

Influência da função pulmonar na capacidade funcional de pacientes adultos com insuficiência cardíaca

Influence of lung function on the functional capacity of adult patients with heart failure

Mayanna Ferreira Santos ¹
Talita Buttarello Bucari ²

RESUMO

A insuficiência cardíaca (IC) compromete as funções cardiovascular e ventilatória, resultando em redução da capacidade funcional. A interação entre IC e a função pulmonar envolve congestão pulmonar, ativação neuro-hormonal e fraqueza da musculatura respiratória, culminando em dispneia, fadiga e intolerância ao esforço. Esta revisão integrativa analisou artigos publicados entre 2020 e 2024, nas bases de dados MEDLINE/PubMed, SciELO e Cochrane, na qual foram identificados 108 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão — estudos originais, realizados em adultos com IC, que avaliassem a relação entre função pulmonar e capacidade funcional — e exclusão, 15 artigos foram selecionados para compor a análise final. Os estudos demonstraram que pacientes com IC frequentemente apresentam padrão ventilatório restritivo, hipoxemia e redução da complacência pulmonar, comprometendo a oxigenação tecidual. Instrumentos como o Teste de Caminhada de Seis Minutos (TC6M) e a espirometria mostraram valor prognóstico e auxiliaram na estratificação do risco cardiovascular. Além disso, intervenções como o treinamento muscular respiratório e a ventilação não invasiva evidenciaram redução de sintomas e melhora do desempenho funcional. Assim, a avaliação precoce da função pulmonar e a integração da fisioterapia ao manejo clínico da IC são fundamentais para a melhora do prognóstico e da qualidade de vida desses pacientes.

Palavras-chave: Capacidade aeróbica, Espirometria, Função pulmonar, Insuficiência cardíaca, Reabilitação cardiorrespiratória.

ABSTRACT

Heart failure (HF) impairs cardiovascular and ventilatory functions, resulting in reduced functional capacity. The interaction between HF and pulmonary function involves pulmonary congestion, neurohormonal activation, and respiratory muscle weakness, culminating in dyspnea, fatigue, and exercise intolerance. This integrative review analyzed articles published between 2020 and 2024 in the MEDLINE/PubMed, SciELO, and Cochrane databases, in which 108 articles were identified. After applying the inclusion criteria—original studies conducted in adults with HF that assessed the relationship between pulmonary function and functional capacity—and exclusion criteria, 15 articles were selected for the final analysis. The studies demonstrated that patients with HF frequently present a restrictive ventilatory pattern, hypoxemia, and reduced pulmonary compliance, compromising tissue oxygenation. Assessment tools such as the Six-Minute Walk Test (6MWT) and spirometry showed prognostic value and assisted in cardiovascular risk stratification. In addition, interventions such as respiratory muscle training and noninvasive ventilation demonstrated symptom reduction and improved functional performance. Thus, early assessment of pulmonary function and the integration of physiotherapy into the clinical management of HF are fundamental to improving prognosis and quality of life in these patients.

¹ Mestre em Ciências da Saúde (UFT). Curso de Fisioterapia da UniFACIMP Wyden (MA). Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-8708-6766> E-mail: mayannaferreira@gmail.com

² Doutora em Ciências (área Genética e Evolução) – UFSCar. Curso de Medicina e Mestrado em Ciências da Saúde - Universidade Federal do Tocantins. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8994-8225> E-mail: tmucari@uft.edu.br

Keywords: Heart failure, Pulmonary function, Aerobic capacity, Six-minute Walk test, Cardiorespiratory rehabilitation.

1. INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome clínica crônica e progressiva, caracterizada pela incapacidade do coração de bombear sangue de maneira eficaz, o que compromete o suprimento de oxigênio e nutrientes aos tecidos. Essa disfunção hemodinâmica está associada a mecanismos compensatórios neuro-hormonais, como a ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) e do sistema nervoso simpático (SNS), os quais, embora inicialmente benéficos, contribuem para o agravamento da sobrecarga cardíaca, retenção hídrica e remodelamento ventricular¹.

A interação entre os sistemas cardiovascular e respiratório em pacientes com IC é complexa, uma vez que alterações hemodinâmicas e metabólicas repercutem diretamente na função pulmonar. Entre os principais mecanismos envolvidos, destacam-se a congestão pulmonar, a retenção hídrica, a redução da complacência pulmonar, a hipoxemia e a disfunção da musculatura respiratória. Tais fatores promovem intolerância ao esforço, dispneia e fadiga precoce^{2,3}.

A hipoperfusão renal, decorrente da redução do débito cardíaco, ativa mecanismos compensatórios que favorecem a retenção de sódio e água, aumentando a pressão hidrostática capilar e promovendo congestão pulmonar. Esse processo compromete a mecânica ventilatória, reduz a eficiência das trocas gasosas e eleva o trabalho respiratório, predispondo ao desenvolvimento de hipoxemia e hiperventilação ineficaz⁴.

A fraqueza muscular respiratória constitui outro fator relevante na IC, afetando principalmente a musculatura inspiratória, como o diafragma. Essa condição contribui para ventilação superficial, aumento da percepção de esforço e limitação funcional. Ademais, a hipoperfusão tecidual e o desequilíbrio na oferta de oxigênio aos músculos respiratórios podem intensificar a fadiga durante a prática de atividades físicas ².

Além das disfunções fisiológicas, o uso crônico de múltiplos medicamentos — frequentemente necessário no manejo da IC — impõe riscos adicionais. A polifarmácia é prevalente nessa população e está associada a interações medicamentosas potencialmente

prejudiciais à função pulmonar e à capacidade funcional⁵.

