



Universidade de Brasília
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

AMANDA MOREIRA FERREIRA

Teste de resistência respiratória incremental (TIRE) em pacientes com doença
cardiovascular: análise de confiabilidade e validade

Brasília - DF
2024



Universidade de Brasília
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

AMANDA MOREIRA FERREIRA

Teste de resistência respiratória incremental (TIRE) em pacientes com doença
cardiovascular: análise de confiabilidade e validade

Dissertação de Mestrado
submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Ciências da
Reabilitação da Faculdade de
Ciências e Tecnologias em
Saúde da Universidade de
Brasília-UnB, como requisito
necessário à obtenção do grau
de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Graziella França Bernardelli Cipriano

Brasília - DF
2024

Mt

Moreira Ferreira, Amanda

Teste de resistência respiratória incremental (TIRE) em pacientes com doença cardiovascular: análise de confiabilidade e validade / Amanda Moreira Ferreira; orientador Graziella França Bernadelli Cipriano. -- Brasília, 2024.
66 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) -- Universidade de Brasília, 2024.

1. Pressão inspiratória máxima. 2. Doença cardiovascular. 3. Músculos respiratórios. I. França Bernadelli Cipriano, Graziella, orient. II. Título.

AMANDA MOREIRA FERREIRA

Teste de resistência respiratória incremental (TIRE) em pacientes com doença cardiovascular: análise de confiabilidade e validade

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Reabilitação pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade de Brasília – Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde – UnB Ceilândia

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Letícia de Araujo Moraes
Centro Universitário Estácio de Sá de Goiás
(Membro externo)

Prof. Dr. Vinicius Zacarias Maldaner da Silva
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde – Universidade de Brasília
(Membro interno)

Prof. Dr. Sérgio R M Mateus
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde – Universidade de Brasília
(Membro suplente)

Prof. Dra. Graziella França Bernadelli Cipriano
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde – Universidade de Brasília
(Orientadora)

Prof. Dra. Patrícia Azevedo Garcia
Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde – Universidade de Brasília
(Presidente da banca)

Brasília, 20 de dezembro de 2024

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

AGRADECIMENTOS

A vida é formada por ciclos, estes responsáveis para formar a pessoa que somos. E hoje finalizo mais um, e jamais teria conseguido chegar até aqui sozinha, portanto, eu quero agradecer primeiramente a Deus pelo seu amor e misericórdia que nos momentos mais difíceis me mostrou que eu era capaz mesmo não me sentindo, porém ele me mostrava por diversas vezes que os planos dEle são maiores que os meus.

Agradeço ao meu extraordinário marido, Maycon, que sempre foi meu maior incentivador e admirador, meu porto seguro e parceiro que viveu toda essa jornada comigo, ouvi-me falar sobre pesquisa, coletas, aulas, mesmo sem entender muito do assunto, e esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis, vibrando junto a cada novo desafio superado. Saiba que esse momento é nosso, e não apenas meu. Obrigada, de coração, por trazer à minha vida.

Aos meus amados pais, minha gratidão eterna por me tornarem forte, inteligente e resiliente, e por ensinarem que nada se constrói sem estudo e educação. Imagino que vocês acreditem que levei isso a sério, já que me aventurei a buscar o mestrado. Aos meus amigos próximos por compreenderem minhas ausências, ouvirem minhas reflexões intermináveis sobre estudos e pesquisas e ajudarem a manter minha sanidade e equilíbrio emocional. Aprendemos que a distância física não interfere no amor e cuidado que compartilhamos.

À Universidade de Brasília e ao PPGCR, meu muito obrigada por me acolher, apoiar meu processo de formação acadêmica e me permitir conhecer pessoas e pesquisadores de excelência. Esta instituição e o programa me proporcionaram a oportunidade de encerrar ciclos que haviam ficado abertos. Certamente, não sou a mesma pessoa de dois anos atrás.

