



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

MARIA GEYNA GAUDINO DE SIQUEIRA

**ANÁLISE DO PADRÃO RESPIRATÓRIO, DA FUNÇÃO PULMONAR E DA
TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO EM PACIENTES CARDIOPATAS CRÔNICOS**

RECIFE

2025

MARIA GEYNA GAUDINO DE SIQUEIRA

**ANÁLISE DO PADRÃO RESPIRATÓRIO, FUNÇÃO PULMONAR E TOLERÂNCIA
AO EXERCÍCIO EM PACIENTES CARDIOPATAS CRÔNICOS**

Trabalho apresentado à Disciplina de Trabalho de conclusão de curso II, como parte dos requisitos para conclusão do curso de Fisioterapia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

Orientadora: Daniella Cunha Brandão

Coorientadora: Mayara Mônica Santana e Silva

RECIFE

2025

Análise do Padrão Respiratório, Função Pulmonar e Tolerância ao Exercício em Pacientes Cardiopatas Crônicos

¹Maria Geyna Gaudino de Siqueira. ²Daniella Cunha Brandão.

¹Estudante do Curso de Fisioterapia- CCS – UFPE; ²Docente/pesquisador do Depto de Fisioterapia– CCS – UFPE

Introdução: Alterações ventilatórias associadas às cardiopatias limitam a tolerância ao exercício, afetando a fisiologia respiratória. A avaliação integrada da função respiratória e da capacidade de exercício aprimora a compreensão dessas alterações. A avaliação do padrão respiratório surge como uma ferramenta complementar às avaliações tradicionais. **Objetivo:** Avaliar a função respiratória e a tolerância ao exercício em cardiopatas crônicos por meio da espirometria, manovacuometria, teste de exercício cardiopulmonar e análise do padrão respiratório com o RDA. **Métodos:** Estudo transversal realizado entre março e dezembro de 2024 no Hospital das Clínicas de Pernambuco e no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da Universidade Federal de Pernambuco (LACAP-UFPE). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFPE (parecer nº 6.387.631). Incluídos adultos sedentários (18-65 anos) com cardiopatias crônicas. Excluíram-se pacientes com angina instável, infarto recente, distúrbios respiratórios, gestantes, fumantes ou com condições que inviabilizaram os testes. As variáveis contínuas foram apresentadas como média \pm desvio padrão, e as categóricas, em frequências absolutas (n) e percentuais (%). As variáveis respiratórias, incluindo as do *Respiratory Diagnostic Assistant*, espirometria e manovacuometria, foram descritas em relação aos valores normativos. **Resultados:** Foram avaliados 10 pacientes, 80% apresentaram frequência respiratória normal, 40% capacidade vital dentro dos valores de referência, e todos apresentaram alterações na ventilação minuto com relação inspiração-expiração alterada em 80% dos casos. Na manobra de capacidade inspiratória, avaliada com o RDA, 50% apresentaram alterações, e todos estavam fora dos padrões na capacidade vital lenta. Na espirometria, 80% apresentaram VEF1 reduzido e 70% apresentaram CVF alterada. No TCPE, o VO_2 máx médio foi $25,47 \pm 6,23$ mL/kg/min e a inclinação VE/VCO₂ foi $32,06 \pm 9,20$. **Conclusão:** Os achados ressaltam a importância de associar a avaliação do padrão ventilatório às avaliações tradicionais no manejo de pacientes com cardiopatias crônicas.

Palavras-chave: Consumo de oxigênio; Cardiopatias crônicas; Avaliação cardiorrespiratória; Tolerância ao exercício.

Article prepared in accordance with the guidelines of the Brazilian Journal of Physical Therapy

Abstract

Introduction: Ventilatory changes associated with cardiopathies limit exercise tolerance, affecting respiratory physiology. The integrated assessment of respiratory function and exercise capacity enhances the understanding of these changes. The evaluation of breathing patterns emerges as a complementary tool to traditional assessments. **Objective:** To assess respiratory function and exercise tolerance in patients with chronic cardiopathies through spirometry, manovacuometry, cardiopulmonary exercise testing, and breathing pattern analysis using the Respiratory Diagnostic Assistant (RDA). **Methods:** This cross-sectional study was conducted between March and December 2024 at the Hospital das Clínicas de Pernambuco and the Cardiopulmonary Physiotherapy Laboratory of the Federal University of Pernambuco (LACAP-UFPE). The study was approved by the UFPE Research Ethics Committee (approval no. 6.387.631). Sedentary adults (18–65 years old) with chronic cardiopathies were included. Patients with unstable angina, recent myocardial infarction, respiratory disorders, pregnancy, smoking habits, or conditions that prevented testing were excluded. Continuous variables were presented as mean \pm standard deviation, and categorical variables as absolute frequencies (n) and percentages (%). Respiratory variables, including those from the Respiratory Diagnostic Assistant, spirometry, and manovacuometry, were described in relation to normative values. **Results:** A total of 10 patients were evaluated. Among them, 80% had a normal respiratory rate, 40% had vital capacity within reference values, and all presented alterations in minute ventilation, with an impaired inspiratory-expiratory ratio in 80% of cases. In the inspiratory capacity maneuver assessed using the RDA, 50% exhibited abnormalities, and all were outside normal standards in slow vital capacity. In spirometry, 80% had a reduced FEV₁, and 70% showed altered FVC. In the CPET, the mean VO₂ max was 25.47 ± 6.23 mL/kg/min, and the VE/VCO₂ slope was 32.06 ± 9.20 . **Conclusion:** The findings highlight the importance of incorporating ventilatory pattern assessment alongside traditional evaluations in the management of patients with chronic cardiopathies.

Keywords: Oxygen consumption; Chronic heart diseases; Cardiorespiratory assessment; Exercise tolerance.

Artigo elaborado de acordo com as normas da revista Brazilian Journal of Physical Therapy.