Além dos aspectos fisiopatológicos, o tratamento farmacológico da IC — que inclui o uso de betabloqueadores e diuréticos — pode interferir na ventilação e no desempenho físico, exigindo monitoramento rigoroso e abordagem terapêutica individualizada.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo avaliar a influência da função pulmonar na capacidade funcional de pacientes adultos com IC, investigando suas implicações na tolerância ao esforço e na progressão da doença. Os resultados visam subsidiar intervenções mais eficazes e integradas, orientadas para a melhoria da qualidade de vida e do prognóstico funcional desses pacientes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, cujo objetivo é sintetizar as evidências científicas sobre a influência da função pulmonar na capacidade funcional de pacientes cardiopatas.

Consideraram-se publicações indexadas nas bases de dados Cochrane, PubMed e SciELO, no período de 2020 a 2024, nos idiomas português, inglês e espanhol. A busca foi realizada utilizando os seguintes descritores combinados por operadores booleanos, conforme os termos do Medical Subject Headings (MeSH) e os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): "Insuficiência Cardíaca" AND "Função Pulmonar" AND "Capacidade Funcional"; "Cardiopatas" AND "Reabilitação Pulmonar" AND "Teste de Caminhada de 6 Minutos"; "Espirometria" AND e "Capacidade Aeróbica" AND "Treinamento Muscular Respiratório".

Incluíram-se artigos originais, estudos clínicos, ensaios controlados randomizados e revisões sistemáticas que abordam a relação entre função pulmonar e capacidade funcional em pacientes com insuficiência cardíaca, além de estudos que avaliaram métodos diagnósticos, fisiopatologia, fatores prognósticos e intervenções terapêuticas voltadas para a melhora da capacidade funcional e da função pulmonar em cardiopatas. Foram excluídos relatos de caso, revisões narrativas sem metodologia explícita, estudos experimentais em

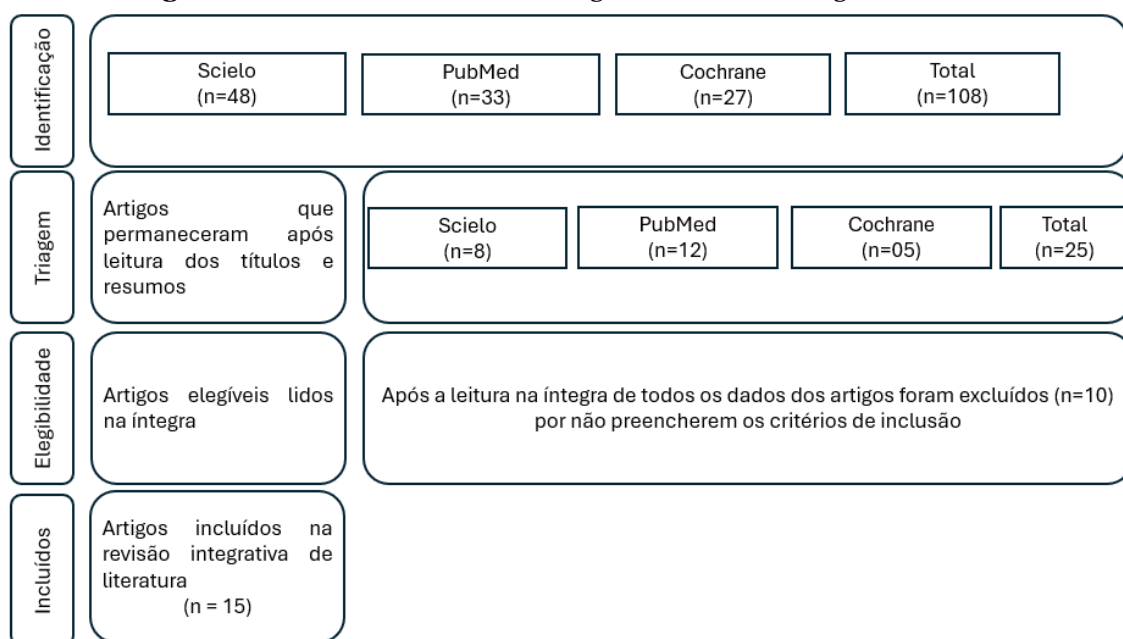
modelos animais, publicações duplicadas, e que não analisavam especificamente a função pulmonar em pacientes cardiopatas.

O processo de seleção seguiu três etapas: identificação dos estudos nas bases de dados e remoção de duplicatas pelo software Mendeley; triagem inicial por leitura de títulos e resumos; leitura completa dos estudos elegíveis e extração dos dados por meio de um formulário padronizado, incluindo informações sobre autores, ano de publicação, objetivo, metodologia, principais achados e conclusões.

A seleção dos estudos está representada no Fluxograma (Figura 1), detalhando o número de artigos identificados, excluídos e analisados na íntegra. Os dados foram extraídos e organizados tematicamente em quatro eixos principais, de acordo com a estratégia de análise temática:

- Mecanismos fisiopatológicos da relação entre função pulmonar e capacidade funcional em cardiopatas;
- Métodos e instrumentos de avaliação funcional e pulmonar em pacientes cardiopatas;
- Principais fatores pulmonares associados à redução da capacidade funcional;
- Intervenções terapêuticas e reabilitação cardiorrespiratória;

Figura 1 - Detalhamento da metodologia e escolha dos artigos científicos



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2025.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da primeira triagem realizada, foram encontrados 108 artigos, dos quais 15 foram selecionados para compor esta pesquisa. Para melhor compreensão, os artigos utilizados estão listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Apresentação e identificação dos artigos selecionados para a pesquisa.