Ao grupo GPRC, obrigada pela paciência e parceria. Certamente, não teria conseguido realizar esta pesquisa sozinha. Vocês foram pilares fundamentais na minha formação como mestrande e, entre os estudos, ganhei grandes amigos (Marcela, Robson, Carla, Taís, Rayane, Fabíola). Que presente grandioso! Em especial, Carolina, mais do que minha dupla de coleta, você foi amiga, parceira e suporte, sempre sensata. Obrigada pela disposição e pelos conselhos. Igor, não poderia deixar de agradecer o seu apoio durante as coletas. Sei que você tem um futuro brilhante na fisioterapia; você é prestativo, inteligente e um excelente parceiro. Ana Clara e Cássia, obrigada pela amizade e pela ajuda com o que eu acreditava ser meu maior desafio: a estatística. Vocês são pessoas extraordinárias.

Aos pacientes que conheci e que confiaram suas vidas a mim, meu mais sincero agradecimento. Vocês me permitiram crescer não apenas como profissional, mas também como pessoa. Foram momentos incríveis que compartilhamos. Ao professor Gerson Cipriano, obrigada por acreditar que isso seria possível e por me apresentar à professora Graziella Cipriano, minha orientadora. Professora Graziella, obrigada por me permitir aprender com a senhora, por dispor de seu tempo e, mesmo diante das

adversidades, enxergar potencial no meu trabalho e dizer que era possível, obrigada por todas as oportunidades vividas dentro da pós-graduação.

Ao prof. Larry Cahalin, por confiar e disponibilizar o equipamento para que este trabalho fosse possível, ao Prof. Magno pelas orientações a respeito do equipamento que de início era novo para mim, os esclarecimentos foram de grande valia para a execução do trabalho e aperfeiçoamento do uso do equipamento.

À composição desta banca, agradeço a disponibilidade de cada um. Acredito fortemente que vocês têm muito a acrescentar e enriquecer neste trabalho. Sei que vocês fazem a diferença no meio científico, porque acreditam e vivem a ciência. A todos, meu muito obrigada.

RESUMO

Introdução: O Teste de Resistência Respiratória Incremental (*em inglês, Test of Incremental Respiratory Endurance -TIRE*) se destaca como um método inovador para avaliar de forma completa o desempenho da musculatura inspiratória, porém ainda faltam evidências conclusivas sobre sua confiabilidade e validade em pacientes com doença cardiovasculares (DCV) que representam a principal causa de mortalidade e morbidade no mundo.

Objetivo: Avaliar a confiabilidade intra-avaliador e inter-avaliador do TIRE nas medidas de Pressão Inspiratória Máxima (*em inglês, Maximal Inspiratory Pressure – MIP*), Pressão Inspiratória Máxima Sustentada (*em inglês, Sustained Maximal Inspiratory Pressure – SMIP*), Duração Inspiratória (*em inglês, Inspiratory Duration – ID*), e Índice de Fadiga Inspiratória (*em inglês, Fatigue Index Test – FIT*), em pacientes com DCV e investigar a validade convergente entre os instrumentos que avaliam MIP e a sua correlação com a capacidade funcional.

Métodos: Trata-se de um estudo observacional transversal, composto por 51 pacientes com diagnóstico de DCV, submetidos a avaliação de composição corporal (DEXA), ecocardiograma transtorácico (ECOTT), força de preensão palmar (Handgrip), teste cardiopulmonar de exercício (TCPE), função pulmonar e avaliação de força muscular respiratória nos dispositivos: manovacuômetro padrão (*em inglês Standard Manovacuometer-SM*), de Carga Resistiva com Fluxo Gradual (*em inglês Tapered Flow Resistive Loading - TFRL*) e no Pro2, atendidos no Laboratório de Fisiologia Clínica do Exercício da Universidade de Brasília. Foram selecionados aleatoriamente 13 pacientes da amostra total para os testes de confiabilidade intra e inter-avaliador das medidas do TIRE (MIP, SMIP, FIT e ID), realizadas pelo dispositivo Pro2. A sequência das avaliações permaneceu aleatorizada. Para a avaliação intra-avaliador, foi estabelecido com um intervalo de 30 minutos entre os momentos e para a avaliação inter-avaliador um intervalo de 10 minutos. A análise de validade convergente foi aplicada em todos os pacientes, que consistia na realização da medida da MIP nos 3 dispositivos (MIP_{SM} , MIP_{TFRL} , MIP_{Pro2}), com um descanso de 10 minutos entre cada dispositivos. Um crossover garantiu que todos os pacientes realizassem todas as medidas. Foram realizadas correlações entre as variáveis de desempenho muscular do TIRE (MIP, SMIP, ID e FIT) com o $\dot{V}O_2$ pico em toda