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares (DCV), reconhecidas como a principal causa de mortalidade global, representam uma preocupação significativa para a saúde pública¹. No Brasil, as cardiopatias são responsáveis por aproximadamente 30% dos óbitos, com destaque para a insuficiência cardíaca (IC), que se sobressai tanto pelos expressivos impactos sociais quanto pelos desafios ao sistema de saúde^{2,3}.

Nos pacientes cardiopatas, a interação entre os sistemas cardiovascular e respiratório, fundamental para atender às demandas metabólicas do organismo em condições normais, é frequentemente comprometida. Essa disfunção resulta em prejuízos à função respiratória e à qualidade de vida, o que reforça a necessidade de abordagens terapêuticas que considerem tanto os aspectos cardíacos quanto os respiratórios^{4,5}. Portanto, torna-se imprescindível o desenvolvimento de estratégias de intervenção integradas, considerando não apenas as manifestações cardíacas primárias, mas também os impactos respiratórios intrínsecos à complexidade dessas patologias⁶.

Alterações ventilatórias em cardiopatas provocam modificações fisiológicas que limitam a tolerância ao exercício. O comprometimento da função cardiovascular, especialmente a redução da capacidade de ejeção sanguínea durante o esforço, diminui a reserva funcional cardíaca, restringindo a capacidade do organismo de sustentar atividades físicas mais intensas^{7,8}.

Comumente, essas alterações são percebidas pelo Teste de Exercício Cardiopulmonar (TCPE), ferramenta padrão ouro utilizada para mensurar variáveis como consumo de oxigênio (VO_2), produção de dióxido de carbono (VCO_2), ventilação e a relação VE/VCO_2 (slope)^{9,10}. No entanto, essa abordagem isolada não captura de maneira abrangente as complexas limitações cardiorrespiratórias desses pacientes, visto que mudanças na força muscular respiratória e no padrão respiratório reduzem a eficiência do fluxo aéreo e da oxigenação tecidual, contribuindo também para a limitação funcional desses indivíduos.¹¹

A análise da função pulmonar, da força muscular respiratória e da resposta ventilatória e metabólica ao esforço permite uma investigação detalhada dessas limitações. A combinação dessas análises tradicionais com a caracterização objetiva do padrão ventilatório em repouso,

utilizando ferramentas como o *Respiratory Diagnostic Assistant* (RDA)¹², proporciona uma avaliação mais precisa em comparação com métodos subjetivos comumente usados. Essa integração possibilita a detecção de alterações na mecânica respiratória, incluindo padrões de respiração superficial ou paradoxal, frequentemente encontrados nessa população.¹³

A caracterização do padrão respiratório nesses pacientes permite identificar estratégias compensatórias e disfunções ventilatórias que não são captadas por avaliações isoladas da função pulmonar ou da resposta ao exercício. Alterações na dinâmica da respiração podem refletir desequilíbrios no controle neuromuscular, contribuindo para ineficiência ventilatória e limitação ao esforço.¹⁴

Compreender a interação entre a função pulmonar, padrão respiratório e a tolerância ao exercício é fundamental para o desenvolvimento de uma abordagem clínica integrada, que permita um manejo mais eficaz das cardiopatias crônicas. Contudo, a escassez de estudos que integrem as variáveis de análise de padrão respiratório com dados da avaliação cardiorrespiratória justifica a realização deste estudo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar as variáveis do padrão respiratório, da função pulmonar e da tolerância ao exercício em pacientes com cardiopatias crônicas, com o intuito de investigar também a interação entre essas variáveis, destacando a relevância da integração desses parâmetros na avaliação clínica

METODOLOGIA

Desenho do estudo e aspectos éticos

Estudo transversal que segue recomendações do *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE)¹⁵. A pesquisa foi iniciada após a aprovação pelo Comitê de ética em pesquisa para seres humanos da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, de acordo com a resolução 466/12, aprovado sobre número de parecer 6.387.631. Todos os indivíduos foram devidamente informados sobre a natureza da pesquisa e convidados a participar de forma voluntária, mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A avaliação foi realizada no Ambulatório de Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (HC/UFPE) e no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da Universidade Federal de Pernambuco (LACAP).

Amostra de participantes e período de coleta

Pacientes provenientes dos principais centros de cardiologia dos hospitais de referência da Região Metropolitana do Recife-PE. A coleta de dados ocorreu no período de março a dezembro de 2024.

Critérios de elegibilidade

Foram incluídos adultos, sedentários, com idades entre 18 e 65 anos, de ambos os sexos, diagnosticados com doença arterial coronariana, no pós-operatório de cirurgia cardíaca ou transplantados cardíacos (pelo menos um mês após o transplante e sem alterações nas classes de medicações nos três meses anteriores ao início da pesquisa), além de pacientes com IC com fração de ejeção do ventrículo esquerdo preservada (FEVE superior a 50%), levemente reduzida (FEVE entre 40% e 49%) e reduzida (FEVE inferior a 40%). Os participantes foram classificados de acordo com a *New York Heart Association* (NYHA)¹⁶ como classe funcional I, II ou III.

Foram excluídos pacientes com angina instável, infarto do miocárdio até três meses antes do início do estudo, além de indivíduos com distúrbios respiratórios, gestantes, fumantes ou ex-fumantes há menos de cinco anos, pacientes com instabilidade hemodinâmica, trauma recente de face e doenças ortopédicas ou neurológicas que impossibilitassem a realização dos testes.

Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Etapas para o processo de avaliação

Os participantes foram avaliados no LACAP, onde foram coletadas informações antropométricas e clínicas, como sexo, idade, índice de massa corporal (IMC), circunferência abdominal, histórico clínico relacionado à doença cardíaca, uso de medicamentos e presença de comorbidades. A avaliação multidimensional da função respiratória foi conduzida por um especialista em fisioterapia cardiopulmonar, com a colaboração de um segundo avaliador para garantir a precisão dos dados. Tanto a coleta de dados quanto a avaliação respiratória ocorreram no mesmo dia.

Por fim, os indivíduos selecionados para pesquisa foram encaminhados a realizar o TCPE no HC/UFPE durante os dias disponibilizados pela médica responsável pela realização do exame.

