.1197/j.jht.2005.04.002>
42. Conrad, N. et al. (2018). Temporal trends and patterns in heart failure incidence: a population-based study of 4 million individuals. *The Lancet*, 391(10120), 572–580.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32520-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32520-5)

43. Khan, M. S. et al. (2024). Global epidemiology of heart failure. In *Nature Reviews Cardiology* (Vol. 21, Issue 10, pp. 717–734). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41569-024-01046-6>
44. Ahmad, T. et al. (2024). Dobutamine in the Management of Advanced Heart Failure. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 13, Issue 13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jcm13133782>
45. Brown, M. A. et al. (2021). Intra-aortic balloon pump as a bridge to durable left ventricular assist device. In *Journal of the American Heart Association* (Vol. 10, Issue 15). American Heart Association Inc. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.019376>
46. Holmes, C.J. & Racette, S. B. (2021). The Utility of Body Composition Assessment in Nutrition and Clinical Practice: An Overview of Current Methodology. *Nutrients*.13(8):2493. <https://doi.org/10.3390/nu13082493>.
47. Zhou, Y.-Q. et al. (2025). Comparing GLIM and SGA Nutritional Criteria for Malnutrition Assessment and Prognosis in Chronic Heart Failure Patients. *International Journal of General Medicine*, Volume 18, 1669–1679. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s514143>
48. Duarte, R. R. P. et al. (2021). Is there an association between the nutritional and functional parameters and congestive heart failure severity? *Clinical Nutrition*, 40(5), 3354–3359. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.11.008>
49. Gürsoy, C. et al.(2023). Rectus abdominis and rectus femoris muscle thickness in determining nutritional risk in critically ill patients: A prospective cohort study in Turkey. *BMJ Open*, 13(3). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-071796>
50. Casey, P. et al. (2022). The current use of ultrasound to measure skeletal muscle and its ability to predict clinical outcomes: a systematic review. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 13(5):2298-2309. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13041>.
51. Turton, P. et al. (2016). Human limb skeletal muscle wasting and architectural remodeling during five to ten days intubation and ventilation in critical care - an observational study using ultrasound. *BMC Anesthesiol*. 16(1):119. <https://doi.org/10.1186/s12871-016-0269-z>.
52. Li, R. Y. et al. (2020). Clinical value of early bedside ultrasound measurement of quadriceps femoris in diagnosis of ICU-acquired weakness. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 100(25), 1967–1972. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20191129-02609>

53. Carbone, S. et al. (2020). Lean Mass Abnormalities in Heart Failure: The Role of Sarcopenia, Sarcopenic Obesity, and Cachexia. In *Current Problems in Cardiology* (Vol. 45, Issue 11). Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2019.03.006>
54. de Albuquerque, D. C. et al. (2015). I Brazilian registry of heart failure - Clinical aspects, care quality and hospitalization outcomes. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 104(6), 433–442. <https://doi.org/10.5935/abc.20150031>
55. Ide, T. et al. (2021). Clinical characteristics and outcomes of hospitalized patients with heart failure from the large-scale Japanese registry of acute decompensated heart failure (JROADHF). *Circulation Journal*, 85(9), 1438–1450. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-20-0947>
56. Zannad, F. et al. (2006). Clinical profile, contemporary management and one-year mortality in patients with severe acute heart failure syndromes: The EFICA study. *European Journal of Heart Failure*, 8(7), 697–705. <https://doi.org/10.1016/j.ejheart.2006.01.001>
57. Vasques-Nóvoa, F. et al. (2022). Interleukin-6, infection and cardiovascular outcomes in acute heart failure: Findings from the EDIFICA registry. *Cytokine*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2022.156053>
58. Ferreira, J. P. et al. (2024). Empagliflozin and risk of lower respiratory tract infection in heart failure with mildly reduced and preserved ejection fraction: An EMPEROR-Preserved analysis. *European Journal of Heart Failure*, 26(4), 952–959. <https://doi.org/10.1002/ejhf.3180>
59. Fernández-Pombo, A. et al. (2021) Relevance of nutritional assessment and treatment to counteract cardiac cachexia and sarcopenia in chronic heart failure <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.07.027>
60. Prado, C. M. M. et al. (2008). Prevalence and clinical implications of sarcopenic obesity in patients with solid tumours of the respiratory and gastrointestinal tracts: a population-based study. <https://doi.org/10.1016/S1470>
61. Galindo Martín, C. A. et al. (2018). Rounds Studies: Relation of outcomes with Nutrition Despite Severity-Round One: Ultrasound Muscle Measurements in Critically Ill Adult Patients. *J Nutr Metab*. 7142325. <https://doi.org/10.1155/2018/7142325>.
62. Hadda, V. et al. (2018). Trends of loss of peripheral muscle thickness on ultrasonography and its relationship with outcomes among patients with sepsis. *Journal of Intensive Care*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40560-018-0350-4>

