

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO

**Victoria Figueiredo Leivas dos Santos**

**Arquitetura do Quadríceps e sua  
Associação com Força Muscular e  
Capacidade Funcional em Pacientes  
com Insuficiência Cardíaca**

**UFCSPA**

**Universidade Federal de Ciências da Saúde  
de Porto Alegre**

Porto Alegre

2025

**Victoria Figueiredo Leivas dos Santos**

**Arquitetura do Quadríceps e sua  
Associação com Força Muscular e  
Capacidade Funcional em Pacientes  
com Insuficiência Cardíaca**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre ou Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Dal Lago

Coorientadora: Dra. Bruna Eibel

Porto Alegre

2025

#### Catálogo na Publicação

Figueiredo Leivas dos Santos, Victoria  
Arquitetura do Quadriceps e sua Associação com Força  
Muscular e Capacidade Funcional em Pacientes com  
Insuficiência Cardíaca / Victoria Figueiredo Leivas dos  
Santos. -- 2025.  
47 p. : 30 cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de  
Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de  
Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2025.

Orientador(a): Pedro Dal Lago ; coorientador(a): Bruna  
Eibel.

1. Ecografia muscular. 2. Arquitetura muscular. 3.  
Força muscular. 4. Capacidade funcional. 5. Insuficiência  
Cardíaca. I. Título.

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

**Arquitetura do Quadríceps e sua Associação com Força  
Muscular e Capacidade Funcional em Pacientes com  
Insuficiência Cardíaca**

**BANCA AVALIADORA**

---

Dra. Janice Luisa Lukrafka Tartari

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

---

Dr. Marlus Karsten

Departamento de Fisioterapia

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

---

Dra. Danusa Rossi

Departamento de Fisioterapia

Universidade La Salle (UniLaSalle)

Porto Alegre

2025

## **PREFÁCIO**

**Linha de pesquisa no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação:** Fundamentos da Reabilitação Cardiovascular, Pulmonar e Metabólica.

**Orientador:** Prof. Dr. Pedro Dal Lago, Prof. Titular do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) e Coordenador do Grupo de Pesquisa em Interação e Reabilitação Cardiopulmonar.

**Coorientador:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Bruna Eibeil, Coordenadora do programa de residência multiprofissional em Cardiologia do Instituto de Cardiologia.

A todos que fizeram parte dessa  
caminhada e acreditaram em mim!

## **Agradecimento**

Essa dissertação carrega muito mais do que palavras e dados. Ela é feita de momentos difíceis, dúvidas, superações e, acima de tudo, de pessoas que estiveram ao meu lado quando eu quase esqueci do meu próprio valor.

Agradeço profundamente ao meu orientador, Pedro dal Lago, por abraçar minha ideia e caminhar nessa jornada comigo. Pela paciência nos momentos de confusão, pelas palavras compreensivas e pela generosidade em dividir conhecimento — obrigada por caminhar comigo mesmo quando o caminho parecia incerto.

Aos professores e colegas do Programa, pelas trocas que me fizeram crescer, pelos incentivos silenciosos e pelos espaços de escuta que se tornaram apoio.

À minha família, meu alicerce. Aos meus pais, Alex e Elizabete, por cada gesto de amor, por segurarem minha mão mesmo à distância, e por me lembrarem, todos os dias, de onde eu vim e até onde posso chegar. Também a minha irmã Melina que sempre esteve presente durante esses longos anos.

Aos meus amigos — os que me ouviram, me acolheram, celebraram cada pequena conquista como se fosse deles. Vocês moram neste trabalho tanto quanto eu.

Aos pacientes e voluntários que confiaram em mim. À minha psicóloga, que sem ela não conseguiria finalizar essa etapa importante e muito sonhada da minha vida.

E, por fim, ao meu Deus, que pela sua Graça me ajudou a trilhar essa estrada de ensino e superação, me fazendo triunfar em mais um desafio.

Muito obrigada, de coração.

## RESUMO

A insuficiência cardíaca (IC) é uma condição crônica que compromete a funcionalidade e a qualidade de vida dos pacientes. A arquitetura muscular do quadríceps tem sido investigada como um possível preditor do desempenho funcional, porém sua relação com a funcionalidade em pacientes com IC ainda não está completamente esclarecida. Este estudo transversal incluiu 40 pacientes com IC atendidos no ambulatório do Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul. Foram avaliados os testes funcionais: teste de caminhada de 6 minutos (T6'), *timed up and go* (TUG), e teste de sentar e levantar (TSL); a força muscular por dinamometria de preensão palmar (FPP) e tração do quadríceps (FTQ); além da arquitetura muscular do quadríceps por ultrassonografia. A qualidade de vida foi medida pelo *Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire* (MLHFQ). A média de idade foi  $52,1 \pm 13,4$  anos, sendo 75 % do sexo masculino. O T6' apresentou correlação negativa com a qualidade de vida ( $r = -0,442$ ,  $p = 0,007$ ) e positiva com a FPP ( $r = 0,436$ ,  $p = 0,005$ ). O TSL correlacionou-se positivamente com a qualidade de vida ( $r = 0,463$ ,  $p = 0,003$ ) e negativamente com a FPP ( $r = -0,400$ ,  $p = 0,011$ ). A espessura e o volume do quadríceps se correlacionaram positivamente com a FTQ ( $r = 0,393$ ,  $p = 0,012$  e  $r = 0,461$ ,  $p = 0,003$ , respectivamente), porém não apresentaram associação com os testes funcionais. Conclui-se que os testes de funcionalidade estão associados à qualidade de vida, força de preensão palmar e força isométrica do quadríceps, mas os parâmetros ecográficos não se correlacionam com o desempenho funcional dos pacientes.

Palavras-chave: insuficiência cardíaca; ultrassonografia; músculo; testes funcionais; força muscular; qualidade de vida.



## ABSTRACT

Heart failure (HF) is a chronic condition that affects patients' functional capacity and quality of life. The quadriceps muscle architecture has been investigated as a potential predictor of functional performance, but the relationship between these variables in HF patients remains unclear. This cross-sectional study was conducted with 40 HF patients treated at the outpatient clinic of the Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul. Functional tests were assessed, including the 6-minute walk test (6MWT), timed up and go (TUG), and 1-minute sit-to-stand test (STS); muscle strength was measured using handgrip dynamometry (HGS) and quadriceps traction dynamometry (QTD); and quadriceps muscle architecture was evaluated via ultrasound. Quality of life was assessed using the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ). The sample had a mean age of  $52.1 \pm 13.4$  years, with 75% being male. The 6MWT showed a negative correlation with quality of life ( $r = -0.442$ ,  $p = 0.007$ ) and a positive correlation with HGS ( $r = 0.436$ ,  $p = 0.005$ ). The STS test showed a positive correlation with quality of life ( $r = 0.463$ ,  $p = 0.003$ ) and a negative correlation with HGS ( $r = -0.400$ ,  $p = 0.011$ ). Quadriceps thickness and volume correlated positively with QTD ( $r = 0.393$ ,  $p = 0.012$ ;  $r = 0.461$ ,  $p = 0.003$ ) but did not show significant correlations with functional tests. Functional tests showed a significant correlation with quality of life, handgrip strength, and quadriceps isometric strength, but no significant correlation was found between ultrasound muscle parameters and patients' functional performance.

Key words: Heart failure; ultrasonography; muscle; functional tests; muscle strength; quality of life.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Características sociodemográficas e clínicas da amostra de estudo, prevalência de comorbidades e fatores de risco..... | 40 |
| Tabela 2 – Desempenho nos testes funcionais e pontuação no questionário de qualidade de vida.....                                 | 41 |
| Tabela 3 – Correlação entre arquitetura muscular do quadríceps e DT, DPP e QV.....                                                | 42 |
| Tabela 4 – Correlação entre testes funcionais e QV, DPP, DT e arquitetura muscular.....                                           | 43 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |                                                        |
|-------|--------------------------------------------------------|
| AVD   | Atividade de vida diária                               |
| AVE   | Acidente vascular encefálico                           |
| DAC   | Doença Arterial Coronariana                            |
| DM    | Diabetes Mellitus                                      |
| DPP   | Dinamometria de preensão palmar                        |
| DPOC  | Doença pulmonar obstrutiva crônica                     |
| DRC   | Doença renal crônica                                   |
| DT    | Dinamometria de tração                                 |
| ESC   | European Society of Cardiology                         |
| FEVE  | Fração de ejeção do ventrículo esquerdo                |
| FPP   | Força de preensão palmar                               |
| HAS   | Hipertensão arterial sistêmica                         |
| IAM   | Infarto Agudo do Miocárdio                             |
| IC    | Insuficiência Cardíaca                                 |
| ICFEP | Insuficiência Cardíaca com fração de ejeção preservada |
| ICFER | Insuficiência Cardíaca com fração de ejeção reduzida   |
| IGI   | Infiltração de gordura intermuscular                   |
| IMC   | Índice de massa corpórea                               |
| MLHFQ | Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire      |
| NYHA  | New York Heart Association                             |
| QV    | Qualidade de Vida                                      |
| SNS   | Sistema Nervoso Simpático                              |
| SRAA  | Sistema renina angiotensina aldosterona                |
| TSL   | Teste de sentar e levantar                             |
| TUG   | <i>Timed up and go</i>                                 |
| T6'   | Teste de caminhada de 6 minutos                        |
| USM   | Ultrassonografia muscular                              |

## **SUMÁRIO**

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b>     | <b>10</b> |
| <b>2 OBJETIVOS</b>            | <b>21</b> |
| <b>3 ARTIGO</b>               | <b>22</b> |
| <b>4 CONCLUSÃO GERAL</b>      | <b>44</b> |
| <b>6 IMPACTOS DO TRABALHO</b> | <b>45</b> |
| <b>ANEXOS</b>                 | <b>46</b> |

## **1. Contextualização**

### **1.1. Insuficiência cardíaca**

A insuficiência cardíaca (IC) é uma condição crônica de alta prevalência, reconhecida como uma síndrome clínica complexa e sistêmica, resultante de uma disfunção estrutural ou funcional do coração (TOMASONI et al., 2019). Essa disfunção compromete o suprimento sanguíneo adequado para atender às necessidades metabólicas do organismo. Diversas são as causas da IC, incluindo doença arterial coronariana (DAC), infarto agudo do miocárdio (IAM), e hipertensão arterial sistêmica (HAS) (ROHDE et al., 2018; JAMES et al., 2018).