Manovacuometria

Foi utilizado o manovacúmetro digital (MVD 300, Globalmed®, Brasil). O procedimento foi iniciado com o paciente em posição sentada, respirando de forma espontânea através de uma boquilha, utilizando um clipe nasal. A avaliação da P_Imax foi iniciada a partir do volume residual (VR), com o paciente sendo instruído a expirar completamente antes de inspirar profundamente no manovacúmetro. A P_Emax foi medida a partir da capacidade pulmonar total (CPT), com os pacientes orientados a inflar os pulmões ao máximo e, em seguida, expirar profundamente no aparelho.

Foram realizadas três manobras de P_Imax e P_Emax, com um intervalo de 1 minuto de repouso entre elas. Considerou-se satisfatória a avaliação quando a variação entre as medidas não excedeu 10%, adotando-se o valor mais elevado, conforme preconizado pela *American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS)*¹⁷. Os valores previstos e os limites inferiores de normalidade foram estabelecidos com base nas referências de Pessoa *et al*¹⁸.

Respiratory Diagnostic Assistant (RDA)

O equipamento inclui um sensor de fluxo, um sensor de pressão, uma unidade de processamento interno e comunicação. É acoplado ao indivíduo por meio de uma interface, permitindo análises *on-line* e *off-line* através de uma unidade de processamento externa, utilizando *hardware* e *software* específicos. O sistema requer o uso de um filtro para proteção contra umidade, gotículas e contaminantes bacteriológicos¹² (Figura 1).

Os voluntários foram orientados a respirar durante 3 minutos para a coleta de dados em respiração basal. Em seguida, foi realizada a coleta das medidas de capacidade vital lenta (CVL) e a capacidade inspiratória (CI), realizadas em pelo menos três repetições. Para a CVL, os participantes partiram da capacidade pulmonar total (CPT) e expiraram completamente até atingir o volume residual. Na medição da CI, os voluntários iniciaram a respiração basal e foram instruídos a realizar uma inspiração máxima.

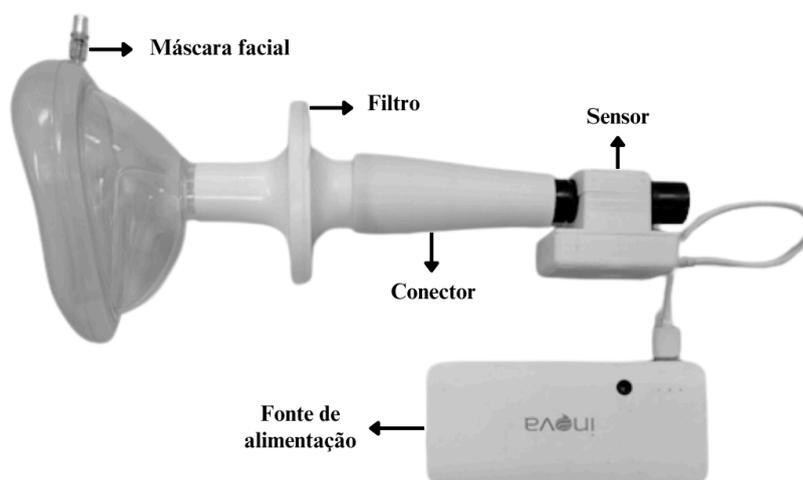


Figura 1. Versão atual do dispositivo RDA com máscara, conectores, filtro respiratório e sistema de captação de dados.

Fonte: LINDEF (UFPE)

Espirometria

Foi utilizado o espirômetro KOKO, modelo 313105, da *nSpire Health Inc* e seguimos as recomendações de reprodutibilidade e aceitabilidade da ATS/ERS¹⁶. Os parâmetros mensurados incluíram capacidade vital lenta (CVL), capacidade vital forçada (CVF), capacidade inspiratória (CI), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e índice de Tiffeneau (VEF1/CVF). Cada participante foi submetido a no mínimo três manobras, com intervalos de dois minutos entre as tentativas, sendo considerada a maior média das três medições válidas.

Teste de exercício cardiopulmonar (TCPE)

O TCPE foi conduzido por uma cardiologista especializada. Antes do exame, foram fornecidas ao paciente orientações para suspender o uso de pomadas e cosméticos, utilizar roupas e calçados confortáveis, suspender o consumo de café duas horas antes do testes, e evitar o jejum, permitindo a alimentação até duas horas antes do exame.

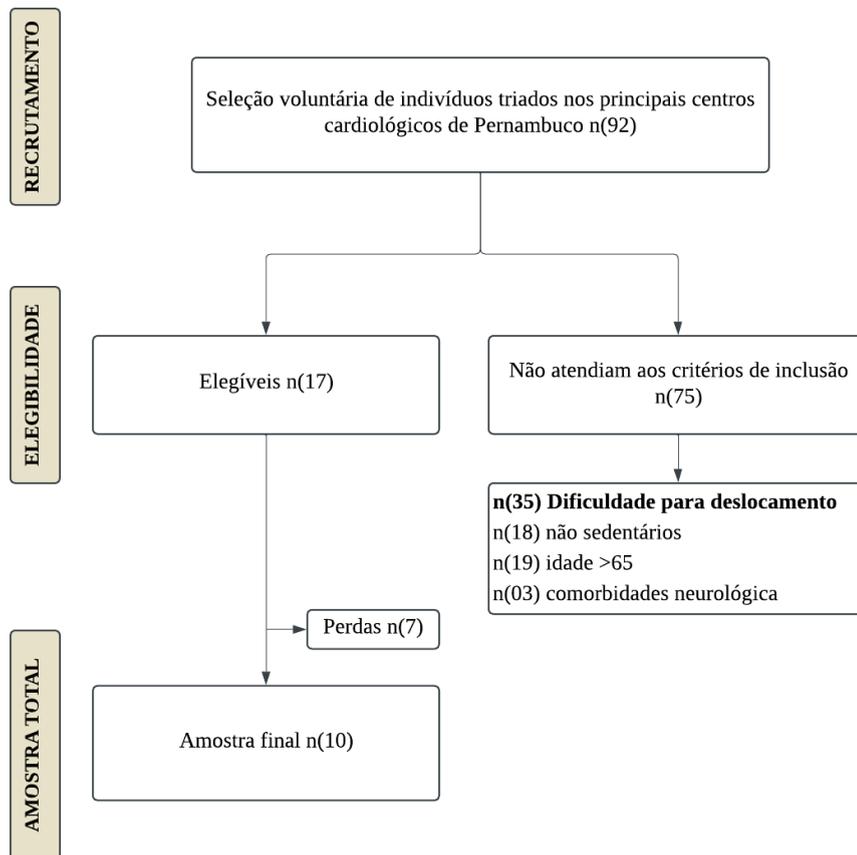
O paciente foi equipado com sensores para medir frequência cardíaca, pressão arterial, respiração e consumo de oxigênio, e avaliado em repouso para estabelecer as funções basais cardíaca, respiratória e metabólica. Foi utilizado o protocolo de rampa¹⁹ em uma esteira ergométrica (Centurium 300, Micromed, Brasil) com o *software* ErgoPC Elite® associado a um eletrocardiograma de 12 canais (Micromed, Brasil). Variáveis respiratórias foram adquiridas em condições padrão de temperatura, pressão e umidade, com respiração-por-respiração, utilizando uma máscara facial sem vazamentos acoplada ao analisador de gases (Cortex – Metalyzer II, Alemanha).