ID	Autor/Ano	Título	Objetivo do Estudo	Principais Conclusões
E1	Bosnak-Guclu et al. (2020)	Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure.	Avaliar os efeitos do treinamento muscular inspiratório (TMI) na força muscular respiratória, capacidade de exercício e dispneia em pacientes com insuficiência cardíaca (IC).	O TMI melhorou significativamente a força muscular inspiratória, aumentou a capacidade de exercício e reduziu a dispneia, mostrando-se uma estratégia complementar eficaz na reabilitação de pacientes com IC.
E2	Carvalho et al. (2020)	Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular – 2020	Estabelecer recomendações baseadas em evidências para a reabilitação cardiovascular no Brasil.	A reabilitação cardiovascular reduz mortalidade e melhora a qualidade de vida, devendo ser oferecida de forma estruturada, segura e multiprofissional.
E3	Helal, Ferrari (2020)	Treinamento Muscular Inspiratório em Diferentes Intensidades na Insuficiência Cardíaca: Há Diferenças nas Alterações Hemodinâmicas Centrais?	Comparar os efeitos hemodinâmicos centrais do TMI em diferentes intensidades em pacientes com IC.	Diferentes intensidades de TMI geram respostas hemodinâmicas distintas, indicando a necessidade de individualização da prescrição.
E4	Da Silva et al. (2021)	Técnicas respiratórias na melhora da função pulmonar de cardiopatas: Uma Revisão Integrativa	Analisar evidências sobre técnicas respiratórias na melhora da função pulmonar em cardiopatas.	As técnicas respiratórias mostraram-se eficazes para melhora da função pulmonar e da capacidade funcional.
E5	Marcondes-Braga et al. (2021)	Atualização de Tópicos Emergentes da Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca – 2021.	Atualizar recomendações sobre manejo da IC, incluindo novas terapias.	A diretriz incorpora novas abordagens farmacológicas e não farmacológicas para otimizar o tratamento da IC.
E6	Palau et al. (2021)	Efeito da suspensão de β -bloqueadores na capacidade funcional em insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada.	Avaliar o impacto da suspensão de β -bloqueadores na capacidade funcional em IC com fração de ejeção preservada.	A suspensão pode melhorar a capacidade funcional em casos selecionados, exigindo avaliação clínica individualizada.
E7	Silva et al. (2021)	Efeitos das Técnicas Respiratórias Não Invasivas na Melhora da Função Pulmonar de	Revisar evidências sobre técnicas respiratórias não invasivas na função	Técnicas respiratórias não invasivas promovem melhora da função pulmonar e podem

		Cardiopatas: Revisão Integrativa.	pulmonar de cardiopatas.	integrar programas de reabilitação cardiovascular.
E8	Cunha et al. (2022)	Inspiratory muscle training improves inspiratory muscle strength and reduces respiratory symptoms in patients with chronic heart failure: A systematic review and meta-analysis	Avaliar os efeitos do TMI na força muscular inspiratória e sintomas respiratórios em IC crônica.	O TMI aumenta a força inspiratória e reduz sintomas respiratórios, especialmente dispneia.
E9	Ferrari (2022)	Função Pulmonar e Força Muscular Inspiratória na Insuficiência Cardíaca: Elas Podem ser Consideradas Potenciais Marcadores Prognósticos?	Discutir a função pulmonar e a força inspiratória como marcadores prognósticos na IC.	Ambas apresentam potencial prognóstico e podem auxiliar na estratificação de risco na IC.
E10	Ramalho et al. (2022)	Relação da função pulmonar e da força inspiratória com capacidade aeróbica e com prognóstico na insuficiência cardíaca.	Investigar a relação entre função pulmonar, força inspiratória, capacidade aeróbica e prognóstico na IC.	A função pulmonar e a força inspiratória associam-se à capacidade aeróbica e ao prognóstico clínico.
ID	Autor/Ano	Título	Objetivo do Estudo	Principais Conclusões
E11	Santos-de-Araújo et al. (2022)	Efeitos do treinamento muscular inspiratório na capacidade de exercício, força muscular inspiratória e qualidade de vida em indivíduos com Insuficiência cardíaca: uma revisão sistemática.	Analisar os efeitos do TMI na capacidade de exercício, força inspiratória e qualidade de vida.	O TMI melhora capacidade funcional, força inspiratória e qualidade de vida, sendo seguro e eficaz.
E12	Martins et al. (2023)	Insuficiência cardíaca aguda: revisão integrativa.	Analisar evidências sobre o manejo da insuficiência cardíaca aguda.	O manejo da IC aguda deve ser individualizado e multiprofissional, com foco na estabilização clínica.
E13	Pereira et al. (2023)	Fraqueza muscular inspiratória como fator limitante da capacidade funcional em insuficiência cardíaca: revisão sistemática.	Avaliar a relação entre fraqueza muscular inspiratória e capacidade funcional na IC.	A fraqueza muscular inspiratória limita significativamente a capacidade funcional, justificando intervenções específicas.
E14	Zheng et al. (2023)	Preserved ratio impaired spirometry in relationship to cardiovascular outcomes: a large prospective cohort study.	Avaliar a relação entre o padrão PRISm e desfechos cardiovasculares.	O padrão PRISm associa-se a maior risco de eventos cardiovasculares adversos.
E15	Yang et al. (2025)	Social isolation and loneliness increase the risk of coronary heart disease: Insights from a prospective cohort study.	Investigar a relação entre isolamento social, solidão e risco de doença arterial coronariana.	Isolamento social e solidão aumentam o risco de doença arterial coronariana, independentemente de fatores tradicionais.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Os resultados desta revisão foram organizados em quatro eixos temáticos, de modo a facilitar a análise crítica e permitir uma visão integrada sobre a relação entre função pulmonar

e capacidade funcional em pacientes com IC, avaliando as implicações na tolerância ao esforço e na progressão da doença, além da influência de fatores como uso de medicamentos e conduta terapêutica.