Os sintomas típicos da IC, como dispneia, edema periférico e fadiga, são inicialmente notados apenas durante o esforço físico, mas progridem conforme a doença avança. Esses sintomas resultam de alterações hemodinâmicas e metabólicas, refletindo a incapacidade do débito cardíaco de suprir a demanda metabólica dos tecidos durante o exercício. Como consequência, a IC impõe uma limitação funcional significativa, impactando negativamente a QV dos pacientes (MCDONAGH et al., 2022).

A fisiopatologia da IC envolve uma série de mecanismos compensatórios que, embora inicialmente eficazes, contribuem para a progressão da doença. Entre esses mecanismos está a ativação do sistema nervoso simpático (SNS), que aumenta a liberação de catecolaminas (noradrenalina e adrenalina), elevando a frequência cardíaca e a contratilidade para manter o débito cardíaco. No entanto, a ativação crônica do SNS sobrecarrega o coração e contribui para a deterioração miocárdica. Além disso, o sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) é ativado, promovendo vasoconstrição e retenção de sódio e água, o que, embora inicialmente beneficie a perfusão, resulta em sobrecarga de volume, agravando a congestão e o remodelamento ventricular negativo (MANOLIS, 2023).

O processo de remodelamento ventricular é outro aspecto crítico da fisiopatologia da IC. Em resposta à sobrecarga de pressão e volume, o ventrículo esquerdo tende a se dilatar, aumentando a tensão na parede

miocárdica e reduzindo sua capacidade de contração eficiente. Esse remodelamento envolve tanto alterações nos cardiomiócitos quanto no tecido extracelular, incluindo deposição de colágeno e fibrose, resultando em maior rigidez do miocárdio e comprometimento do relaxamento ventricular durante a diástole, o que exacerba a congestão pulmonar e periférica (THAM et al., 2015).

À medida que a IC avança, os mecanismos compensatórios falham, e uma série de processos patológicos se sobrepõem, como o aumento do estresse oxidativo e da inflamação sistêmica, que agravam o dano ao miocárdio. A ativação crônica do SNS e do SRAA contribui para a geração de radicais livres e elevação de citocinas inflamatórias, como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) e a interleucina-6 (IL-6), que desempenham papel crucial na disfunção endotelial e na progressão da IC. A inflamação sistêmica, por sua vez, promove apoptose e necrose dos miócitos, o que reduz ainda mais a capacidade contrátil do coração (AIMO et al., 2020).

Na IC de fração de ejeção reduzida (ICFER), a disfunção sistólica é a característica predominante, levando à redução do volume sistólico e, consequentemente, ao comprometimento da perfusão tecidual. Já na IC com fração de ejeção preservada (ICFEP), o problema principal está na incapacidade do ventrículo de relaxar adequadamente, resultando em aumento das pressões de enchimento e congestão pulmonar, apesar de uma fração de ejeção relativamente preservada (ROGER, 2021).

Além disso, a disfunção endotelial decorrente da IC limita a produção de óxido nítrico, prejudicando a capacidade de vasodilatação e contribuindo para o aumento da resistência vascular periférica, o que agrava ainda mais a sobrecarga imposta ao coração (TENGAN, et al; 2012). Paralelamente, ocorrem alterações no metabolismo muscular esquelético, particularmente nos membros inferiores, onde se observa atrofia e fraqueza muscular. Isso é resultado da diminuição do fluxo sanguíneo e da disfunção mitocondrial, que afetam a produção de energia aeróbica, aumentando a dependência do metabolismo anaeróbico durante o exercício, o que contribui para a fadiga e intolerância ao esforço (TAKADA; SABE; KINUGAWA, 2020).

A IC pode ser classificada de acordo com a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), sendo definida como reduzida (FEVE < 40%), intermediária (41-49%) ou preservada (>50%) (MARCONDES-BRAGA et al., 2021). Essa classificação auxilia na escolha de terapias e na estratificação de risco. Além disso, a classificação da New York Heart Association (NYHA) considera a gravidade dos sintomas e a capacidade funcional, indo de ausência de sintomas em repouso (classe I) até sintomas severos mesmo em repouso (classe IV), com as classes III e IV apresentando maiores taxas de hospitalização e mortalidade (CHENG et al., 2014; MCDONAGH et al., 2022).

A IC é considerada um problema de saúde pública global, agravado pelo envelhecimento populacional. No Brasil, essa condição representa 4% das internações gerais e 31% das hospitalizações cardiovasculares, sendo uma das principais causas de hospitalização em adultos. Nos Estados Unidos, estima-se que 5,2 milhões de pessoas convivam com IC, enquanto no Brasil esse número é de aproximadamente 2 milhões, com uma prevalência de 240 mil novos casos anuais (CESTARI et al., 2022). Esse cenário reforça a necessidade de estratégias eficazes para prevenção, diagnóstico precoce e manejo clínico da IC.

## **1.2. Consequências da insuficiência cardíaca na musculatura esquelética**

A musculatura esquelética desempenha um papel vital no manejo e prognóstico da IC. Alterações na arquitetura e função muscular esquelética estão intimamente ligadas à intolerância ao exercício observada em pacientes com IC. Essas alterações não apenas afetam a capacidade funcional desses pacientes, mas também influenciam diretamente a sua qualidade de vida (YAMADA et al., 2009).

A arquitetura muscular, que envolve a organização e estrutura das fibras musculares e seus componentes, sofre modificações significativas na IC. Entre essas mudanças, destaca-se a atrofia muscular, uma consequência comum da IC (SAW et al., 2022). O aumento da atividade do sistema nervoso simpático e

do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) leva a uma diminuição do tamanho das fibras musculares. Essa atrofia resulta na perda de massa muscular e força, o que contribui para a fadiga e a limitação funcional dos pacientes (GRASSI; MANCIA; ESLER, 2022).

Além da atrofia, a IC provoca alterações na composição das fibras musculares, com uma predominância maior de fibras do tipo II (rápidas e fatigáveis) em comparação com as fibras do tipo I (lentas e resistentes). A mudança para fibras do tipo II reduz a eficiência muscular e a resistência ao esforço prolongado, exacerbando a intolerância ao exercício (TUCKER et al., 2018). Outra característica importante é a presença de fibrose, ou a formação excessiva de tecido conjuntivo nos músculos, que contribui para a rigidez muscular e a diminuição da capacidade contrátil, agravando a perda de força e resistência musculares (SAW et al., 2022).

O estado inflamatório crônico e o estresse oxidativo também desempenham um papel crucial nesse processo. O aumento das citocinas pró-inflamatórias e das espécies reativas de oxigênio promove um estado catabólico, acelerando a degradação muscular e comprometendo a regeneração tecidual (NIEMEIJER et al., 2018) (MANGNER et al., 2015).

A função muscular adequada é fundamental para a realização de atividades diárias e para a manutenção da mobilidade (AUBERTIN-LEHEUDRE et al., 2019). A perda de massa muscular e força reduz a capacidade funcional geral dos pacientes, impactando a sua habilidade para realizar tarefas básicas do dia a dia, como subir escadas, caminhar longas distâncias e carregar objetos. Além disso, a fraqueza muscular aumenta o risco de quedas e imobilidade, o que pode levar a complicações adicionais, como lesões e agravamento da saúde geral (PROKOPIDIS et al., 2023).

### **1.3. A importância da avaliação funcional em pacientes com insuficiência cardíaca**

A IC reduz a tolerância ao exercício físico, resultando em fadiga precoce e perda de força muscular. Esse declínio está diretamente relacionado ao



aumento da incapacidade física, especialmente em idosos (DEL BUONO et al., 2019). A massa muscular e a força desempenham um papel essencial no prognóstico da IC, sendo indicadores diretos da funcionalidade e da QV (LIM; FRONTERA, 2022; LUNT et al., 2021).

A ultrassonografia muscular (USM), já consolidada como preditor de mortalidade na doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) (SEYMOUR et al., 2009), tem ganhado destaque na IC devido às similaridades fisiopatológicas entre as doenças, como inflamação sistêmica, estresse oxidativo e alterações nutricionais. A perda progressiva de massa muscular e força compromete a resistência e o desempenho funcional desses pacientes (GALLAGHER et al., 2023; ZHAO et al., 2023).

A USM se destaca como um método de avaliação não invasivo e altamente sensível, permitindo o diagnóstico precoce e o acompanhamento da progressão da IC (ABRAHAM et al., 2020) (FUENTES-ABOLAFIO et al., 2022).