Análise Estatística

Os dados coletados foram organizados em planilhas do *Microsoft Excel* e analisados utilizando o *software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, versão 25. A caracterização das variáveis foi realizada por meio de métodos descritivos, com os dados contínuos apresentados como média e desvio padrão (\pm) e os dados categóricos expressos em frequências absolutas (n) e percentuais (%). As variáveis respiratórias avaliadas, incluindo aquelas obtidas por meio do *Respiratory Diagnostic Assistant*, espirometria e manovacuometria, foram descritas em relação aos valores normativos de referência.

RESULTADOS

Foram triados 92 indivíduos nos centros de cardiologia de Pernambuco. Desses, 17 preencheram os critérios de inclusão, enquanto 75 foram excluídos. As principais razões para exclusão foram: idade superior a 65 anos ($n = 19$), doenças neurológicas ($n = 3$), dificuldade de deslocamento até o centro de avaliação ($n = 35$) e não se enquadrarem como sedentários ($n = 18$). Entre os indivíduos que atenderam aos critérios, 7 não compreenderam as manobras propostas durante a avaliação, sendo, portanto, excluídos dessa análise. Dessa forma, a amostra final foi composta por 10 participantes, dos quais 8 apresentavam IC, 1 era submetido a acompanhamento pós-transplante cardíaco e 1 possuía diagnóstico de doença arterial coronariana. O processo de recrutamento e seleção dos voluntários é detalhado no fluxograma a seguir.



Fluxograma 1. Captação e acompanhamento dos voluntários.

Dos indivíduos selecionados, 60% eram do sexo masculino e 40% do sexo feminino. A média de idade foi de 48 ($\pm 14,2$) anos, indicando uma distribuição etária heterogênea. O índice de massa corporal (IMC) médio foi de 28,5 kg/m² ($\pm 4,9$), sugerindo, em média, um

estado de sobrepeso na amostra. Em termos de comorbidades, 60% dos participantes apresentavam hipertensão arterial sistêmica (HAS), enquanto 30% tinham diagnóstico de diabetes mellitus (DM), destacando que a HAS é a condição crônica mais prevalente entre os participantes.

A fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) média foi de 44,4% ($\pm 17,8\%$), com uma distribuição entre FEVE preservada de 50%, FEVE levemente reduzida 25% e reduzida 25% entre os pacientes de IC. Quanto à classificação funcional segundo a NYHA, 40% dos indivíduos foram classificados como NYHA I, 50% como NYHA II, e 10% como NYHA IV, demonstrando uma variação no impacto funcional das condições cardiovasculares entre os participantes.

A Tabela 1 apresenta de forma detalhada a caracterização clínico-demográfica da amostra.

Tabela 1 – Caracterização clínico-demográfica da população do estudo.

Variável	N = 10	%
Sexo		
Masculino	6	60%
Feminino	4	40%
Idade (anos)	48,1 \pm 14,2	-
IMC (kg/m²)	28,5 \pm 4,9	-
Comorbidades		
HAS	6	60%
DM	3	30%
FEVE (%)	44,40% \pm 17,8%	-
FEVE preservada n(8)	4	50%
FEVE levemente reduzida n(8)	2	25%
FEVE reduzida n(8)	2	25%
Classificação funcional NYHA		
NYHA I	4	40%
NYHA II	5	50%
NYHA IV	1	10%

Os valores apresentados como média \pm desvio padrão; HAS: Hipertensão Arterial Sistêmica. DM: Diabetes Mellitus. FEVE: Fração de ejeção do ventrículo esquerdo. NYHA: New York Heart Association.

A Tabela 2 apresenta a análise comparativa do estado ventilatório entre os padrões preservados e alterados conforme os parâmetros normativos de referência. Observou-se que 80% dos participantes apresentaram FR dentro do intervalo preservado (12 a 20 irpm), enquanto 20% exibiram padrões alterados. No que se refere ao VC, apenas 40% dos indivíduos mantiveram valores dentro do intervalo de referência (5-8 ml/kg), em contraste com 60% que apresentaram alterações. Todos os participantes apresentaram VM alterado (100%), ultrapassando o intervalo preservado de 5-6 L/min.

A relação inspiração-expiração (I:E) foi preservada em apenas 20% dos indivíduos, enquanto 80% apresentaram desvios em relação aos valores normativos (0,8-1,2s)¹¹, com uma

redução nessa relação. A análise da capacidade inspiratória indicou que 50% dos participantes estavam dentro do intervalo considerado normal, enquanto os outros 50% apresentaram valores abaixo do esperado. Em relação à CVL, todos os indivíduos avaliados ficaram abaixo dos valores de referência normativos.