amostra, assim como, a correlações entre as medidas de força muscular inspiratória estática (MIP), dinâmica (S-Índex) e sustentada (SMIP) e correlações entre as medidas do TIRE (MIP, SMIP, FIT, ID) com a variável da Taxa A/G e a medida do Handgrip.

Resultados: A amostra foi composta por 56% homens, com idade média de $62,02 \pm 9,86$ anos, principal etiologia para DCV foi a isquêmica (70%), fração de ejeção média ($54,20 \pm 13,52\%$), VO_2 pico médio reduzido ($18,66 \pm 6,51 \text{ ml.kg.min}^{-1}$) e com função pulmonar preservada. Todas as medidas do TIRE (MIP, SMIP, ID e FIT) foram realizadas pelo dispositivo Pro2 e foram consideradas com boa confiabilidade intra e inter-avaliador com um coeficiente de correlação intraclassa (ICC) entre 0,76 – 0,97. A validade convergente foi confirmada em todas as medidas da MIP [MIP_{Pro2} com MIP_{SM} ($r=0,73$), MIP_{TFRL} e o MIP_{SM} ($r=0,88$) e MIP_{Pro2} e o MIP_{TFRL} ($r=0,66$)]. A SMIP foi a medida do TIRE com maior correlação com o VO_2 ($r= 0,60$). Na comparação com as medidas de força muscular inspiratória, a correlação variou de fraca a alta (MIP_{Pro2} entre o S-Índex [$r=0,40$, $p= <0,002$], MIP_{Pro2} entre SMIP [$r= 0,70$, $p= 0,001$] e o S-Índex e a SMIP [$r= 0,38$, $p= 0,004$]) com um $p= <0,001$. As medidas do TIRE (SMIP, ID e FIT) apresentaram moderada correlação com as medidas da Taxa A/G (SMIP [$r= 0,43$, $p= 0,002$], ID [$r= 0,40$, $p=0,004$] e o FIT [$r= 0,45$, $p= 0,001$]. O ID foi fraca em relação com Handgrip ($r= 0,39$, $p= 0,005$).

Conclusão: O TIRE demonstrou ser uma ferramenta confiável, devido a sua alta a excelente confiabilidade intra e inter-avaliador nas medidas da MIP, SMIP, FIT e ID, além de apropriada para avaliar diversos aspectos da musculatura inspiratória, como força, resistência, potência, fadiga e duração da incursão respiratória em indivíduos com DCV estável. A medida da MIP também foi validada quando comparado com outros dispositivos, tornando possível ampliar o acesso a equipamentos de avaliação de força muscular respiratória por meio de avaliações precisas e reprodutíveis do desempenho muscular respiratório na população com DCV.

Palavras-chave: Pressão inspiratória máxima, Doença cardiovascular, Músculos respiratórios.

ABSTRACT

Introduction: Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE) stands out as an innovative method to fully evaluate the performance of the inspiratory musculature, with a but there is still a lack of conclusive evidence on its reliability and validity in patients with cardiovascular disease (CVD) that represent the main cause of mortality and morbidity in the world

Objective: To evaluate the intra-rater and inter-rater reliability of TIRE in measuring Maximum Inspiratory Pressure (MIP), Maximal Sustained Inspiratory Pressure (SMIP), Inspiratory Duration (ID), and the Inspiratory Fatigue Index (FIT) in patients with CVD, and to investigate the convergent validity among instruments that assess MIP and its correlation with functional capacity.