63. Murphy, S. P. et al. (2020). Inflammation in Heart Failure: JACC State-of-the-Art Review. In *Journal of the American College of Cardiology* (Vol. 75, Issue 11, pp. 1324–1340). Elsevier USA. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.01.014>
64. Gutiérrez-Spillari, L., Palma M, G., & Aceituno-Melgar, J. (2020). Obesity, Cardiovascular Disease, and Influenza: How Are They Connected? In *Current Tropical Medicine Reports* (Vol. 7, Issue 3, pp. 92–97). Springer. <https://doi.org/10.1007/s40475-020-00207-0>
65. Yokomachi, J. et al. (2023). Clinical usefulness of phase angle as an indicator of muscle wasting and malnutrition in inpatients with cardiovascular diseases. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2023 Sep;32(3):297-307. [https://doi.org/10.6133/apjcn.202309_32\(3\).0001](https://doi.org/10.6133/apjcn.202309_32(3).0001).
66. Kawakami, W. et al. (2023). Phase Angle Is Associated With Handgrip Strength in Older Patients With Heart Failure. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 47(2), 129–137. <https://doi.org/10.5535/arm.22138>
67. Hirose, S. et al. (2020). Phase angle as an indicator of sarcopenia, malnutrition, and cachexia in inpatients with cardiovascular diseases. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 1–16. <https://doi.org/10.3390/jcm9082554>
68. Tillquist, M. et al. (2014). Bedside ultrasound is a practical and reliable measurement tool for assessing quadriceps muscle layer thickness. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 38(7):886-90. <https://doi.org/10.1177/0148607113501327>
69. Tourel, C. et al. (2020). Reliability of standardized ultrasound measurement of quadriceps muscle thickness in critically ill neurological patients: Comparison with computed tomography measures. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 52(3). <https://doi.org/10.2340/16501977-2638>
70. Sabatino, A. et al. (2020). Validation by CT scan of quadriceps muscle thickness measurement by ultrasound in acute kidney injury. *Journal of Nephrology*, 33(1), 109–117. <https://doi.org/10.1007/s40620-019-00659-2>
71. van Ruijven, I. M. et al. (2021). Monitoring muscle mass using ultrasound: A key role in critical care. In *Current Opinion in Critical Care* (Vol. 27, Issue 4, pp. 354–360). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000846>

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: Impacto da sarcopenia como fator evolutivo de pacientes com insuficiência cardíaca internados em Unidade de Terapia Intensiva

Pesquisador responsável: Prof.^a. Dr.^a. Silvia Helena Gelás Lage

Pesquisador executante: Bruna de Souza

Departamento/Instituto: Unidade de Terapia Intensiva Clínica do Instituto do Coração - HC-FMUSP

Você está sendo convidado(a) a participar do Projeto “Impacto da sarcopenia como fator evolutivo de pacientes com insuficiência cardíaca internados em Unidade de Terapia Intensiva” cujo objetivo é avaliar seu estado nutricional, a condição de massa e força muscular.

Em casos de insuficiência cardíaca, como seu, é comum que devido à própria doença haja piora do estado nutricional e perda de massa e força muscular.

Iremos medir sua condição três vezes: no início, no 7º dia e no 15º dia. As avaliações constam do seguinte: 1) avaliação nutricional por meio de questionários que avaliam peso, altura, circunferência das pernas e dobra da pele do braço; 2) avaliação da composição do seu corpo por meio do método de bioimpedância elétrica, que se faz com um aparelho ligado a adesivos colados na pele de mãos e pés, sem agulha ou qualquer corte; 3) a medida da força de preensão palmar, isto é, o quanto você consegue apertar um aparelho especial com as mãos; 4) avaliação da espessura do músculo quadríceps, que é o maior músculo na frente da coxa, por meio do método de ultrassom. O aparelho de ultrassom é acoplado a uma “espécie de microfone”, que após colocação de um creme na pele é passado externamente sobre o músculo da coxa para medir a “grossura” dele. Os exames de laboratório serão coletados na rotina da sua internação. Outros dados poderão ser analisados por meio do seu prontuário do InCor.