Na espirometria, 80% dos participantes apresentaram valores reduzidos de VEF1 predito, enquanto os demais mantiveram valores dentro da faixa de normalidade. A CVF foi preservada em 30% dos casos, com 70% apresentando alterações, todas para valores reduzidos. No entanto, 90% dos indivíduos mantiveram a relação VEF1/CVF dentro do intervalo preservado, com apenas 10% mostrando alterações.

Na avaliação de manovacuometria, 90% dos participantes apresentaram PImáx preservada. Em relação à PEmáx, 60% estavam dentro dos parâmetros normativos, enquanto 40% apresentavam valores inferiores.

Tabela 2 – Estado ventilatório: comparativo entre padrões preservados e alterados conforme parâmetros de referência normativos

Variável	Preservado	Alterado
	N(%)	
RDA		
FR (Preservado: 12 a 20 irpm)	8(80%)	2(20%)
VC (5-8 ml/kg)	4(40%)	6(60%)
VM (5-6 L/min)	0	10(100%)
I:E (Preservado: 0,8-1,2s)	2(20%)	8(80%)
CI (L)*	5(50%)	5(50%)
CVL (L)*	0	10(100%)
Espirometria		
VEF1 predito (Preservado 80%)	2(20%)	8(80%)
CVF predito (Preservado ≥ 80%)	3(30%)	7(70%)
VEF1/CVF predito (Preservado ≥ 80%)	9(90%)	1(10%)
Manovacuometria		
PImáx predito (Preservado: ≥ 70% mmHg)	9(90%)	1(10%)
PEmáx predito (Preservado: ≥ 70% mmHg)	6(60%)	4(40%)

N = valor absoluto; FR= Frequência respiratória; Vt= Volume total VMinsp= Volume minuto inspiratório; Tins = Tempo inspiratório; Texp = Tempo expiratório; I:E= Relação inspiração-expiração; Ti/Tot= Relação entre o tempo inspiratório pelo tempo total; CI= Capacidade inspiratória; CVL = Capacidade vital lenta; VEF1 = Volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF = Capacidade vital forçada; VEF1/CVF = Razão entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo e a capacidade vital forçada; Pimáx= pressão inspiratória máxima; Pemáx= Pressão expiratória máxima.

A respiração basal apresentou variações ao longo do monitoramento, destacando-se momentos de instabilidade respiratória, os quais foram evidenciados no gráfico por períodos de suspiros profundos (n=3) e episódios de hiperventilação (n=1). A análise dos gráficos de CI e CVL corroborou os achados apresentados na Tabela 2. Adicionalmente, observou-se uma redução no volume expiratório durante a manobra de CVL. A Figura 3 ilustra os gráficos obtidos em tempo real durante a respiração basal (a) e as manobras de CI (b) e CVL (c).

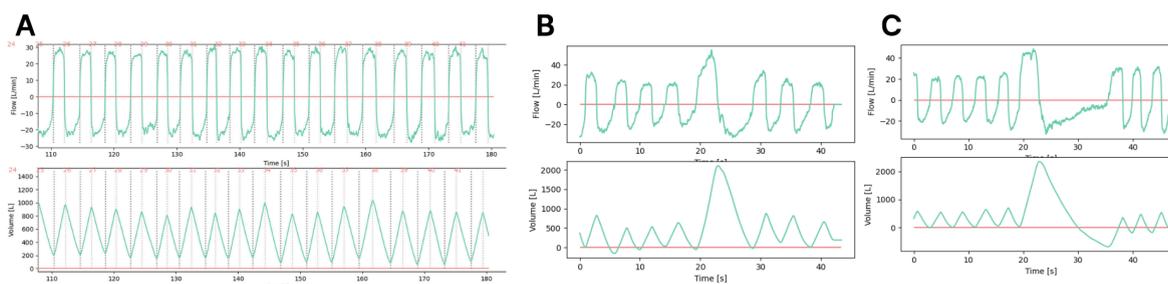


Figura 3. Representação gráfica do padrão respiratório obtido pelo *Respiratory Diagnostic Assistant* (RDA). Figura A: Respiração basal registrada por 1 minuto demonstrando um episódio de hiperventilação. Figura B: Manobra de Capacidade inspiratória. Figura C: Manobra Capacidade Vital lenta.

Os resultados referentes à tolerância ao exercício da amostra ($N = 10$) estão apresentados na Tabela 3. A frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) apresentou uma média de $128,80 \pm 31,95$ bpm, enquanto a frequência cardíaca um minuto após o exercício (FC 1 min) foi de $124,70 \pm 27,67$ bpm. O consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) foi de $25,47 \pm 6,23$ mL/Kg $^{-1}$.min $^{-1}$, com uma variação significativa entre os indivíduos, refletindo a capacidade aeróbica da amostra. A média de % VO_2 máx foi de $75,06 \pm 19,93$, sugerindo um percentual considerável da capacidade aeróbica máxima durante os testes. O pulso de oxigênio (Pulso O_2) apresentou uma média de $14,95 \pm 3,85$ mL/bpm, com uma amplitude de variação relativa ao consumo de oxigênio e ao batimento cardíaco.

Em relação ao $L1VO_2$ máximo, que corresponde ao consumo de oxigênio no primeiro limiar anaeróbico, a média foi de $19,18 \pm 4,39$ mL/Kg $^{-1}$.min $^{-1}$. O valor de VCO_2 máx ($26,07 \pm 7,35$ mL/Kg $^{-1}$.min $^{-1}$) reflete o consumo de dióxido de carbono máximo da amostra, enquanto a inclinação do VE/VCO_2 slope foi de $32,06 \pm 9,20$ L/100ml.

Por fim, o valor médio de $L1VE/VCO_2$ foi de $30,20 \pm 8,28$ L/min, que representa a ventilação relativa ao dióxido de carbono no primeiro limiar anaeróbico, essencial para avaliar a eficiência do sistema respiratório durante a transição para o exercício intenso.