4.1 Mecanismos fisiopatológicos da relação entre função pulmonar e capacidade funcional em cardiopatas

Os estudos revisados evidenciam uma relação bidirecional complexa entre a função pulmonar e a capacidade funcional em pacientes com IC, mediada por mecanismos fisiopatológicos interdependentes (E1, E4, E11). Entre os principais fatores envolvidos, destacam-se congestão pulmonar, ativação neuro-hormonal, fraqueza muscular respiratória, alterações ventilatórias, disfunção endotelial e processos inflamatórios sistêmicos, que atuam de forma integrada para comprometer a tolerância ao exercício e a qualidade de vida.

A congestão pulmonar é um dos principais determinantes da limitação funcional. A ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) e do sistema nervoso simpático, como descrito em E11, promove vasoconstrição e retenção de sódio e água, elevando a pressão venosa pulmonar e favorecendo o extravasamento de líquidos para o interstício e os alvéolos. Esse acúmulo de líquido reduz a complacência pulmonar e aumenta o trabalho respiratório, resultando em dispneia, fadiga precoce e limitação funcional. A congestão também altera a relação ventilação/perfusão (V/Q), promovendo hipoxemia crônica, que compromete a oxigenação tecidual e acentua a fadiga muscular durante o esforço físico.

Além da congestão, a IC crônica está associada à desregulação ventilatória, frequentemente manifestada pelo padrão de respiração de Cheyne–Stokes. Esse padrão caracteriza-se por ciclos alternados de apneia e hiperpneia, gerando ineficiência ventilatória (E1), hipóxia intermitente e instabilidade hemodinâmica, fatores fortemente associados a piores desfechos clínicos e aumento do risco cardiovascular²⁰. A ativação dos quimiorreceptores centrais e periféricos contribui para hiperventilação compensatória, alcalose respiratória e intensificação de sintomas como tontura e intolerância ao esforço²¹.

A fraqueza da musculatura respiratória, incluindo diafragma e músculos intercostais, é outro componente crítico. Ela resulta de múltiplos fatores, como inatividade física,

inflamação sistêmica, desnutrição, efeitos adversos da farmacoterapia e disfunção autonômica. Essa fraqueza limita a ventilação alveolar, aumenta o espaço morto fisiológico e reduz a PaO₂ durante o esforço, contribuindo para a intolerância ao exercício e limitação funcional, conforme evidenciado no estudo E11. Além disso, a sarcopenia sistêmica associada à IC compromete a extração periférica de oxigênio, amplificando os efeitos da insuficiência ventilatória.

Os processos inflamatórios e oxidativos presentes na IC também desempenham papel relevante. A ativação crônica de citocinas pró-inflamatórias, como TNF- α e IL-6, promove disfunção endotelial, catabolismo muscular e remodelamento cardiovascular e pulmonar^{22,23}. Essas alterações contribuem para rigidez ventricular e pulmonar, redução da perfusão tecidual e piora da capacidade funcional. A literatura também sugere que o desequilíbrio entre espécies reativas de oxigênio e mecanismos antioxidantes favorece dano muscular periférico e respiratório, agravando a fadiga e a limitação ao exercício.

A hipertensão pulmonar secundária descrita por E12, frequentemente desenvolvida em resposta à hipoxemia e à congestão crônica, impõe sobrecarga ao ventrículo direito, comprometendo a perfusão muscular periférica e contribuindo para redução da resistência ao esforço. Ademais, a IC interfere na regulação metabólica, levando a disfunções mitocondriais nos músculos esqueléticos, redução da captação de oxigênio e acúmulo de metabólitos lácticos, fatores que limitam ainda mais a performance física^{24,25}.

Portanto, a capacidade funcional em pacientes com IC é determinada por uma rede complexa de interações (E1) entre coração, pulmão e musculatura periférica, modulada por fatores neuro-hormonais, inflamatórios, metabólicos e ventilatórios. Esses mecanismos reforçam a necessidade de uma abordagem multidimensional e integrada, envolvendo avaliação rigorosa da função pulmonar, monitoramento da capacidade funcional, otimização farmacológica e estratégias de reabilitação cardiorrespiratória, visando reduzir os impactos da disfunção cardiorrespiratória e melhorar a qualidade de vida do paciente²⁶.

4.2 Métodos e instrumentos de avaliação funcional e pulmonar em pacientes cardiopatas

A avaliação da função pulmonar e da capacidade funcional em pacientes com IC é essencial tanto para o monitoramento da progressão da doença quanto para a estratificação

de risco, permitindo a definição de estratégias terapêuticas individualizadas (E7). Além de auxiliar no planejamento de intervenções fisioterapêuticas, esses métodos oferecem informações prognósticas relevantes, permitindo identificar precocemente pacientes com maior vulnerabilidade a complicações cardiovasculares e respiratórias.