De maneira geral não há benefício imediato dessas avaliações, mas seu estado nutricional, composição corporal e condição muscular serão detalhadamente avaliados e deverão influenciar nas recomendações alimentares e de exercício após alta da UTI.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas no endereço Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44, telefone 2661-5302. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel. (11) 2661-7585, (11) 2661-1548, (11) 2661-1549 – e-mail: cappesq.adm@hc.fm.usp.br

Informo ainda que, se por acaso o sr.(a) não aceitar participar do trabalho, em nenhum momento seu tratamento será comprometido, e caso aceite participar, também poderá desistir a qualquer momento, sem prejuízo de seu atendimento, podendo retirar o seu consentimento em participar da pesquisa a qualquer momento.

Esclareço que o(a) senhor(a) não será identificado(a) e que em nenhum momento seu nome será citado no trabalho, pois as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente.

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, assim como não há compensação financeira relacionada à sua participação.

Os dados coletados serão utilizados somente para esta pesquisa.

Eu _____ acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “Impacto da sarcopenia como fator evolutivo de pacientes com insuficiência cardíaca internados em Unidade de Terapia Intensiva”.

Eu discuti com a pesquisadora responsável Dra. Silvia Gélas Lage e/ou pessoa por ela designada Bruna de Souza, sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e assino e rubrico este documento, que foi feito em duas vias de igual teor, o qual posterior às assinaturas recebo uma via. Poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal

Data ____/____/____

ANEXO 2

AVALIAÇÃO SUBJETIVA GLOBAL (ASG)

<p>Anamnese</p> <p>Peso corpóreo <input type="checkbox"/> Mudou nos últimos 6 meses <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> Continua perdendo atualmente <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não Peso atual ___ kg Peso habitual ___ kg Perda de peso (PP) ___ % Se > 10% <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Se < 10% <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Total parcial de pontos _____</p>	<p>Dieta</p> <p><input type="checkbox"/> Mudança de dieta <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não A mudança foi para: <input type="checkbox"/> dieta hipocalórica <input type="checkbox"/> dieta pastosa hipocalórica <input type="checkbox"/> dieta líquida >15 dias ou solução de infusão intravenosa > 5 dias <input type="checkbox"/> jejum > 5 dias <input type="checkbox"/> mudança persistente > 30 dias</p> <p>Total parcial de pontos _____</p>
<p>Sintomas Gastrointestinais</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> disfagia e/ou odinofagia <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> náuseas <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> vômitos <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> diarreia <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> anorexia, distensão abdominal, dor abdominal</p> <p>Total parcial de pontos _____</p>	<p>Capacidade funcional física (por mais de 2 semanas)</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> abaixo do normal <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> acamado</p> <p>Total parcial de pontos _____</p>
<p>Diagnóstico</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> baixo estresse <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> moderado estresse <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> alto estresse</p> <p>Total parcial de pontos _____</p>	<p>Exame físico</p> <p><input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> + 1 leve ou moderadamente depletado <input type="checkbox"/> + 2 gravemente depletado <input type="checkbox"/> perda de gordura subcutânea (tríceps, tórax) <input type="checkbox"/> músculo estriado <input type="checkbox"/> edema sacral <input type="checkbox"/> ascite <input type="checkbox"/> edema tornozelo</p> <p>Total parcial de pontos _____</p>
<p>Somatória do total de ponto: _____</p> <p>Classificação da ANSG:</p> <p><input type="checkbox"/> Bem nutrido < 17 pontos <input type="checkbox"/> Desnutrido moderado 17 ≤ 22 pontos <input type="checkbox"/> Desnutrido grave > 22 pontos</p>	

ANEXO 3**FÓRMULAS ESTIMATIVAS DE ALTURA**

ESTIMATIVA DE ALTURA

Homem Negro (18-60 anos): $73,42 + [1,79 \times AJ \text{ (cm)}]$

Homem Branco (18-60 anos): $71,85 + [1,88 \times AJ \text{ (cm)}]$

Mulher Negra (18-60 anos): $68,10 + [1,86 \times AJ \text{ (cm)}] - [0,06 \times I]$

Mulher Branca (18-60 anos): $70,25 + [1,87 \times AJ \text{ (cm)}] - [0,06 \times I]$

AJ: altura do joelho (cm)

I: Idade (anos)

Fonte: Chumlea et al., 1988

ANEXO 4

CLASSIFICAÇÃO ÍNDICE DA MASSA CORPORAL (IMC)

1. Classificação do estado nutricional de acordo com o IMC para adultos:

IMC (kg/m ²)	Estado Nutricional
< 18,5	Baixo peso
18,5 a 24,9	Eutrofia
25 a 29,9	PSobrepeso
30 a 34,9	Obesidade grau I
35 a 39,9	Obesidade grau II
≥ 40	Obesidade grau III

IMC, índice de massa corporal.
Fonte: Adaptada de OMS, 1997.