Tabela 3 – Tolerância ao Exercício da população do estudo.

Variável	N=10
	Média \pm DP
FCmáx (bpm)	128,80 \pm 31,954
FC1min (bpm)	124,70 \pm 27,669
VO₂ máx (mL/Kg⁻¹.min⁻¹)	25,465 \pm 6,228
%VO₂ máx	75,06 \pm 19,929
Pulso O₂ (mL/bpm)	14,950 \pm 3,8477
%Pulso O₂	94,85 \pm 26,058
L1VO₂ máx (mL/Kg⁻¹.min⁻¹)	19,182 \pm 4,3948
VCO₂ máx (mL/Kg⁻¹.min⁻¹)	26,073 \pm 7,3492
VE/VCO₂ slope (L/100ml)	32,055 \pm 9,2007
L1VE/VCO₂ (L/min)	30,20 \pm 8,278

Dados expressos como média e desvio padrão. FCmáx: Frequência cardíaca máxima. FC 1min: Frequência cardíaca um minuto após exercício. VO₂ máx: Consumo máximo de oxigênio. %VO₂ máx: Percentual do consumo máximo de oxigênio em relação ao valor máximo. Pulso O₂: Pulso de oxigênio. %Pulso O₂: Percentual do pulso de oxigênio em relação ao valor máximo. L1VO₂ máx: Máximo de consumo de oxigênio para o primeiro limiar anaeróbico. VCO₂ máx: Consumo de dióxido de carbono máximo. VE/VCO₂ slope: Inclinação do equivalente respiratório de dióxido de carbono. L1VE/VCO₂: Volume de ventilação em relação ao dióxido de carbono para o primeiro limiar anaeróbico.

DISCUSSÃO

Este estudo analisou variáveis do padrão respiratório de pacientes cardiopatas crônicos e investigou sua interação com os métodos tradicionais de avaliação cardiopulmonar. Os principais achados indicam padrões respiratórios típicos de comprometimento funcional, reforçando a hipótese de que a interação entre os sistemas cardiovascular e respiratório deve ser considerada no manejo clínico, como enfatizado por Machado *et al.*⁵

Nossos dados revelaram uma prevalência de alterações na CI e CVL, além de um aumento do VM em todos os pacientes, com desequilíbrios no ritmo respiratório, evidenciado por uma relação inspiração-expiração (I:E) abaixo dos valores de referência. Carmo *et al.*²⁰ demonstraram que pacientes com ICC frequentemente apresentam alterações ventilatórias, como a redução dos volumes e capacidades pulmonares, associadas à limitação da expansão e à capacidade diafragmática reduzida de gerar pressões intratorácicas negativas. Esses achados são consistentes com os resultados do nosso estudo, com metade dos pacientes apresentando CI abaixo dos valores de referência e todos apresentando CVL reduzido, sugerindo dificuldades na exalação completa do ar, o que pode refletir limitações na função ventilatória durante o processo de avaliação.

Em relação ao VM, nossos resultados indicaram que pacientes com cardiopatias crônicas apresentaram valores mais elevados do que os valores normais de referência, variando entre 7,04 e 11,21 mL/L, enquanto os valores normais são entre 5 e 6 mL/L. Esse aumento pode ser interpretado como uma estratégia compensatória do sistema respiratório, visando suprir as necessidades de oxigênio do organismo, conforme defendido por Guazi *et al.*²¹ A presença de suspiros profundos e episódios de hiperventilação observados nos gráficos de respiração basal sugere instabilidade ventilatória, Pereira²² em seu estudo, relacionada essas alterações à descompensação cardíaca e à ansiedade, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo da função respiratória e intervenções específicas para otimizar a respiração em pacientes com DCV.

Na análise da função pulmonar, a maioria dos pacientes apresentaram redução tanto na CVF quanto no VEF1. A preservação da relação VEF1/CVF sugere que essa alteração não se deve à obstrução das vias aéreas, mas à redução dos volumes pulmonares, característica do padrão ventilatório restritivo. O estudo conduzido por Fernandes *et al.*²³, com 205 pacientes com Doença Arterial Coronariana, revelou que 11,2% dos pacientes com função pulmonar anormal, avaliada por espirometria, apresentaram distúrbio ventilatório obstrutivo persistente.

Esse achado difere dos nossos resultados, mas tal diferença pode ser explicada pelo tamanho amostral e pelos critérios de inclusão utilizados no estudo de Fernandes, que

considerou pacientes tabagistas. Por outro lado, o estudo de Ramalho *et al.*,²⁴ realizado com 111 adultos brasileiros com ICC, sem diagnóstico de doença pulmonar, corroborou com os achados deste trabalho, evidenciando que a maioria dos pacientes apresentava padrão restritivo ou disfunções combinadas. Além disso, valores reduzidos de CVF foram associados à diminuição da reserva ventilatória ao exercício e à menor tolerância ao esforço máximo.

Em relação à análise da força muscular respiratória, os resultados encontrados no presente estudo não corroboram plenamente com os achados da literatura, uma vez que a maioria dos pacientes não apresentou redução nos valores de PImáx e PEmáx. No entanto, essa discrepância pode ser atribuída ao tamanho amostral reduzido do estudo, o que limita a generalização dos resultados. De acordo com a literatura, a fraqueza muscular respiratória é frequentemente observada em pacientes cardiopatas, especialmente na insuficiência cardíaca congestiva (ICC). Dall'Ago *et al.*²⁵ relatam que essa disfunção afeta tanto a musculatura inspiratória quanto a expiratória, sendo resultante de alterações hemodinâmicas e da diminuição do fluxo sanguíneo para os músculos, o que leva à atrofia muscular generalizada.²⁴

Ainda sobre análise da força muscular respiratória, a principal alteração foi observada na PEmáx, corroborando com os achados de Junior *et al.*²⁶ que indicaram comprometimento mais acentuado da musculatura expiratória nesses pacientes. Essa redução pode estar relacionada a uma menor complacência torácica e a um suporte ventilatório insuficiente, levando ao aumento do trabalho respiratório e da dispneia como sugerido por Demir *et al.*²⁷

Os resultados obtidos pelo TCPE indicaram um comprometimento da tolerância ao exercício na população estudada, com valores de VO₂ máx significativamente abaixo dos preditivos para a faixa etária e condição clínica dos pacientes. Esse achado sugere uma limitação aeróbica, com uma resposta ventilatória e metabólica insuficiente para sustentar o esforço físico em níveis ideais. De acordo com Herdy *et al.*²⁸, pacientes com VO₂ máx abaixo de 23,2 mL/kg/min apresentam um consumo de oxigênio reduzido, o que está em concordância com os achados deste estudo.