Além disso, estudos indicam que alterações mecânicas na produção de força muscular são mais acentuadas em idosos, que apresentam menor força, redução da espessura muscular e fascículos encurtados (TUCKER et al., 2018). (KOSHIKAWA et al., 2020).

O conhecimento profundo da função muscular é essencial para mitigar essas perdas. Uma das formas mais comuns de avaliar a força muscular periférica é através da dinamometria de preensão palmar (DPP). Além de ser um indicador confiável da força muscular global, a DPP se correlaciona com a mortalidade em idosos e reflete o grau de comprometimento funcional em cardiopatas (Geraldes et al., 2008; Labott et al., 2019).

A capacidade funcional, definida como a habilidade do indivíduo em realizar tarefas físicas e atividades da vida diária (AVD), está intimamente ligada à QV. O teste de caminhada de seis minutos (T6') é amplamente utilizado para avaliar a capacidade funcional de pacientes com IC, fornecendo informações sobre a tolerância ao esforço físico e o grau de comprometimento cardiovascular (GIBBONS et al., 2002).

Além disso, a avaliação do risco de queda, especialmente em idosos com doenças crônicas, é de extrema importância. O teste *timed up and go* (TUG) é uma ferramenta prática e confiável para avaliar a mobilidade e o equilíbrio, sendo utilizado para determinar o risco de quedas em indivíduos com IC e outras condições crônicas. Valores de tempo elevados no TUG estão associados a um risco maior de quedas e à dependência nas atividades da vida diária (BARRY et al., 2014).

A crescente preocupação com o manejo eficaz das doenças crônicas, como a IC, deve-se ao envelhecimento populacional e ao impacto dessas condições na capacidade funcional e na qualidade de vida. Pacientes com IC frequentemente relatam piora na qualidade de vida devido à dispneia e à fadiga durante as atividades diárias. O Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ) é uma ferramenta amplamente validada e utilizada internacionalmente para avaliar a qualidade de vida desses pacientes. Composta por itens que abordam aspectos físicos, socioeconômicos e psicológicos, a escala do Minnesota permite uma avaliação precisa e eficaz, sendo de fácil aplicação na prática clínica (CARVALHO et al., 2009; “The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): Position paper from the World Health Organization”, 1995).

Por fim, a IC é uma condição complexa que envolve múltiplos sistemas fisiológicos, refletindo-se tanto no comprometimento cardíaco quanto na deterioração da musculatura esquelética, impactando diretamente a funcionalidade e a QV dos pacientes. À medida que a doença progride, os mecanismos compensatórios falham, promovendo um estado inflamatório crônico e aumento do estresse oxidativo, que agravam o quadro clínico. A importância de uma avaliação funcional abrangente, que inclua métodos como USM, DPP e testes de capacidade funcional, é destacada, uma vez que esses instrumentos, incluindo a análise da arquitetura do quadríceps e sua associação com força muscular e capacidade funcional em pacientes com insuficiência cardíaca, auxiliam no acompanhamento da evolução da IC e na adaptação de estratégias de reabilitação individualizadas. Dessa forma, a abordagem da IC exige uma compreensão aprofundada das interações entre os sistemas cardiovascular e muscular, com foco em intervenções que possam

mitigar as limitações funcionais e melhorar a qualidade de vida, especialmente diante do impacto dessa condição em populações envelhecidas.

## Referência Bibliográfica

ABRAHAM, A. et al. Quantitative sonographic evaluation of muscle thickness and fasciculation prevalence in healthy subjects. **Muscle & Nerve**, v. 61, n. 2, p. 234–238, 28 fev. 2020.

AIMO, A. et al. Oxidative stress and inflammation in the evolution of heart failure: From pathophysiology to therapeutic strategies. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 27, n. 5, p. 494–510, 14 mar. 2020.

AUBERTIN-LEHEUDRE, M. et al. The usefulness of muscle architecture assessed with ultrasound to identify hospitalized older adults with physical decline. **Experimental Gerontology**, v. 125, p. 110678, out. 2019.

BARRY, E. et al. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta- analysis. **BMC Geriatrics**, v. 14, n. 1, p. 14, 1 dez. 2014.

CARVALHO, V. O. et al. Validação da versão em português do Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 93, n. 1, p. 39–44, jul. 2009.

CESTARI, V. R. F. et al. Spatial Distribution of Mortality for Heart Failure in Brazil, 1996 – 2017. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 118, n. 1, p. 41–51, 2022.

CHENG, R. K. et al. Outcomes in patients with heart failure with preserved, borderline, and reduced ejection fraction in the Medicare population. **American Heart Journal**, v. 168, n. 5, p. 721- 730.e3, nov. 2014.

DEL BUONO, M. G. et al. Exercise Intolerance in Patients With Heart Failure. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 73, n. 17, p. 2209–2225, maio 2019.

FUENTES-ABOLAFIO, I. J. et al. Biomarkers and the quadriceps femoris muscle architecture assessed by ultrasound in older adults with heart failure with preserved ejection fraction: a cross-sectional study. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 34, n. 10, p. 2493–2504, 8 ago. 2022.

GALLAGHER, H. et al. Skeletal muscle atrophy, regeneration, and dysfunction in heart failure: Impact of exercise training. **Journal of Sport and Health Science**, v. 12, n. 5, p. 557–567, set. 2023.

GERALDES, A. A. R. et al. A força de preensão manual é boa preditora do desempenho funcional de idosos frágeis: um estudo correlacional múltiplo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n. 1, p. 12–16, fev. 2008.

GIBBONS, R. J. et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 40, n. 8, p. 1531–1540, out. 2002.

GRASSI, G.; MANCIA, G.; ESLER, M. Central and peripheral sympathetic activation in heart failure. **Cardiovascular Research**, v. 118, n. 8, p. 1857–1871, 29 jun. 2022.

JAMES, S. L. et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **The Lancet**, v. 392, n. 10159, p. 1789–1858, nov. 2018.

KOSHIKAWA, M. et al. Association between inflammation and skeletal muscle proteolysis, skeletal mass and strength in elderly heart failure patients and their prognostic implications. **BMC Cardiovascular Disorders**, v. 20, n. 1, p. 228, 15 dez. 2020.

LABOTT, B. K. et al. Effects of Exercise Training on Handgrip Strength in Older Adults: A Meta-Analytical Review. **Gerontology**, v. 65, n. 6, p. 686–698, 2019.

LIM, J.-Y.; FRONTERA, W. R. Single skeletal muscle fiber mechanical properties: a muscle quality biomarker of human aging. **European Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 6, p. 1383–1395, 6 jun. 2022.

LUNT, E. et al. The clinical usefulness of muscle mass and strength measures in older people: a systematic review. **Age and Ageing**, v. 50, n. 1, p. 88–95, 8 jan. 2021.

MANGNER, N. et al. Skeletal muscle alterations in chronic heart failure: differential effects on quadriceps and diaphragm. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 6, n. 4, p. 381–390, dez. 2015.

MANOLIS, A. A.; MANOLIS, T. A.; MANOLIS, A. S. Neurohumoral Activation in Heart Failure. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 20, p. 15472, 23 out. 2023.

MARCONDES-BRAGA, F. G. et al. **Emerging topics update of the brazilian heart failure guideline – 2021. Arquivos Brasileiros de Cardiologia** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, , 2021.

MCDONAGH, T. A. et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. **European Journal of Heart Failure**, v. 24, n. 1, p. 4–131, 27 jan. 2022.

NIEMEIJER, V. M. et al. Skeletal muscle fiber characteristics in patients with chronic heart failure: impact of disease severity and relation with muscle oxygenation during exercise. **J Appl Physiol**, v. 125, p. 1266–1276, 2018.

PROKOPIDIS, K. et al. Are sarcopenia and its individual components linked to all-cause mortality in heart failure? A systematic review and meta-analysis. **Clinical Research in Cardiology**, 12 dez. 2023.

ROGER, V. L. Epidemiology of Heart Failure. **Circulation Research**, v. 128, n. 10, p. 1421–1434, 14 maio 2021.

ROHDE, L. E. P. et al. Diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica e aguda. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 111, n. 3, p. 436–539, 1 set. 2018.

SAW, E. L. et al. Skeletal muscle phenotypic switching in heart failure with preserved ejection fraction. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 9, 1 dez. 2022.

SEYMOUR, J. M. et al. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. **Thorax**, v. 64, n. 5, p. 418–423, 1 maio 2009.

TAKADA, S.; SABE, H.; KINUGAWA, S. Abnormalities of Skeletal Muscle, Adipocyte Tissue, and Lipid Metabolism in Heart Failure: Practical Therapeutic Targets. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 7, 12 maio 2020.

TENGAN, C.; RODRIGUES, G.; GODINHO, R. Nitric Oxide in Skeletal Muscle: Role on Mitochondrial Biogenesis and Function. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 12, p. 17160–17184, 14 dez. 2012.

THAM, Y. K. et al. Pathophysiology of cardiac hypertrophy and heart failure: signaling pathways and novel therapeutic targets. **Archives of Toxicology**, v. 89, n. 9, p. 1401–1438, 24 set. 2015.

The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): Position paper from the World Health Organization. **Social Science & Medicine**, v. 41, n. 10, p. 1403–1409, nov. 1995.

TOMASONI, D. et al. Highlights in heart failure. **ESC Heart Failure**, v. 6, n. 6, p. 1105–1127, 29 dez. 2019.

TUCKER, W. J. et al. Impaired Exercise Tolerance in Heart Failure: Role of Skeletal Muscle Morphology and Function. **Current Heart Failure Reports**, v. 15, n. 6, p. 323–331, 3 dez. 2018.