2. Classificação do estado nutricional de acordo com o IMC para idoso:

IMC (kg/m ²)	Estado Nutricional
< 23	Baixo peso
23 a <28	Peso normal
28 a <30	Sobrepeso
≥ 30	Obesidade

IMC, índice de massa corporal.
Fonte: Adaptada de Lipschitz, 1994.

ANEXO 5

**CLASSIFICAÇÃO ADEQUAÇÃO CIRCUNFERÊNCIA MUSCULAR DO BRAÇO
(CMB)****1. Classificação do estado nutricional segundo adequação da CMB em adultos:**

% Adequação	Classificação
90 – 110%	Eutrófico
80 – 90%	Desnutrição leve
70 – 80%	Desnutrição moderada
< 70%	Desnutrição grave

Fonte: Frisancho, 1981

2. Classificação do estado nutricional segundo adequação da CMB em idosos:

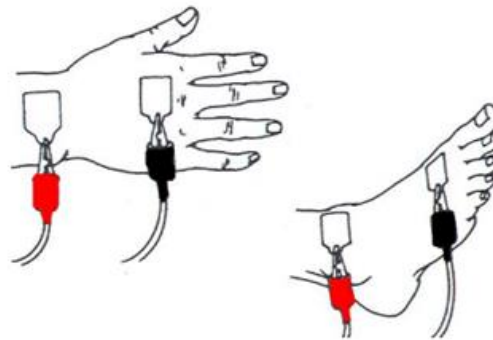
% Adequação	Classificação
90%	Eutrófico
80 – 90%	Desnutrição leve
70 – 80%	Desnutrição moderada
< 70%	Desnutrição grave

Fonte: Blackburn GL, 1982

ANEXO 6

PROTOCOLO BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

- O avaliado deve estar deitado, em decúbito dorsal, numa posição confortável e relaxado, sem calçados, meias, relógio, pulseiras ou afins. As pernas devem estar bem afastadas, as mãos abertas e apoiadas na maca.
- Coloque os eletrodos nos seguintes pontos anatômicos, conforme figura abaixo:



- Limpar o local onde serão colocados os eletrodos com álcool. Colocar os eletrodos como descrito acima.
- As medidas de bioimpedância são executadas do lado direito do corpo, com o indivíduo deitado em decúbito dorsal em uma superfície não-condutora.
- Conectar os cabos aos eletrodos. Cabos vermelhos deverão ser conectados aos eletrodos proximais (punho e tornozelo) e os cabos pretos aos eletrodos distais (mão e pé).
- Certificar que as pernas e os braços do indivíduo estejam afastados um do outro.
- Ligar o aparelho e inserir os dados: sexo, idade, peso corporal (Kg) e estatura (cm).
- Selecionar a tecla teste e esperar o resultado da análise da composição corporal.

Fonte: HEYWARD, V.H. STOLARCZYK, L.M. Método de Impedância Bioelétrica. In: Avaliação da Composição Corporal Aplicada. São Paulo, 2000. p. 23 – 46.
http://www.biodyncorp.com/product/research_articles.html

ANEXO 7

PROTOCOLO FORÇA DE PREENSÃO PALMAR (FPP)

- Explique o propósito do teste ao participante, incluindo o procedimento e o uso do dinamômetro.
- Garanta que o participante compreenda as instruções e esteja confortável com o procedimento.
- Posicionamento do Participante: sentado, com a coluna ereta.
- Peça ao participante para manter o antebraço apoiado em uma superfície estável, com a mão pendendo livremente ao lado do corpo.
- Certifique-se de que o dinamômetro esteja devidamente calibrado antes do teste. Verifique se o dispositivo está funcionando corretamente.
- Posicione o dinamômetro na mão dominante do participante, com a alça ajustável posicionada para um agarre confortável.
- Oriente o participante a segurar a alça do dinamômetro com os dedos na posição de preensão palmar, envolvendo-a completamente.
- Instrua o participante a realizar uma contração isométrica máxima da mão dominante, aplicando força na alça do dinamômetro.
- Solicite ao participante que mantenha a contração máxima por pelo menos 3 segundos, enquanto você registra o valor da força de preensão.
- Repita o teste três vezes, permitindo um intervalo de descanso de aproximadamente 1 minuto entre cada tentativa.
- Considere o valor mais alto registrado.

Fonte: adaptado de American Society of Hand Therapists (ASHT)