A espirometria é o exame de escolha para mensuração objetiva de parâmetros como capacidade vital forçada (CVF) e volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), essenciais para caracterizar padrões ventilatórios restritivos ou obstrutivos. Estudos como E9, E10 e E14 demonstram que pacientes com IC frequentemente apresentam redução da CVF e VEF1, mesmo na ausência de doenças respiratórias primárias, refletindo comprometimento funcional pulmonar secundário à congestão e à remodelação cardíaca. Esses achados indicam que a espirometria não apenas quantifica a função pulmonar, mas também serve como marcador de risco e ferramenta de monitoramento longitudinal, permitindo ajustar condutas fisioterapêuticas e farmacológicas conforme a evolução clínica^{27,28}.

O Teste de Caminhada de 6 minutos complementa a avaliação espirométrica ao fornecer uma medida funcional de tolerância ao esforço submáximo. Este teste avalia a capacidade aeróbica, a presença de dispneia induzida pelo exercício e a resposta cardiovascular ao esforço, oferecendo informações práticas para planejamento da reabilitação cardiorrespiratória. Como demonstrado em E1 e E11, pacientes submetidos a programas de reabilitação apresentaram aumento significativo da distância percorrida no TC6, associado à melhora da dispneia e da tolerância ao exercício, evidenciando a utilidade do teste como indicador funcional e prognóstico.

Além de espirometria e TC6, outros métodos complementares têm se mostrado valiosos na avaliação de pacientes cardiopatas. A pressão inspiratória máxima (PImáx) e a pressão expiratória máxima (PEmáx) avaliam a força da musculatura respiratória, sendo preditores importantes de capacidade funcional e tolerância ao exercício (E9). Pacientes com IC frequentemente apresentam redução desses parâmetros, refletindo fraqueza muscular respiratória que contribui para dispneia, fadiga e limitação nas atividades da vida diária (E13).

O exame de oximetria de pulso e a gasometria arterial também desempenham papel fundamental, permitindo a identificação de hipoxemia, hipercapnia e alterações no equilíbrio ácido-base decorrentes da disfunção ventilatória e da congestão pulmonar²⁹. Esses dados são

cruciais para detectar precocemente descompensações e orientar intervenções farmacológicas (E12) e fisioterapêuticas.

Instrumentos de avaliação funcional mais abrangentes, como o teste cardiopulmonar de exercício (CPET) ou ergoespirometria, permitem análise simultânea da função cardiovascular e respiratória durante o esforço progressivo, fornecendo informações detalhadas sobre VO₂ pico, limiar anaeróbico e inclinação VE/VCO₂, variáveis que têm valor prognóstico independente em pacientes com IC³⁰. Esses parâmetros são essenciais para personalizar programas de reabilitação cardiorrespiratória e monitorar resposta terapêutica em pacientes com IC de diferentes graus de gravidade (E2).

Portanto, a avaliação deve ser multidimensional e periódica, contemplando aspectos clínicos, funcionais e fisiológicos. A integração de métodos de avaliação pulmonar e funcional permite não apenas otimizar a reabilitação, mas também melhorar o prognóstico e a qualidade de vida de pacientes com IC, reforçando a necessidade de protocolos sistematizados e individualizados na prática clínica.

4.3 Principais fatores pulmonares associados à redução da capacidade funcional

A redução da capacidade funcional em pacientes com IC é multifatorial, resultante da interação entre alterações cardiovasculares, respiratórias e musculoesqueléticas. No entanto, fatores pulmonares desempenham papel determinante nesse processo, pois afetam diretamente a oxigenação, a ventilação e a tolerância ao esforço físico (E1, E3, E5, E8, E9, E14).

Entre os principais fatores destaca-se a disfunção ventilatória, que pode se manifestar por padrões restritivos, obstrutivos ou mistos. O padrão restritivo é o mais comum, caracterizado pela redução da complacência pulmonar e da capacidade vital forçada (CVF), geralmente associada à congestão pulmonar e à remodelação intersticial. Esse fenômeno limita a expansão alveolar, aumenta o trabalho respiratório e contribui para a dispneia aos mínimos esforços. Estudos como E9 e E14 identificaram que cardiopatas com padrão ventilatório restritivo apresentam pior desempenho em testes funcionais e maior risco de hospitalização.

Já os padrões obstrutivos, descritos em E14, podem decorrer de alterações das vias aéreas pequenas e da broncoconstrição induzida por ativação neuro-hormonal crônica, especialmente pela ação simpática exacerbada. Tais alterações reduzem o fluxo expiratório e prejudicam a ventilação alveolar, resultando em hipercapnia e hipoxemia. O estudo E14 reforça essa associação ao demonstrar que pacientes com disfunção ventilatória obstrutiva apresentam risco significativamente maior de eventos cardiovasculares adversos.

Outro fator relevante é a fraqueza da musculatura respiratória, especialmente do diafragma, resultante da inatividade física, hipoperfusão muscular crônica, desnutrição e disfunção autonômica. A redução da pressão inspiratória máxima (PI_{máx}) e expiratória máxima (PE_{máx}), descrita em E10 e E14, tem sido correlacionada à intolerância ao esforço e à piora da qualidade de vida. A fraqueza diafragmática, ao comprometer a eficiência ventilatória, aumenta o consumo de oxigênio durante a respiração e reduz a tolerância a atividades simples, agravando o ciclo de descondicionamento físico³¹.