YAMADA, A. K.; VOLTARELLI, V. A.; VOLTARELLI, F. **Músculo esquelético, insuficiência cardíaca crônica e o papel do exercício**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/260944021>>.

ZHAO, X. et al. Sarcopenia index as a predictor of clinical outcomes among older adult patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary

disease: a cross-sectional study. **BMC Geriatrics**, v. 23, n. 1, p. 89, 11 fev. 2023.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 GERAL**

Investigar a correlação entre a arquitetura muscular do quadríceps femoral, a força muscular e a capacidade funcional em pacientes com insuficiência cardíaca atendidos em nível ambulatorial.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Avaliar e quantificar a arquitetura muscular do quadríceps femoral por meio da ultrassonografia, analisando a espessura, o volume, o ângulo de penação e o comprimento do fascículo do reto femoral e vasto lateral em pacientes com insuficiência cardíaca.
- Mensurar e correlacionar a força muscular do quadríceps femoral e a força de preensão palmar com as variáveis morfológicas do músculo, investigando sua relação com a capacidade funcional desses pacientes.
- Comparar e analisar a relação entre arquitetura muscular, mobilidade funcional e qualidade de vida, utilizando testes funcionais e questionários específicos para avaliar o impacto das alterações musculares na funcionalidade e no bem-estar dos indivíduos.



### 3 ARTIGO

#### **Relação entre Arquitetura Muscular do Quadríceps, Força Muscular e Capacidade Funcional em Pacientes com Insuficiência Cardíaca em Nível Ambulatorial**

(Formatado conforme normas do periódico Arquivos Brasileiros de Cardiologia  
– Qualis A2, Fator de Impacto: 2.0)

Relação entre Arquitetura Muscular do Quadríceps, Força Muscular e Capacidade Funcional em Pacientes com Insuficiência Cardíaca em Nível Ambulatorial

Relationship between Quadriceps Muscle Architecture, Muscle Strength, and Functional Capacity in Outpatient Heart Failure Patients

**Descritores:** ultrassonografia muscular, força muscular, capacidade funcional, insuficiência cardíaca

**Keywords:** muscle ultrasound, muscular strength, functional capacity, heart failure

Número de palavras do manuscrito: 3112

## Resumo

**Fundamento:** A insuficiência cardíaca (IC) compromete a capacidade funcional e a qualidade de vida dos pacientes. A arquitetura muscular do quadríceps tem sido investigada como um possível preditor do desempenho funcional, mas essa relação ainda não está totalmente esclarecida. **Objetivos:** Avaliar a correlação entre os parâmetros ecográficos da musculatura do quadríceps e o desempenho funcional em pacientes com IC, além de investigar a associação entre a força muscular e o desempenho funcional. **Métodos:** Estudo transversal realizado com 40 pacientes com IC. Foram avaliados testes funcionais, força muscular (preensão palmar – FPP e tração do quadríceps – FTQ); e arquitetura muscular do quadríceps por ultrassonografia. **Resultados:** A amostra teve idade média de  $52,1 \pm 13,4$  anos, sendo 75 % do sexo masculino. O teste de caminhada apresentou correlação negativa com a qualidade de vida ( $r = -0,442$ ;  $p = 0,007$ ) e positiva com a FPP ( $r = 0,436$ ;  $p = 0,005$ ). O *Timed Up and Go* (TUG) correlacionou-se positivamente com a qualidade de vida ( $r = 0,463$ ;  $p = 0,003$ ) e negativamente com a FPP ( $r = -0,4$ ;  $p = 0,011$ ). A espessura e o volume do quadríceps se correlacionaram positivamente com a FTQ ( $r = 0,393$ ;  $p = 0,012$ ;  $r = 0,461$ ;  $p = 0,003$ ), mas não apresentaram correlação com os testes funcionais. **Conclusões:** Os testes funcionais apresentam correlação com a qualidade de vida, força de preensão palmar e força isométrica do quadríceps. No entanto, não houve associação entre os parâmetros ecográficos e o desempenho funcional.

## Abstract

**Background:** Heart failure (HF) impairs patients' functional capacity and quality of life. The muscle architecture of the quadriceps has been investigated as a potential predictor of functional performance, but this relationship is not yet fully understood. **Objectives:** To assess the correlation between ultrasonographic parameters of quadriceps musculature and functional performance in patients with HF, as well as to investigate the association between muscle strength and functional performance. **Methods:** A cross-sectional study was conducted with 40 patients with HF. Functional tests, muscle strength (handgrip strength – HGS and quadriceps traction – QT), and quadriceps muscle architecture using ultrasound were evaluated. **Results:** The sample had a mean age of  $52.1 \pm 13.4$  years, with 75% being male. The walking test showed a negative correlation with quality of life ( $r = -0.442$ ;  $p = 0.007$ ) and a positive correlation with HGS ( $r = 0.436$ ;  $p = 0.005$ ). The Timed Up and Go (TUG) test was positively correlated with quality of life ( $r = 0.463$ ;  $p = 0.003$ ) and negatively correlated with HGS ( $r = -0.4$ ;  $p = 0.011$ ). Quadriceps thickness and volume were positively correlated with QT ( $r = 0.393$ ;  $p = 0.012$ ;  $r = 0.461$ ;  $p = 0.003$ ), but no correlation was found with functional tests. **Conclusions:** Functional tests correlate with quality of life, handgrip strength, and quadriceps isometric strength. However, no association was found between ultrasonographic parameters and functional performance.

## **Introdução**

A insuficiência cardíaca (IC) é uma condição crônica prevalente, caracterizada por disfunção estrutural ou funcional do coração, que compromete o suprimento sanguíneo adequado às demandas metabólicas do corpo<sup>1</sup>. Com uma crescente incidência em populações envelhecidas e elevada taxa de morbidade, a IC representa um significativo problema de saúde pública global, impondo um alto custo econômico e social aos sistemas de saúde. Entre os sintomas mais comuns da IC estão a dispneia, edema periférico e fadiga, que se agravam com a progressão da doença, refletindo uma resposta cardíaca inadequada ao exercício<sup>2</sup>.

A musculatura periférica desempenha um papel central no manejo e prognóstico da IC<sup>3</sup>. Estudos indicam que alterações na arquitetura e função muscular esquelética, especialmente no quadríceps femoral, estão fortemente associadas à intolerância ao exercício em pacientes com IC, impactando negativamente sua capacidade funcional e qualidade de vida (QV)<sup>4</sup>. Essas alterações incluem a perda de massa muscular e força, que comprometem a mobilidade, dos pacientes, dificultando a realização de atividades diárias, além de aumentar o risco de quedas e outras complicações<sup>5</sup>.

A avaliação da musculatura periférica é, portanto, essencial para o prognóstico desses pacientes, considerando o impacto da IC na força e função muscular<sup>6</sup>. A ultrassonografia muscular (USM) tem se destacado como um método não invasivo, sensível e reprodutível para avaliar e monitorar a progressão da IC, bem como a resposta ao tratamento<sup>7</sup>. Além disso, métodos como a dinamometria de preensão palmar (DPP) e a dinamometria de tração (DT) são amplamente validados para avaliar a força muscular esquelética. A DPP, frequentemente utilizada em cardiopatas, é um preditor de mortalidade em idosos e um indicador de comprometimento funcional, enquanto a DT avalia de maneira precisa a força muscular, permitindo a prescrição de treinos resistidos personalizados<sup>8,9</sup>.

A capacidade funcional, definida como habilidade de realizar atividades da vida diária (AVD), é um fator diretamente relacionado à QV dos pacientes

com IC <sup>10</sup>. O teste de caminhada de seis minutos (T6') é uma ferramenta amplamente utilizada para avaliar a tolerância ao esforço físico nesses pacientes, refletindo o grau de comprometimento cardiovascular <sup>11</sup>. Adicionalmente, o teste *timed up and go* (TUG) é utilizado para avaliar o risco de quedas, sendo um método prático e confiável para monitorar a mobilidade e o equilíbrio em idosos com IC <sup>12</sup>.

Diante do impacto significativo da IC na musculatura periférica e das limitações funcionais associadas, este estudo propõe avaliar a arquitetura muscular, a força muscular e a capacidade funcional de pacientes com IC em nível ambulatorial, correlacionando estes achados. Acredita-se que essa abordagem permita uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos fisiopatológicos envolvidos, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de reabilitação mais eficazes e personalizadas para essa população.

## **Métodos**

Este é um estudo transversal, realizado com pacientes do ambulatório de insuficiência cardíaca do Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul - Fundação Universitária de Cardiologia (IC-FUC), no período de janeiro de 2023 a abril de 2024.

Foram incluídos pacientes com o diagnóstico de IC em acompanhamento médico no ambulatório de IC do IC-FUC. Foram excluídos pacientes com descompensação da IC no momento e no mês anterior a avaliação, angina instável, hipertensão arterial sistêmica não controlada, hipoxemia em repouso, pressão arterial sistólica em repouso superior a 180 mmHg ou pressão arterial diastólica em repouso superior a 110 mmHg, taquicardia em repouso (FC maior que 120 bpm) e comprometimento motor devido a sequelas de outras doenças.

Os participantes foram selecionados com a colaboração dos médicos responsáveis pelo ambulatório. Após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foi realizada a anamnese em sala privativa, onde foram

coletados dados demográficos e antropométricos (altura e peso), além da aplicação dos instrumentos descritos a seguir.