A recuperação da FC no primeiro minuto pós-esforço mostrou-se reduzida em uma proporção considerável de pacientes, com metade apresentando uma recuperação inferior ao ponto de corte de 12 bpm. A recuperação lenta da FC tem sido associada a um aumento do estresse cardiovascular e à menor capacidade de adaptação ao exercício^{29,30}. Além disso, a resposta ventilatória inadequada pode ser um fator contributivo para essa recuperação tardia, refletindo um desacoplamento entre a demanda metabólica e a resposta ventilatória, o que resulta em maior tempo de recuperação e menor eficiência no controle autonômico.

Quanto ao pulso de O₂, observamos que os valores indicaram uma eficiência razoável no transporte de oxigênio para os músculos durante o esforço, embora ainda dentro de um cenário de limitação funcional. Valores de pulso de O₂ caem abaixo de 85% do predito, observa-se um aumento do risco cardiovascular²⁸, mas, neste estudo, apenas dois pacientes estavam abaixo desse valor.

A inclinação VE/VCO₂ slope apresentou valores próximos aos limiares críticos (>34). Segundo Arena et al.,³² o *slope* é classificado em quatro categorias: classe I ($\leq 29,9$), classe II (30-35,9), classe III (36-44,9) e classe IV (≥ 45), no nosso estudo os pacientes encontram-se em classe II e III, indicando uma relação moderada a elevada entre a ventilação e a produção de dióxido de carbono, o que sugere uma resposta ventilatória inadequada para a produção de CO₂ durante o exercício e tolerância ao exercício prejudicada e um risco cardiovascular maior. Esse aumento no slope está associado à diminuição da perfusão pulmonar e à incapacidade de coordenar de forma eficiente a ventilação com a produção de CO₂, fenômenos frequentemente encontrados em pacientes com disfunção cardiorrespiratória³¹.

O L1VO₂ máx esteve abaixo dos valores ideais de $27,0 \pm 6,1$ mL/Kg-1.min-1 para homens e $20,2 \pm 4,8$ mL/Kg-1.min-1 para mulheres, conforme os dados de Herdy *et al.*¹⁰ Isso sugere uma limitação aeróbica e comprometimento na capacidade de transporte e utilização de oxigênio.

Este estudo teve como principal limitação o tamanho amostral reduzido, devido aos critérios de inclusão restritivos, o que pode ter impactado a generalização dos resultados. No entanto, se destaca pela abordagem multimodal e detalhada, utilizando a análise do padrão respiratório para complementar as avaliações tradicionais associadas à interpretação das variáveis de tolerância ao exercício, considerando simultaneamente aspectos ventilatórios e cardiovasculares.

CONCLUSÃO

Os achados destacam a importância da avaliação integrada das variáveis de padrão respiratório, função pulmonar e tolerância ao exercício, proporcionando uma compreensão mais detalhada das disfunções ventilatórias em pacientes com cardiopatias crônicas. Nosso estudo enfatizou a relevância de se considerar o padrão respiratório desses pacientes, uma área frequentemente negligenciada ou analisada de forma subjetiva nas práticas clínicas convencionais. Os dados demonstraram alterações significativas no padrão respiratório em cardiopatas, como desequilíbrios na relação inspiração-expiração e diminuição na capacidade vital lenta, indicando que os aspectos respiratórios dinâmicos devem ser integrados na avaliação clínica.

Embora as limitações, como o tamanho amostral reduzido, impactem a generalização dos resultados, o estudo pode basear a realização de novas pesquisas, com amostras maiores, que busquem o desenvolvimento de terapias estabelecer estratégias terapêuticas que considerem as alterações respiratórias, favorecendo um manejo mais completo e eficiente dos pacientes em diferentes fases de reabilitação cardiopulmonar.

REFERÊNCIAS

1. Passaglia, L. G. et al. Estatísticas Cardiovasculares do Programa Boas Práticas em Cardiologia – Dados de um Hospital Público Terciário Brasileiro. *Arq Bras Cardiol.* 2023;118(3):528-536. <https://doi.org/10.5935/abc.20230051>.
2. Datasus. Informações de Saúde - Brasil. Ministério da Saúde. 2021. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/>.
3. Rohde, L. E. et al. Cardiologia no Brasil: O que mudou nos últimos 20 anos. *Arq Bras Cardiol.* 2018;110(4):305-315. <https://doi.org/10.5935/abc.20180185>.
4. Pancorbo, S. L. et al. Uso de ventilação não invasiva em pacientes com insuficiência respiratória aguda. *Rev Bras Terap Intensiva.* 2005;17(3):158-163. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2005000300003>.
5. Machado, M. P. R. et al. Características clínicas e sociodemográficas associadas à qualidade de vida de pacientes com insuficiência cardíaca. *Arq Ciências Saúde UNIPAR.* 2023;27(6):3153-3169. <https://doi.org/10.25110/arqsaude.v27i6.2023-064>.
6. Souza, M. T. et al. Relação entre o índice de massa corporal e qualidade de vida em pacientes cardiopatas. *Rev Port Cardiol.* 2022;41(12):1023-1031. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2022.08.021>.
7. Inoue, D. et al. Avaliação da função pulmonar em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. *J Bras Pneumol.* 2022;48(3):129-136. <https://doi.org/10.36416/1806-3756-2022-0422>.
8. Silva, L. F. et al. Efeitos da fisioterapia respiratória em pacientes pós-cirurgia cardíaca. *Rev Bras Fisioter.* 2023;27(1):30-37. <https://doi.org/10.1590/1413-355520232701123>.
9. SBC. Diretrizes para o Tratamento da Insuficiência Cardíaca Crônica. Sociedade Brasileira de Cardiologia. 2007. Disponível em: <https://www.portal.sbc.org.br>.