A hipoxemia crônica representa outro componente crítico, pois compromete a oxigenação tecidual e contribui para a fadiga muscular periférica. De acordo com E12, a hipoxemia sustentada pode induzir remodelamento vascular pulmonar e hipertensão pulmonar secundária, o que impõe sobrecarga ao ventrículo direito e piora a perfusão periférica. Esse quadro se reflete na redução do transporte de oxigênio e na menor eficiência metabólica dos músculos ativos durante o exercício.

Além disso, a disfunção autonômica e o aumento da atividade simpática promovem vasoconstrição periférica e reduzem a perfusão muscular, levando à fadiga precoce e à menor capacidade aeróbica³². A presença simultânea desses mecanismos fisiopatológicos cria um cenário em que a função pulmonar comprometida limita diretamente o desempenho físico (E4, E9), tornando indispensável a avaliação e o tratamento conjunto das disfunções cardiorrespiratórias.

É importante ressaltar que, para uma compreensão integral da incapacidade funcional na IC, a análise não deve se restringir aos mecanismos orgânicos. Determinantes psicossociais exercem influência significativa, como demonstrado por um amplo estudo de coorte (E15), que identificou o isolamento social e a solidão como fatores de risco independentes para o desenvolvimento de doença arterial coronariana. Esse achado sugere que o estresse crônico e a desregulação neuro-hormonal associados à solidão podem criar um substrato

fisiopatológico favorável ao agravamento da doença cardiovascular, incluindo a IC, reforçando a necessidade de uma abordagem biopsicossocial³³.

Portanto, o reconhecimento precoce dos fatores pulmonares (fraqueza muscular inspiratória, hipoxemia e hipertensão pulmonar) é fundamental para direcionar intervenções terapêuticas individualizadas. Estratégias de reabilitação respiratória, farmacoterapia otimizada e treinamento físico supervisionado podem reverter parte dessas alterações, promovendo melhora da capacidade funcional e do prognóstico em pacientes com IC (E2, E10, E13).

4.4 Intervenções terapêuticas e reabilitação cardiorrespiratória

A abordagem terapêutica da insuficiência cardíaca deve ser multifatorial e integrada, combinando farmacoterapia otimizada e reabilitação cardiorrespiratória. As evidências mostram que intervenções precoces e individualizadas podem reduzir sintomas, melhorar a tolerância ao esforço e prolongar a sobrevida (E2, E5, E10, E14).

A farmacoterapia continua sendo o pilar central do manejo da IC. O estudo E6 destaca que medicamentos como betabloqueadores, diuréticos, inibidores da enzima conversora de angiotensina (iECA) e bloqueadores do receptor da angiotensina II (BRA) têm impacto direto não apenas sobre a função cardíaca, mas também sobre a ventilação e a força muscular respiratória. Os betabloqueadores (carvedilol, metoprolol, bisoprolol), ao reduzirem a hiperatividade simpática, melhoram a eficiência cardíaca e reduzem o consumo miocárdico de oxigênio. Embora possam causar fadiga inicial devido ao efeito cronotrópico negativo, a adaptação ao tratamento tende a melhorar o desempenho funcional a longo prazo³⁴.

A decisão de manter ou ajustar a terapia com betabloqueadores, no entanto, deve ser rigorosamente individualizada. Um estudo específico (E6) investigou a suspensão desses fármacos em pacientes com IC e fração de ejeção preservada, observando que, em casos selecionados e sob rigorosa supervisão, essa medida pode levar a uma melhora na capacidade funcional. Este achado sublinha a complexidade do balanço risco-benefício na

farmacoterapia da IC, onde a otimização da qualidade de vida e da tolerância ao esforço deve ser constantemente ponderada contra o risco de descompensação hemodinâmica³⁵.

Os inibidores da ECA (enalapril, ramipril) e os BRA (losartana, valsartana) contribuem para reduzir a pós-carga, melhorar o débito cardíaco e aumentar a perfusão muscular (E5). Esses fármacos apresentam ainda efeitos anti-inflamatórios e antifibróticos, prevenindo o enrijecimento pulmonar e otimizando as trocas gasosas³². Já os antagonistas dos receptores de mineralocorticoides (espironolactona, eplerenona) reduzem a retenção hídrica e a congestão pulmonar, aliviando a dispneia e aumentando a tolerância ao esforço¹.

Nos últimos anos, os inibidores do cotransportador de sódio-glicose tipo 2 (iSGLT2), como dapagliflozina e empagliflozina, demonstraram benefícios significativos na IC, promovendo diurese osmótica sem prejudicar a pressão arterial, melhorando o equilíbrio hemodinâmico e preservando a capacidade funcional³⁶. Esses avanços reforçam o papel da farmacoterapia como suporte fisiológico à reabilitação cardiorrespiratória (E5).

A reabilitação cardiorrespiratória é componente essencial do tratamento, devendo incluir exercícios aeróbicos, de resistência e treinamento muscular respiratório (TMR). O treinamento aeróbico, realizado em esteira ou cicloergômetro, promove adaptações centrais e periféricas que aumentam a eficiência do transporte e da utilização do oxigênio. Estudos como E1 e E11 evidenciam aumento significativo do VO₂ pico e da distância percorrida no TC6 após programas estruturados de reabilitação.

O TMR, conforme demonstrado nos estudos E1 e E11, melhora substancialmente a força inspiratória e expiratória, com elevação da P_{Imáx} e P_{Emáx}. Essa modalidade reduz a dispneia, otimiza a ventilação e aumenta a capacidade para atividades de vida diária. Quando associado ao treinamento físico global, o TMR potencializa o desempenho cardiorrespiratório e reduz o risco de hospitalizações²⁰.