**Qualidade de vida:** A QV foi avaliada com a versão brasileira do Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire (MLHFQ), composto por 21 itens com escala de resposta de seis pontos (0 a 5), totalizando um escore de 0 a 105, onde menores valores indicam melhor QV <sup>13</sup>.

**Força muscular periférica:** A força de preensão palmar (FPP) foi medida com um dinamômetro, com o paciente sentado, ombros aduzidos, cotovelos a 90° e antebraço em posição neutra. Foram realizadas três medidas consecutivas, sendo utilizada a média como valor final <sup>14</sup>. Para medir a força muscular do quadríceps utilizou-se o dinamômetro de tração, modelo E-lastic®, posicionado no tornozelo do paciente. Cada participante realizou de 3 a 5 repetições de extensão do joelho, e foi considerado o maior valor registrado<sup>15</sup>.

**Arquitetura muscular do quadríceps:** A avaliação da arquitetura muscular foi realizada por US com sistema de ultrassom (Voluson i®, GE) com uma sonda de arranjo linear (60 mm, 7,5 MHz - Voluson i®, GE). Um único pesquisador obteve as imagens com o paciente em repouso, utilizando gel transmissor entre a sonda e a pele para minimizar a pressão e evitar deformação dos tecidos <sup>16</sup>. Para o músculo reto femoral e vasto lateral, as imagens foram coletadas com a sonda posicionada longitudinalmente, obtendo-se três imagens para cálculo da média dos parâmetros de arquitetura muscular. A sonda foi posicionada sobre os músculos reto femoral e vasto lateral nos respectivos pontos correspondentes a 50% da distância entre o trocânter maior e o côndilo lateral do fêmur <sup>16</sup>. Estas imagens foram utilizadas na avaliação dos seguintes parâmetros de arquitetura muscular: (1) espessura muscular, que é mensurada por meio de uma linha perpendicular entre a aponeurose superficial e a aponeurose profunda do músculo; (2) comprimento de fascículo, que representa o comprimento da fibra muscular e é um parâmetro que denota o número de sarcômeros alinhados em série; e (3) ângulo de penação das fibras, obtido por meio do ângulo formado entre a aponeurose profunda e o fascículo, que se constitui em um indicativo do calibre

das fibras musculares (ou seja, o número sarcômeros alinhados em paralelo)<sup>16</sup>. Adicionalmente, foram coletadas imagens transversais, obtidas no sentido transversal às fibras musculares dos músculos reto femoral e vasto intermédio para estimar o volume muscular. Essas imagens foram coletadas sobre o ponto correspondente a 50% do comprimento da distância entre o trocânter do fêmur e o espaço intercondilar entre fêmur e tíbia<sup>17</sup>.

**Capacidade funcional:** A capacidade funcional foi mensurada por meio do T6', realizado em um corredor de 30 metros e livre de circulação. Foram monitorados os sinais vitais (pressão arterial, frequência cardíaca, saturação) e a escala de BORG modificada, antes e após o teste. Ao término do teste foi verificada a distância percorrida pelo indivíduo<sup>11</sup>.

**Mobilidade e Independência:** A mobilidade foi avaliada por meio do TUG o paciente estava sentado em uma cadeira. Após o comando "vá", o tempo foi registrado até o paciente retornar e se sentar. Tempos inferiores a 10 segundos indicam independência funcional, entre 10 e 19 segundos, independência funcional moderada, de 20 a 29 segundos, mobilidade comprometida, e 30 segundos ou mais, dependência funcional<sup>12</sup> Para avaliar a independência foi realizado o teste do sentar e levanta (TSL). Para realizar o TSL, o participante, sentado em uma cadeira sem braços, realizou movimentos de levantar e sentar com os braços cruzados sobre o peito por um período de 1 minuto, onde contou-se o máximo de repetições<sup>18</sup>.

**Considerações éticas:** O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Ciências da Saúde de Porto Alegre sob o número 58743822.0.0000.5345.

**Análise estatística:** As variáveis foram analisadas quanto à normalidade por meio de teste de Shapiro-Wilk. Foram aplicados testes de correlação de Pearson (para dados paramétricos) e Spearman (para dados não paramétricos), de acordo com a normalidade das variáveis. As análises foram realizadas no software SPSS versão 20.0, sendo considerados significativos os

resultados com  $p < 0,05$ . Médias e desvios padrão foram calculadas para variáveis demográficas e clínicas para caracterização da amostra.

## Resultados

A amostra foi composta por 40 indivíduos com idade média de  $52,1 \pm 13,4$  anos, sendo 75 % do sexo masculino. O índice de massa corpórea (IMC) médio foi de  $27,8 \pm 5 \text{ kg/m}^2$ . Entre as comorbidades mais prevalentes estavam HAS (62,5 %), arritmias (50 %), e dislipidemia (42,5 %). A tabela 1 mostra estes resultados.

Nos testes funcionais, a distância média percorrida no T6' foi de  $418,4 \pm 100,6$  metros. O tempo médio no TUG foi de  $8,3 \pm 1,7$  segundos, enquanto no TSL os participantes realizaram em média  $18,7 \pm 4,8$  repetições. A FPP apresentou uma média de  $39 \pm 10,7 \text{ kg}$ , enquanto a força de quadríceps avaliada pelo DT foi de  $37 \pm 13 \text{ kg}$  (tabela 2).

Na análise de correlação, a distância percorrida no T6' apresentou uma correlação negativa com a pontuação de QV ( $r = -0,442$ ,  $p = 0,007$ ), indicando que uma melhor capacidade funcional está associada a uma melhor QV. O T6' também mostrou uma correlação positiva com a FPP ( $r = 0,436$ ,  $p = 0,005$ ), sugerindo que maior força de preensão está associada a uma melhor capacidade funcional. O tempo do TUG apresentou uma correlação positiva com a pontuação de QV ( $r = 0,463$ ,  $p = 0,003$ ), sugerindo que menor mobilidade está associada a uma pior QV. Além disso, o tempo do TUG também apresentou uma correlação negativa com a FPP ( $r = -0,400$ ,  $p = 0,011$ ), indicando que maior força de preensão está associada a uma melhor mobilidade (tabela 3).

Em relação à ultrassonografia muscular, a espessura do quadríceps apresentou correlação moderada com a força de tração ( $r = 0,393$ ;  $p = 0,012$ ), e o volume muscular teve correlação significativa com a mesma variável ( $r = 0,461$ ;  $p = 0,003$ ), indicando que maior massa muscular está associada a maior força. O volume do quadríceps também teve uma correlação significativa com a força de tração ( $r = 0,461$ ,  $p = 0,003$ ), reforçando o papel do volume muscular



na força funcional. Por outro lado, não foram observadas correlações significativas entre as variáveis de arquitetura muscular (espessura, volume, comprimento do fascículo e ângulo de penação) e os testes funcionais ou de QV ( $p > 0,05$ ). Esses achados sugerem que, nesta amostra, a arquitetura muscular avaliada por ultrassonografia não apresentou relação direta com a funcionalidade percebida ou autorreferida pelos pacientes com IC (tabela 4).

## **Discussão**

O presente estudo identificou correlações significativas entre variáveis morfológicas e funcionais em pacientes com IC. Embora não tenham sido observadas associações entre os parâmetros de arquitetura muscular do quadríceps (espessura, volume, comprimento de fascículo e ângulo de penação) e o desempenho funcional nos testes T6', TUG e TSL, foi evidenciada uma correlação moderada entre a espessura e o volume muscular com a força isométrica de quadríceps. Esses achados sugerem que a estrutura muscular está mais fortemente relacionada à capacidade de geração de força do que ao desempenho funcional direto, que é influenciado por múltiplos fatores sistêmicos.

Paralelamente, a FFP apresentou correlações significativas com a capacidade funcional e a mobilidade, reforçando seu valor como marcador global da força muscular e preditor de funcionalidade. A associação entre menor tempo no TUG e maior FFP, assim como a correlação positiva entre essa força e a distância percorrida no T6', destacam a utilidade clínica desse método simples, já validado em outras populações com doenças crônicas.

Esses achados destacam a relevância dos testes funcionais na avaliação da capacidade física e do impacto funcional em pacientes cardiopatas, reforçando o papel dessas ferramentas, amplamente reconhecido em diretrizes internacionais, como as da European Society of Cardiology (ESC)

19.

A relação entre a distância percorrida no T6' e a QV evidencia que a capacidade funcional não só reflete o desempenho físico, mas também a percepção subjetiva de bem-estar. Esses achados corroboram Zhuang et al.<sup>20</sup>,

que afirmam que a capacidade funcional é um dos principais determinantes da QV em pacientes com IC.

Entretanto, não se observaram correlações estatisticamente significativas entre os parâmetros ecográficos do quadríceps, como espessura, volume, ângulo de penação e comprimento do fascículo, e os desempenhos nos testes funcionais. Embora se esperasse que variáveis relacionadas à arquitetura muscular contribuíssem para um melhor desempenho funcional, os resultados indicam que essas características estruturais, por si só, não são preditores confiáveis da funcionalidade em pacientes com IC. Estudos prévios, como os de BAPTISTA e VAZ<sup>21</sup>, já apontaram para a complexidade dessa relação, sugerindo que fatores bioenergéticos e qualitativos podem ter um impacto mais relevante do que os parâmetros morfológicos isolados.