10. Herdy, A. H., Uhlendorf, D. Valores de referência para o teste cardiopulmonar para homens e mulheres sedentários e ativos. *Arq Bras Cardiol.* 2011;96(1):54–9. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000155>
11. Campos, D. F. et al. Efeitos da ventilação não invasiva em pacientes com insuficiência cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2016;106(1):63-70. <https://doi.org/10.5935/abc.20160120>.
12. CAMPOS, S. L. et al. DISPOSITIVO PARA DIAGNÓSTICO E TREINAMENTO DO PADRÃO DA RESPIRAÇÃO HUMANA. 2016, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10201602031, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Depositante (s): Shirley Lima Campos; Universidade Federal de Pernambuco, Depósito: 02/09/2016.
13. Silva, E. A. et al. A influência do exercício físico na qualidade de vida de pacientes com insuficiência cardíaca. *Rev Bras Cardiol.* 2018;111(3):337-344. <https://doi.org/10.5935/abc.20180051>.
14. Lopes, R. B., Brito, R. R., & Parreira, V. F. (2005). Padrão respiratório durante o exercício - revisão literária. *Revista Brasileira de Ciências e Movimento*, 13(2), 153-160. <https://doi.org/10.1590/S0103-17162005000200005>
15. Von Elm, E. et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *PLoS Med.* 2007;4(10):e296. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2007.11.008
16. Bozkurt B, Coats AJ, Tsutsui H, et al. Universal Definition and Classification of Heart Failure: A Report of the Heart Failure Society of America, Heart Failure Association of the European Society of Cardiology, Japanese Heart Failure Society and Writing Committee of the Universal Definition of Heart Failure. *J Card Fail.* Published online March 1, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2021.01.022>.
AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 166, n.4, p. 518–624, 2002.

17. AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 166, n.4, p. 518–624, 2002.
18. Pessoa IMBS, Houry Neto M, Montemezzo D, Silva LAM, Andrade AD, Parreira VF. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Braz J Phys Ther*. 2014 Sept-Oct; 18(5):410-418. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0044>.
19. Silva, O. B. e., & Sobral Filho, D. C. (2003). A new proposal to guide velocity and inclination in the ramp protocol for the treadmill ergometer. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 81(1), 48–53. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2003000900004>
20. Carmo MM, Bárbara C, Ferreira T, Branco J, Ferreira S, Rendas AB. Diaphragmatic function in patients with chronic left ventricular failure. *Pathophysiology*. 2001 Aug;8(1):55-60. doi: 10.1016/s0928-4680(01)00065-7. PMID: 11476974.
21. Guazzi M. Alveolocapilar membrane dysfunction in heart failure. *Chest*. 2003; 124: 1090-2.
22. Pereira, Camila. Um estudo em cardiopatas submetidos à revascularização do miocárdio: ansiedade e depressão / Camila Pereira, 2015, 108 f.
23. Fernandes, F. L. A., Carvalho-Pinto, R. M., Stelmach, R., Salge, J. M., Rochitte, C. E., Souza, E. C. S., Pessi, J. D., & Cukier, A. (2018). Espirometria em pacientes submetidos a investigação para detecção de doença arterial coronariana: é útil? *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 44(4), 299-306. <https://doi.org/10.1590/S1806-37562017000000276>
24. Ramalho SHR, Lima ACGB, Silva FMFD, Souza FSJ, Cahalin LP, Cipriano GFB, Cipriano Junior G. Relationship of Lung Function and Inspiratory Strength with Exercise Capacity and Prognosis in Heart Failure. *Arq Bras Cardiol*. 2022 Apr;118(4):680-691. English, Portuguese. doi: 10.36660/abc.20201130. PMID: 35137780; PMCID: PMC9006999.

25. Dall'Ago P, Chiappa GR, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol*. 2006 Feb 21;47(4):757-63. doi: 10.1016/j.jacc.2005.09.052. Epub 2006 Jan 26. PMID: 16487841.
26. Forgiarini Junior, L. A., Rubleski, A., Garcia, D., Tieppo, J., Vercelino, R., Dal Bosco, A., Monteiro, M. B., & Dias, A. S. (2007). Avaliação da força muscular respiratória e da função pulmonar em pacientes com insuficiência cardíaca. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 89(1), 36-41.
27. Demir R, Zeren M, Gurses HN, Yigit Z. Relationship of respiratory muscle strength, pulmonary function, and functional capacity with quality of life in patients with atrial fibrillation. *J Int Med Res*. 2018 Jan;46(1):195-203. doi:10.1177/0300060517723252. Epub 2017 Aug 8. PMID: 28789604; PMCID: PMC6011306.
28. Herdy, Artur Haddad, et al. Teste de Esforço Cardiopulmonar: Antecedentes, Aplicabilidade e Interpretação. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*, 2016;107(5):467-481. <https://doi.org/10.5935/abc.20160171>.
29. Arena R, et al. Peak VO₂ and VE/VCO₂ slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. *Am Heart J*. 2004;147(2):354-360.
Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999 Oct 28;341(18):1351-7. doi: 10.1056/NEJM199910283411804. PMID: 10536127.
30. Dewar A, Kass L, Stephens RCM, Tetlow N, Desai T. Heart Rate Recovery Assessed by Cardiopulmonary Exercise Testing in Patients with Cardiovascular Disease: Relationship with Prognosis. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Mar 7;20(6):4678. doi: 10.3390/ijerph20064678. PMID: 36981587; PMCID: PMC10048507.
31. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*. 1999 Oct 28;341(18):1351-7. doi: 10.1056/NEJM199910283411804. PMID: 10536127.