Outro recurso relevante é a ventilação não invasiva (VNI), utilizada especialmente em casos de congestão pulmonar grave ou dispneia refratária. Conforme observado em E2 e E12, a aplicação da VNI melhora a troca gasosa, reduz o trabalho respiratório e aumenta a tolerância ao exercício, proporcionando estabilidade clínica e melhor recuperação funcional. A educação em saúde, o acompanhamento nutricional e o manejo farmacológico integrado

também são componentes indispensáveis da reabilitação, pois favorecem a adesão ao tratamento, o controle de comorbidades e a prevenção de novas descompensações.

Assim, o tratamento da IC deve ser entendido como um processo contínuo e interdisciplinar, em que farmacoterapia, fisioterapia e intervenções comportamentais atuam de forma sinérgica. A combinação estratégica desses elementos não apenas aumenta a sobrevida, mas também proporciona ganhos significativos na qualidade de vida, autonomia e capacidade funcional dos pacientes com insuficiência cardíaca.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacidade funcional em pacientes cardiopatas resulta da interação entre os sistemas cardiovascular, pulmonar e musculoesquelético, sendo amplamente reduzida pela insuficiência cardíaca (IC) e por seus mecanismos fisiopatológicos associados. Embora a terapêutica farmacológica seja pilar do tratamento, seus efeitos adversos reforçam a necessidade de condutas individualizadas e monitorização contínua.

A avaliação precoce da função pulmonar e da capacidade funcional deve integrar o manejo clínico, contribuindo para a estratificação de risco e para o direcionamento das intervenções. Nesse contexto, a identificação de padrões ventilatórios restritivos, a monitorização da força muscular respiratória e a análise da resposta ao exercício constituem etapas essenciais.

A implementação de estratégias multidisciplinares — abrangendo fisioterapia respiratória, reabilitação funcional e ajustes farmacoterapêuticos — é fundamental para mitigar limitações e otimizar desfechos clínicos. Entretanto, a heterogeneidade dos protocolos de avaliação funcional ainda compromete a comparabilidade entre estudos, destacando a necessidade de padronização metodológica em futuras pesquisas para fortalecer a qualidade das evidências e aprimorar a tomada de decisão clínica.

REFERÊNCIAS

1. Martins FD, Oliveira TS, Souza RA. Mecanismos neuro-hormonais e remodelamento ventricular na insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2022;118(2):345-55.

2. Silva MR, Maciel AC, Ribeiro FMM. Disfunção da musculatura respiratória e sua relação com a intolerância ao exercício na insuficiência cardíaca. *Rev Bras Fisioter Cardiorrespir.* 2021;17(4):512-20.
3. Dos Santos RT, Pereira VM, Lima JS. Impacto da congestão pulmonar na capacidade funcional e qualidade de vida em pacientes com IC. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo.* 2024;34(1):15-23.
4. Pereira VM, Lima JS, Fernandes CR. Congestão pulmonar e suas repercussões na mecânica ventilatória. *Rev Pesq Fisioter.* 2023;13(1):e1303.
5. BOSNAK-GUCLU, M.; ARIKAN, H.; SAVCI, S.; INAL-INCE, D.; CALIK-KUTUKCU, E.; TURAN, H.N.; KILIC, L.; KARAPOLAT, H. Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. **Respiratory Medicine**, v. 172, p. 106130, 2020. Disponível em: [https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111\(20\)30061-2/fulltext](https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111(20)30061-2/fulltext). Acesso em: 13 mar. 2025.
6. CARVALHO, T. de et al. Diretriz Brasileira de Reabilitação Cardiovascular–2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, p. 943-987, 2020.
7. HELAL, L; FERRARI, F. Treinamento Muscular Inspiratório em Diferentes Intensidades na Insuficiência Cardíaca: Há Diferenças nas Alterações Hemodinâmicas Centrais?. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, p. 664-665, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abc/a/z9r5cSsfCLBZPCbvnnZRBhL/>. Acesso em: 19 fev. 2025.
8. DA SILVA, Danyele Holanda; PEREIRA, Tassiane Maria Alves; DE MORAES SILVA, Janaína. Técnicas respiratórias na melhora da função pulmonar de cardiopatas: Uma Revisão Integrativa. **Revista de Saúde**, v. 12, n. 3, p. 26-32, 2021.
9. MARCONDES-BRAGA, F. G. et al. Atualização de Tópicos Emergentes da Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca – 2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 6, p. 1174-1212, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36660/abc.20210367>. Acesso em: 19 fev. 2025.
10. PALAU, Patricia et al. Efeito da suspensão de β -bloqueadores na capacidade funcional em insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 78, n. 21, p. 2042-2056, 2021.
11. Silva, D. H; Pereira, T. M. A; Silva, J. M; Efeitos das Técnicas Respiratórias Não Invasivas na Melhora da Função Pulmonar de Cardiopatas: Revisão Integrativa. *Revista Uma de Saúde* 2021 Ago/Nov.; 12 (3): 26-32.