Uma possível explicação para essa ausência de correlação reside na função mitocondrial prejudicada frequentemente observada em pacientes com IC grave. A disfunção mitocondrial compromete a produção de energia nos músculos esqueléticos, especialmente durante atividades aeróbicas, como as realizadas no T6' <sup>22</sup>. Ades et al.<sup>23</sup> reforçam que a resposta funcional ao treinamento aeróbico está mais relacionada à biogênese mitocondrial do que a alterações na massa muscular. Dessa forma, mesmo com uma arquitetura muscular preservada, limitações bioenergéticas podem impedir melhorias no desempenho funcional.

Além disso, a redução da oxigenação muscular durante o exercício pode indicar disfunções microvasculares que limitam a capacidade dos músculos em sustentar atividades prolongadas<sup>24</sup>. Isso é particularmente relevante em pacientes com IC, cuja intolerância ao exercício é uma característica marcante e multifatorial<sup>25</sup>. Nesse contexto, a infiltração de gordura intermuscular (IGI) emerge como um fator crítico. Estudos indicam que a IGI, comum em condições crônicas como a IC, prejudica a qualidade muscular e reduz a eficiência contrátil, impactando diretamente o desempenho funcional <sup>26,27</sup>.

Embora a USM seja uma ferramenta valiosa para a avaliação da morfologia muscular, conforme mencionado por Harris et al.<sup>28</sup>, a ausência de correlação significativa entre a USM do quadríceps e os testes funcionais pode ser explicada por estudos que exploram a relação entre a qualidade muscular e a função mitocondrial em pacientes com IC. Como discutido também por Tucker et al.<sup>29</sup>, a massa muscular e IGI, obtidas por meio da USM, relacionam-se com a força muscular, mas não captam plenamente a funcionalidade muscular, particularmente nas condições patológicas como a insuficiência cardíaca.

Além disso, Saraiva et al.<sup>30</sup> demonstraram que a ecogenicidade muscular, um índice da qualidade muscular, pode ser mais importante para a avaliação da funcionalidade do que a espessura ou o volume muscular em doentes com IC. Este estudo, presencialmente focado nas medidas de arquitetura muscular, pode não ter captado estas alterações qualitativas, o que explicaria a falta de correlação encontrada.

Adicionalmente, estudos, como de Mirzai et al.<sup>31</sup>, indicam que a perda do músculo em doentes com IC não é simplesmente a redução da massa, mas engloba alterações da arquitetura e da qualidade das fibras musculares. Tal divergência pode ser justificada pelas complexidades da IC, onde a capacidade funcional é influenciada por uma combinação de fatores, incluindo perfusão muscular, função mitocondrial e descondicionamento sistêmico <sup>26</sup>.

Por outro lado, os achados deste estudo destacam a FPP como um marcador significativo da capacidade funcional, sendo positivamente correlacionada com a distância percorrida no T6' e negativamente com o tempo do TUG. Esses resultados evidenciam o papel da FPP como um indicador global da força muscular e da funcionalidade física, alinhando-se com estudos prévios que utilizam esse parâmetro como preditor de desfechos clínicos em populações geriátricas e pacientes com doenças cardíacas <sup>32</sup>.

Um achado atípico deste estudo foi a correlação negativa significativa entre o ângulo de penação do vasto lateral e a FPP ( $r = -0,338$ ,  $p = 0,003$ ).

Embora estatisticamente significativo, este resultado provavelmente reflete um evento ao acaso, considerando a ausência de uma base fisiológica ou biomecânica plausível que explique a relação direta entre a arquitetura muscular de um músculo dos membros inferiores e a força muscular dos membros superiores. É possível que fatores sistêmicos, como inflamação crônica, sarcopenia ou condições clínicas que afetam a musculatura de forma generalizada em pacientes com insuficiência cardíaca, tenham influenciado ambos os parâmetros de maneira independente <sup>33</sup>. Além disso, a possibilidade de interferência de confusores não controlados ou o impacto do tamanho da amostra não pode ser descartada.

Esse achado reforça a natureza multifatorial da IC, em que a funcionalidade muscular é modulada por uma interação complexa de fatores além da atrofia muscular <sup>34</sup>. A ausência de correlação entre a FPP e os parâmetros ecográficos do quadríceps sugere que elementos como IGI, disfunção mitocondrial e inflamação sistêmica desempenham papéis críticos na limitação funcional desses pacientes <sup>35</sup>. Esses aspectos destacam que a funcionalidade muscular não pode ser explicada exclusivamente por parâmetros estruturais, evidenciando a necessidade de uma abordagem mais ampla que contemple variáveis metabólicas, inflamatórias e bioenergéticas <sup>32</sup>. Assim, uma avaliação integrada e multidimensional é indispensável para compreender as limitações físicas e metabólicas impostas pela IC, bem como para otimizar estratégias de tratamento e reabilitação <sup>36</sup>.

### **Limitações e Perspectivas**

Entre as limitações do estudo, destaca-se o tamanho reduzido da amostra, que pode ter limitado a detecção de correlações mais sutis entre as variáveis investigadas. Além disso, a USM não incluiu medidas de ecogenicidade, que poderiam fornecer informações mais detalhadas sobre a qualidade muscular. Estudos futuros devem incluir essas avaliações e explorar intervenções que combinem exercícios aeróbicos e resistidos, visando melhorar tanto a bioenergética quanto a composição muscular.

### **Conclusão**

Baseando-se nos resultados do presente estudo, é possível afirmar que a relação entre a arquitetura muscular em pacientes com IC e o desempenho funcional é complexa e multifatorial. Embora os testes de funcionalidade (T6', TLS e TUG) tenham mostrado correlação significativa com qualidade de vida, FPP e força isométrica do quadríceps, não foi encontrada correlação significativa entre os parâmetros ecográficos da musculatura do quadríceps (espessura, volume, comprimento do fascículo e ângulo de penação) e o desempenho funcional dos pacientes. Adicionalmente, a força muscular avaliada por DT e de DPP demonstrou uma relação significativa com alguns dos achados ecográficos, como o ângulo de penação e a espessura muscular, embora a ausência de correlação consistente com o desempenho funcional sugira que essas associações podem ser moduladas por fatores sistêmicos e não apenas locais.

Esses resultados reforçam que a arquitetura muscular, isoladamente, não pode ser considerada um preditor confiável da capacidade funcional ou da QV em pacientes com IC. Em contrapartida, a força muscular e os testes funcionais, como o T6', TSL e TUG, continuam sendo melhores indicadores de bem-estar e desempenho funcional. Dessa forma, a avaliação integrada e multidimensional, que inclua testes funcionais e medidas de força, é essencial para compreender as limitações impostas pela IC e orientar intervenções que priorizem o fortalecimento muscular e a funcionalidade, visando a melhora da QV e da independência funcional. Estudos futuros devem investigar estratégias que combinem intervenções sistêmicas e locais para otimizar os resultados clínicos nesses pacientes.

## **Referências**

1. Rohde LEP, Montera MW, Bocchi EA, Clausell NO, de Albuquerque DC, Rassi S, et al. Diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica e aguda. *Arq Bras Cardiol.* 2018 Sep 1;111(3):436–539. doi: 10.5935/abc.20180190.
2. Tomasoni D, Adamo M, Lombardi CM, Metra M. Highlights in heart failure. *ESC Heart Fail.* 2019 Dec 29;6(6):1105–27. doi: 10.1002/ehf2.12555.

3. Belli JFC, Bacal F, Bocchi EA, Guimarães GV. Comportamento do ergorreflexo na insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2011 Aug;97(2):171–8. doi: 10.1590/S0066-782X2011005000072.
4. Saw EL, Werner LD, Zamani P, Chirinos JA, Valero-Muñoz M, Sam F. Skeletal muscle phenotypic switching in heart failure with preserved ejection fraction. *Front Cardiovasc Med.* 2022 Dec 1;9. doi: 0.3389/fcvm.2022.1016452.
5. Aubertin-Leheudre M, Martel D, Narici M, Bonnefoy M. The usefulness of muscle architecture assessed with ultrasound to identify hospitalized older adults with physical decline. *Exp Gerontol.* 2019 Oct;125:110678. doi: 10.1016/j.exger.2019.110678.
6. Nogueira IDB, Nogueira PA de MS, Vieira RHG, Souza RJS de, Coutinho AE, Ferreira GMH. Capacidade funcional, força muscular e qualidade de vida na insuficiência cardíaca. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2017 May;23(3):184–8. doi: 10.1590/1517-869220172303162427.
7. Abraham A, Drory VE, Fainmesser Y, Lovblom LE, Bril V. Quantitative sonographic evaluation of muscle thickness and fasciculation prevalence in healthy subjects. *Muscle Nerve.* 2020 Feb 28;61(2):234–8. doi: 10.1002/mus.26758.
8. Labott BK, Bucht H, Morat M, Morat T, Donath L. Effects of Exercise Training on Handgrip Strength in Older Adults: A Meta-Analytical Review. *Gerontology.* 2019;65(6):686–98. doi: 10.1159/000501203.
9. Geraldles AAR, Oliveira ARM de, Albuquerque RB de, Carvalho JM de, Farinatti P de T V. A força de preensão manual é boa preditora do desempenho funcional de idosos frágeis: um estudo correlacional múltiplo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2008 Feb;14(1):12–6. doi: 10.1590/S1517-86922008000100002.
10. Ulbrich AZ, Netto AS, Angarten VG, Marques T, Sties SW, Carvalho T de. Capacidade funcional como preditor de qualidade de vida na insuficiência cardíaca. *Fisioterapia em Movimento.* 2013 Dec;26(4):845–53. doi: 10.1590/S0103-51502013000400013.
11. Gibbons RJ, Balady GJ, Timothy Bricker J, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. *J Am Coll Cardiol.* 2002 Oct;40(8):1531–40. doi: 10.1016/S0735-1097(02)02164-2.

12. Barry E, Galvin R, Keogh C, Horgan F, Fahey T. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta- analysis. BMC Geriatr. 2014 Dec 1;14(1):14. doi: 10.1186/1471-2318-14-14.
13. Carvalho VO, Guimarães GV, Carrara D, Bacal F, Bocchi EA. Validação da versão em português do Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire. Arq Bras Cardiol. 2009 Jul;93(1):39–44. doi: 10.1590/S0066-782X2009000700008.
14. Dias JA, Ovando AC, Kulkamp W, Borges JR NG. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida DOI:10.5007/1980-0037.2010v12n3p209. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. 2011 Jan 1;12(3). doi: 10.5007/1980-0037.2010v12n3p209.
15. Garcia D, de Sousa Neto IV, de Souza Monteiro Y, Magalhães DP, Ferreira GML, Grisa R, et al. Reliability and Validity of a Portable Traction Dynamometer in Knee-Strength Extension Tests: An Isometric Strength Assessment in Recreationally Active Men. Healthcare. 2023 May 18;11(10):1466. doi: 10.3390/healthcare11101466.
16. Blazeovich AJ, Gill ND, Zhou S. Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed *in vivo*. J Anat. 2006 Sep 14;209(3):289–310. doi: 10.1111/j.1469-7580.2006.00619.x.
17. Kanehisa H, Ito M, Kawakami Y, Fukunaga T, Miyatani M. The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. Eur J Appl Physiol. 2004 Mar 1;91(2–3):264–72. doi: 10.1007/s00421-003-0974-4.
18. C. Pereira<sup>1</sup> M, M. Moreira<sup>1</sup> M, A.R. Mendes<sup>2</sup> F. One minute sit-to-stand test as an alternative to measure functional capacity in patients with pulmonary arterial hypertension. Jornal Brasileiro de Pneumologia. 2022 Jun 30;e20210483. doi: 10.36416/1806-3756/e20210483.
19. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2023 Focused Update of the 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. Eur Heart J. 2023 Oct 1;44(37):3627–39. doi: 10.1093/eurheartj/ehad195.

20. Zhuang C, Luo X, Wang Q, Wang W, Sun R, Zhang X, et al. The effect of exercise training and physiotherapy on diastolic function, exercise capacity and quality of life in patients with heart failure with preserved ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *Kardiol Pol.* 2021 Oct 29;79(10):1107–15. doi: 10.33963/KP.a2021.0101.
21. Baptista RR, Vaz MA. Arquitetura muscular e envelhecimento: adaptação funcional e aspectos clínicos; revisão da literatura. *Fisioterapia e Pesquisa.* 2009 Dec;16(4):368–73. doi: 10.1590/S1809-29502009000400015.
22. Da Dalt L, Cabodevilla AG, Goldberg IJ, Norata GD. Cardiac lipid metabolism, mitochondrial function, and heart failure. *Cardiovasc Res.* 2023 Aug 19;119(10):1905–14. doi: 10.1093/cvr/cvad100.
23. Ades PA, Keteyian SJ, Balady GJ, Houston-Miller N, Kitzman DW, Mancini DM, et al. Cardiac Rehabilitation Exercise and Self-Care for Chronic Heart Failure. *JACC Heart Fail.* 2013 Dec;1(6):540–7. doi: 10.1016/j.jchf.2013.09.002.
24. Scandalis L, Kitzman DW, Nicklas BJ, Lyles M, Brubaker P, Nelson MB, et al. Skeletal Muscle Mitochondrial Respiration and Exercise Intolerance in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *JAMA Cardiol.* 2023 Jun 1;8(6):575. doi: 10.1001/jamacardio.2023.0957.
25. Piepoli MF, Guazzi M, Boriani G, Cicciola M, Corrà U, Libera LD, et al. Exercise intolerance in chronic heart failure: mechanisms and therapies. Part I. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation.* 2010 Dec;17(6):637–42. doi: 10.1097/HJR.0b013e3283361dc5.
26. Lena A, Anker MS, Springer J. Muscle Wasting and Sarcopenia in Heart Failure—The Current State of Science. *Int J Mol Sci.* 2020 Sep 8;21(18):6549. doi: 10.3390/ijms21186549.
27. Takada S, Sabe H, Kinugawa S. Abnormalities of Skeletal Muscle, Adipocyte Tissue, and Lipid Metabolism in Heart Failure: Practical Therapeutic Targets. *Front Cardiovasc Med.* 2020 May 12;7. doi: 10.3389/fcvm.2020.00079.
28. Harris-Love MO, Avila NA, Adams B, Zhou J, Seamon B, Ismail C, et al. The Comparative Associations of Ultrasound and Computed Tomography Estimates of Muscle Quality with Physical Performance and Metabolic Parameters in Older Men. *J Clin Med.* 2018 Oct 10;7(10):340. doi: 10.3390/jcm7100340.



29. Tucker WJ, Haykowsky MJ, Seo Y, Stehling E, Forman DE. Impaired Exercise Tolerance in Heart Failure: Role of Skeletal Muscle Morphology and Function. *Curr Heart Fail Rep*. 2018 Dec 3;15(6):323–31. doi: 10.1007/s11897-018-0408-6.
30. Saraiva RM, Costa AR. Sarcopenia: uma importante entidade ainda pouco investigada na insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol*. 2023;120(7):e20230387.
31. Mirzai S, Persits I, Martens P, Estep JD, Wilson Tang WH, Chen PH. Skeletal muscle quantity and quality evaluation in heart failure: comparing thoracic versus abdominopelvic CT approaches. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2024 Jul 4;40(8):1787–96. doi: 10.1007/s10554-024-03169-w.
32. Vaishya R, Misra A, Vaish A, Ursino N, D'Ambrosi R. Hand grip strength as a proposed new vital sign of health: a narrative review of evidences. *J Health Popul Nutr*. 2024 Jan 9;43(1):7. doi: 10.1186/s41043-024-00500-y.
33. de Berrazueta JR, Guerra-Ruiz A, García-Unzueta MT, Martín Toca G, Sainz Laso R, Sáez de Adana M, et al. Endothelial dysfunction, measured by reactive hyperaemia using strain-gauge plethysmography, is an independent predictor of adverse outcome in heart failure. *Eur J Heart Fail*. 2010 May 21;12(5):477–83. doi: 10.1093/eurjhf/hfq036.
34. Curcio F, Testa G, Liguori I, Papillo M, Flocco V, Panicara V, et al. Sarcopenia and Heart Failure. *Nutrients*. 2020 Jan 14;12(1):211. doi: 10.3390/nu12010211.
35. Cavalcante RP, Silva CP, De Moraes ER, De Oliveira FB, Monteiro Fantinati AM. CORRELAÇÃO ENTRE FORÇA DE PREENSÃO PALMAR, SINTOMAS OSTEOMUSCULARES, QUALIDADE DE VIDA E PERCEPÇÃO DE SAÚDE EM IDOSAS ATIVAS. *Movimenta (ISSN 1984-4298)*. 2022 Aug 11;15(2):e20220016. doi: 10.31668/movimenta.v15i2.12867.
36. Villacorta H. Insuficiência Cardíaca e Sarcopenia: O que Está no Meio? *Arq Bras Cardiol*. 2023 Nov 14;120(10). doi: 10.36660/abc.20230689.
- .

**Tabela 1. Características sociodemográficas e clínicas da amostra de estudo, prevalência de comorbidades e fatores de risco.**

| <b>Variável</b>          | <b>média ± DP<br/>n (%)</b> |
|--------------------------|-----------------------------|
| Idade (anos)             | 52,15 ± 13,44               |
| Sexo (masculino)         | 30 (75 %)                   |
| Peso (kg)                | 80,39 ± 18,14               |
| Altura (m)               | 1,69 ± 0,89                 |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> ) | 27,88 ± 5,03                |
| FEVE (%)                 | 25,88 ± 8,07                |
| <b>Comorbidades</b>      |                             |
| DAC                      | 10 (25 %)                   |
| IAM                      | 12 (30 %)                   |
| HAS                      | 25 (62,5 %)                 |
| DM                       | 13 (32,5 %)                 |
| AVE                      | 7 (17,5 %)                  |
| DRC                      | 2 (5 %)                     |
| Arritmia                 | 20 (50 %)                   |
| Dislipidemia             | 17 (42,5 %)                 |
| Dispositivos eletrônicos | 18 (45 %)                   |
| Depressão                | 5 (12,5)                    |
| Tabagista                |                             |
| Ativos                   | 2 (5 %)                     |
| Ex tabagista             | 15 (37,5 %)                 |
| Ex etilista              | 11 (27,5 %)                 |

Descrição das variáveis sociodemográficas e clínicas dos participantes do estudo, incluindo idade, sexo, peso, altura, índice de massa corpórea (IMC), fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), distribuição das comorbidades e fatores de risco na amostra estudada, como doença arterial coronariana (DAC), hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes mellitus (DM), e outros. Os resultados são apresentados como média ± desvio padrão (DP) ou número de casos (n) e porcentagem (%).