12. CUNHA, G.S.; ROCHA, A.S.; PEREIRA, D.A.G.; RIBEIRO, J.P.; NUNES, M.C.; COSTA, H.S.; LIMA, M.M.O. Inspiratory muscle training improves inspiratory muscle strength and reduces respiratory symptoms in patients with chronic heart failure: A systematic review and meta-analysis. **Physiotherapy**, v. 114, p. 1-12, 2022. Disponível em: [https://www.physiotherapyjournal.com/article/S0031-9406\(21\)00150-8/fulltext](https://www.physiotherapyjournal.com/article/S0031-9406(21)00150-8/fulltext). Acesso em: 13 mar. 2025.
13. FERRARI, Filipe. Função Pulmonar e Força Muscular Inspiratória na Insuficiência Cardíaca: Elas Podem ser Consideradas Potenciais Marcadores Prognósticos? **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 118, n. 4, p. 692-693, 2022.
14. RAMALHO, S. H. R. et al. Relação da função pulmonar e da força inspiratória com capacidade aeróbica e com prognóstico na insuficiência cardíaca. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9006999/>. Acesso em: 17 fev. 2025.
15. SANTOS-DE-ARAÚJO, Aldair Darlan et al. Efeitos do treinamento muscular inspiratório na capacidade de exercício, força muscular inspiratória e qualidade de vida em indivíduos com insuficiência cardíaca: uma revisão sistemática. **ASSOBRAFIR Ciência**, [S.l.], v. 13, e44675, 2022. DOI: <https://doi.org/10.47066/2177-9333.AC.2020.0043>.
16. MARTINS, L. C.; OLIVEIRA, P. N.; SOUZA, M. F. Insuficiência cardíaca aguda: revisão integrativa. **Brazilian Journal of Health Research**, v. 17, n. 2, p. 45-60, 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/download/61151/44524>. Acesso em: 19 fev. 2025.
17. PEREIRA, T. M. A.; LIMA, R. F.; FERNANDES, A. L. Fraqueza muscular inspiratória como fator limitante da capacidade funcional em insuficiência cardíaca: revisão sistemática. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation**, v. 15, n. 1, p. 120-132, 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9744355/>. Acesso em: 17 fev. 2025.
18. ZHENG, Jiazhen et al. Preserved ratio impaired spirometry in relationship to cardiovascular outcomes: a large prospective cohort study. **Chest**, v. 163, n. 3, p. 610-623, 2023.
19. YANG, Zhaoru et al. Social isolation and loneliness increase the risk of coronary heart disease: Insights from a prospective cohort study. **Social Science & Medicine**, v. 366, p. 117701, 2025.
20. Martins ALP, Dos Santos MF, Araújo DN. Reabilitação cardiorrespiratória na insuficiência cardíaca: evidências atuais. *Rev Bras Med Esporte*. 2023;29:e2022_0179.

21. Da Rocha LD, Castro RM, Oliveira JC. Padrão de Cheyne-Stokes e sua implicação no prognóstico de pacientes com insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2024;121(4):e20230245.
22. Huo J, D'Amato G, Scandalis L. O papel das citocinas pró-inflamatórias na progressão da disfunção cardíaca. *J Am Coll Cardiol.* 2021;78(15):1523-36.
23. D'Amato G, Quiriarte H, Menezes AS. Inflamação sistêmica e remodelamento ventricular na insuficiência cardíaca crônica. *Eur Heart J.* 2025;46(1):78-89.
24. Scandalis L, Quiriarte H, Ratchford SM. Metabolismo muscular periférico e capacidade funcional na insuficiência cardíaca. *Heart Fail Rev.* 2023;28(6):1325-37.
25. Quiriarte H, Reis MA, Menezes AS. Disfunção mitocondrial no músculo esquelético de pacientes com insuficiência cardíaca. *Int J Cardiol.* 2024;394:131365.
26. Menezes AS, Benedetti P, Reis MA. Abordagem multidimensional na insuficiência cardíaca: da teoria à prática clínica. *Rev Bras Cardiol.* 2025;38(1):112-20.
27. Benedetti P, Kakavas S, Reis MA. Espirometria na insuficiência cardíaca: um marcador subutilizado. *Rev Bras Cardiol.* 2022;35(2):112-20.
28. Kakavas S, Bochi G, Costa AB. Avaliação da função pulmonar como preditor de desfechos na insuficiência cardíaca. *Respiration.* 2021;100(5):412-20.
29. Castro RM, Oliveira JC, Rocha LD. Oximetria e gasometria arterial no manejo da insuficiência cardíaca descompensada. *Pulmão RJ.* 2024;33(1):45-52.
30. Reis MA, Oliveira JC, Castro RM. A ergoespirometria na estratificação de risco e prescrição de exercício na IC. *Arq Bras Cardiol.* 2022;119(5):789-97.
31. Oliveira JC, Costa AB, Almeida FC. Fadiga muscular e intolerância ao exercício na insuficiência cardíaca: além do déficit cardíaco. *Rev Bras Fisioter Cardiorrespir.* 2023;19(2):88-97.
32. Costa AB, Almeida FC, Gonçalves MP. Interação cardiorrespiratória na síndrome da insuficiência cardíaca: uma revisão integrativa. *Rev Bras Fisioter Cardiorrespir.* 2022;18(3):215-25.
33. Sharma T, Padala PR, Mehta JL. Loneliness and social isolation: determinants of cardiovascular outcomes. *Curr Cardiol Rev.* 2021;17(6):37-44.
34. Ratchford SM, Bochi G, Scandalis L. Adaptações ao betabloqueamento e desempenho físico na insuficiência cardíaca. *J Card Fail.* 2023;29(5):720-9.

35. Palau P, et al. β -Blocker withdrawal and functional capacity improvement in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *JAMA Cardiol.* 2024;9(4):392–396.
36. Bochi G, D'Amato G, Huo J. Inibidores de SGLT2 na insuficiência cardíaca: mecanismos além do controle glicêmico. *J Card Fail.* 2021;27(4):410-22.