**Tabela 2. Desempenho nos testes funcionais e pontuação no questionário de qualidade de vida**

| <b>Variável</b>   | <b>média ± DP</b> |
|-------------------|-------------------|
| DPP (kg)          | 39 ± 10,7         |
| DT (kg)           | 37 ± 13,1         |
| TC6' (m)          | 418 ± 100         |
| TSL1' (repetição) | 18 ± 4,9          |
| TUG (seg)         | 8 ± 1,7           |
| Minnesota         | 44 ± 28,2         |

Resultados dos testes de força muscular (dinamometria de preensão palmar (DPP) e dinamometria de tração (DT), testes funcionais (Teste de caminhada de 6 minutos (T6'), teste de senta e levanta de 1 minuto (TSL) e timed up and go (TUG)) e do questionário de qualidade de vida (Minnesota), expressos como média ± desvio padrão (DP).

**Tabela 3. Correlação entre arquitetura muscular do quadríceps e DT, DPP e QV.**

| Variável                    | DT                      |            | DPP                     |            | QV                      |            |
|-----------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
|                             | Coefficiente correlação | Valor de p | Coefficiente correlação | Valor de p | Coefficiente correlação | Valor de p |
| Espessura do quadríceps     | 0,393*                  | 0,012      | 0,232                   | 0,151      | -0,048                  | 0,768      |
| Volume do quadríceps        | 0,461**                 | 0,003      | 0,158                   | 0,330      | 0,048                   | 0,767      |
| Espessura do RF             | 0,309                   | 0,053      | 0,146                   | 0,369      | 0,120                   | 0,462      |
| Comprimento do fascículo RF | 0,174                   | 0,284      | 0,183                   | 0,259      | 0,190                   | 0,239      |
| Ângulo de penetração RF     | 0,011                   | 0,945      | -0,182                  | 0,261      | -0,165                  | 0,309      |
|                             |                         |            |                         |            |                         |            |
| Espessura do VL             | 0,421*                  | 0,007      | 0,120                   | 0,461      | 0,104                   | 0,522      |
| Comprimento do fascículo VL | 0,223                   | 0,166      | 0,454**                 | 0,003      | 0,309                   | 0,052      |
| Ângulo de penetração VL     | 0,167                   | 0,302      | -0,338*                 | 0,033      | -0,292                  | 0,068      |

Correlação entre a arquitetura muscular e a força muscular do quadríceps avaliada pela dinamometria de tração (DT), força de preensão palmar por dinamometria de preensão palmar (DPP) e qualidade de vida (QV) pela escala Minnesota, mostrando coeficientes de correlação e valores de p.

**Tabela 4. Correlação entre testes funcionais e QV, DPP, DT e arquitetura muscular.**

| <b>Variável</b> | <b>T6'</b> | <b>TSL</b> | <b>TUG</b> |
|-----------------|------------|------------|------------|
| <b>QV</b>       |            |            |            |
| Correlação      | -0,442*    | -0,473*    | 0,463*     |
| Valor de p      | 0,007      | 0,002      | 0,003      |
| <b>DPP</b>      |            |            |            |
| Correlação      | 0,436*     | 0,211      | -0,400*    |
| Valor de p      | 0,005      | 0,191      | 0,011      |
| <b>DT</b>       |            |            |            |
| Correlação      | 0,238      | 0,265      | -0,304     |
| Valor de p      | 0,139      | 0,098      | 0,057      |
| <b>EMQ</b>      |            |            |            |
| Correlação      | 0,126      | 0,256      | -0,180     |
| Valor de p      | 0,439      | 0,111      | 0,111      |
| <b>VMQ</b>      |            |            |            |
| Correlação      | 0,097      | 0,180      | -0,202     |
| Valor de p      | 0,551      | 0,266      | 0,212      |
| <b>CFRF</b>     |            |            |            |
| Correlação      | 0,117      | -0,115     | -0,072     |
| Valor de p      | 0,473      | 0,925      | 0,661      |
| <b>APRF</b>     |            |            |            |
| Correlação      | -0,208     | 0,057      | 0,019      |
| Valor de p      | 0,198      | 0,726      | 0,908      |
| <b>ERF</b>      |            |            |            |
| Correlação      | 0,067      | 0,061      | -0,133     |
| Valor de p      | 0,679      | 0,710      | 0,412      |
| <b>CFVL</b>     |            |            |            |
| Correlação      | 0,136      | 0,191      | -0,203     |
| Valor de p      | 0,402      | 0,239      | 0,209      |
| <b>APVL</b>     |            |            |            |
| Correlação      | -0,058     | 0,170      | 0,060      |
| Valor de p      | 0,721      | 0,294      | 0,711      |
| <b>EVL</b>      |            |            |            |
| Correlação      | 0,136      | 0,191      | -0,249     |
| Valor de p      | 0,402      | 0,239      | 0,121      |

Análise de correlação entre arquitetura muscular, força muscular (DT e DPP) e qualidade de vida (QV) com os testes funcionais (T6', TUG, TSL). Os coeficientes de correlação de Pearson (r) e os valores de p são apresentados.

## 5 CONCLUSÃO GERAL

A relação entre a arquitetura muscular e o desempenho funcional em pacientes com insuficiência cardíaca é complexa e influenciada por múltiplos fatores fisiológicos e sistêmicos. Embora os testes funcionais - como o teste de caminhada de seis minutos, o teste de sentar e levantar e o teste *timed up and go* - tenham demonstrado associação significativa com a força muscular e a qualidade de vida, não foram observadas correlações relevantes entre os parâmetros ecográficos do quadríceps (espessura, volume, comprimento de fascículo e ângulo de penetração) e o desempenho funcional.

Por outro lado, a força muscular, avaliada por dinamometria de preensão manual e tração, apresentou relação com aspectos estruturais específicos da musculatura, como espessura e ângulo de penetração, indicando que essas variáveis refletem parcialmente a capacidade contrátil. Esses achados reforçam que a avaliação morfológica isolada não é suficiente para prever a funcionalidade de pacientes com insuficiência cardíaca.

Dessa forma, a integração de testes funcionais e medidas de força muscular se destaca como abordagem mais eficaz na avaliação clínica dessa população, permitindo o direcionamento de intervenções reabilitadoras individualizadas. Este estudo contribui para o entendimento das limitações funcionais na insuficiência cardíaca e destaca a importância de estratégias de avaliação multidimensional para promover maior independência e qualidade de vida aos pacientes.

## **6 IMPACTOS DO TRABALHO**

Este estudo apresenta impactos relevantes tanto na esfera social quanto no campo científico. Do ponto de vista social, os achados reforçam a importância da avaliação funcional multidimensional no acompanhamento de pacientes com insuficiência cardíaca, destacando a necessidade de considerar variáveis além da arquitetura muscular, como força e desempenho funcional. Essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de reabilitação mais eficazes, individualizadas e centradas na funcionalidade, promovendo maior qualidade de vida e independência para essa população.

No campo da pesquisa, o trabalho amplia o entendimento sobre a relação entre a morfologia muscular e o desempenho funcional em pacientes com IC, e levanta novas questões sobre a relevância da qualidade muscular e os mecanismos fisiopatológicos envolvidos na limitação funcional. Esses achados oferecem base para futuras investigações, incluindo ensaios clínicos e intervenções voltadas à melhora da eficiência muscular e funcionalidade, especialmente no contexto da reabilitação cardiovascular.

## ANEXO

### Parecer de aprovação ética do projeto



Continuação do Parecer: 5.588.350

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento                                                     | Arquivo                | Postagem               | Autor                                   | Situação |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------|----------|
| Projeto Detalhado /<br>Brochura<br>Investigador                    | Projeto_Final.docx     | 17/08/2022<br>17:58:46 | Nestor Santos Daudt                     | Aceito   |
| Declaração de<br>Instituição e<br>Infraestrutura                   | instituiçao.pdf        | 02/08/2022<br>16:33:44 | Maria Lucia de Abreu<br>Pinheiro Guedes | Aceito   |
| Cronograma                                                         | Cronograma.docx        | 27/07/2022<br>16:11:18 | Maria Lucia de Abreu<br>Pinheiro Guedes | Aceito   |
| TCLE / Termos de<br>Assentimento /<br>Justificativa de<br>Ausência | TCLE2.docx             | 27/07/2022<br>16:09:07 | Maria Lucia de Abreu<br>Pinheiro Guedes | Aceito   |
| Projeto Detalhado /<br>Brochura<br>Investigador                    | PROJETO_MESTRADO2.docx | 27/07/2022<br>16:08:22 | Maria Lucia de Abreu<br>Pinheiro Guedes | Aceito   |
| Declaração de<br>Pesquisadores                                     | Responsab.pdf          | 27/07/2022<br>13:01:10 | Maria Lucia de Abreu<br>Pinheiro Guedes | Aceito   |
| TCLE / Termos de<br>Assentimento /<br>Justificativa de<br>Ausência | TCLE.docx              | 22/06/2022<br>17:59:17 | Pedro Dal Lago                          | Aceito   |
| Outros                                                             | TERMO_RELATORIO.pdf    | 04/05/2022<br>11:13:54 | Pedro Dal Lago                          | Aceito   |
| Outros                                                             | carta_anuencia.jpeg    | 30/03/2022<br>14:58:01 | Pedro Dal Lago                          | Aceito   |
| Projeto Detalhado /<br>Brochura<br>Investigador                    | PROJETO_MESTRADO.docx  | 30/03/2022<br>14:54:34 | Pedro Dal Lago                          | Aceito   |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Princesa Isabel, nº 370 - Centro Cultural Rubens Rodrigues - Ramal: 4136 e Av. Princesa Isabel, nº 395  
Bairro: Santana CEP: 90.620-000  
UF: RS Município: PORTO ALEGRE  
Telefone: (51)3230-3900 E-mail: cesp@icfuc@cardiologia.org.br