Methods: This is a cross-sectional observational study involving 51 patients diagnosed with cardiovascular disease (CVD), who underwent body composition assessment (DEXA), transthoracic echocardiogram (TTE), handgrip strength testing, cardiopulmonary exercise testing (CPET), pulmonary function testing, and respiratory muscle strength evaluation using the following devices: Standard Manovacuometer (SM), Tapered Flow Resistive Loading (TFRL), and PrO₂. These assessments were conducted at the Clinical Exercise Physiology Laboratory of the University of Brasília. Thirteen patients from the total sample were randomly selected for intra- and inter-rater reliability testing of TIRE measurements (MIP, SMIP, FIT, and ID) performed using the PrO₂ device. The sequence of assessments was randomized. For intra-rater reliability, a 30-minute interval between measurements was established, while a 10-minute interval was set for inter-rater reliability. Convergent validity analysis was applied to all patients and involved measuring MIP using the three devices (MIP_{SM}, MIP_{TFRL}, and MIP_{PrO₂}), with a 10-minute rest period between devices. A crossover design ensured that all patients performed all measurements. Correlations were conducted between TIRE performance variables (MIP, SMIP, ID, and FIT) and peak VO₂ across the entire sample, as well as between static inspiratory muscle strength (MIP), dynamic strength (S-Index), and sustained strength (SMIP). Additionally, correlations were examined between TIRE measurements (MIP, SMIP, FIT, and ID) and the A/G ratio and handgrip strength.

Results: The sample consisted of 56% men, with a mean age of 62.02 ± 9.86 years. The main CVD etiology was ischemic (70%), with a mean ejection fraction of $54.20 \pm 13.52\%$, reduced peak VO₂ (18.66 ± 6.51 ml·kg⁻¹·min⁻¹), and preserved pulmonary function. All TIRE measures (MIP, SMIP, ID, and FIT) performed using the PrO₂ device demonstrated good intra- and inter-rater reliability, with intraclass correlation coefficients (ICC) ranging from 0.76 to 0.97. Convergent validity was confirmed for all MIP measurements [MIP_{PrO₂} and MIP_{SM} ($r = 0.73$), MIP_{TFRL} and MIP_{SM} ($r = 0.88$), and MIP_{PrO₂} and MIP_{TFRL} ($r = 0.66$)]. SMIP showed the strongest correlation with peak VO₂ ($r = 0.60$). Correlations between inspiratory muscle strength measures ranged from weak to high [MIP_{PrO₂} and S-Index ($r = 0.40$, $p < 0.002$), MIP_{PrO₂} and SMIP ($r = 0.70$, p

= 0.001), and S-Index and SMIP ($r = 0.38$, $p = 0.004$), all with $p < 0.001$. TIRE measures (SMIP, ID, and FIT) showed moderate correlations with A/G ratio [SMIP ($r = 0.43$, $p = 0.002$), ID ($r = 0.40$, $p = 0.004$), and FIT ($r = 0.45$, $p = 0.001$)], while ID showed a weak correlation with handgrip strength ($r = 0.39$, $p = 0.005$).

Conclusion: TIRE has proven to be a reliable and valid tool for evaluating several aspects of the inspiratory musculature, including strength, endurance, power, fatigue, and respiratory excursion duration in individuals with stable CVD. Its high intra- and inter-rater reliability and validation across devices make it possible to expand access to accurate and reproducible respiratory muscle performance assessments in the CVD population.

Keywords: Maximal inspiratory pressure, cardiovascular disease, respiratory muscles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Descrição das principais alterações geradas na Insuficiência Cardíaca	21
Figura 2: Representação gráfica do software PrO2 durante um esforço inspiratório	24
Figura 3: Posicionamento e demonstração da avaliação do TIRE	24
Figura 4: Fluxograma do estudo	27
Figura 5: Representação gráfica das comparações dos valores médios da MIP em diferentes dispositivos	34
Figura 6: Análise de confiabilidade das variáveis do TIRE	35
Figura 7: Análise de Confiabilidade Intra e Inter-avaliador das Medidas do TIRE Utilizando o Método de Bland-Altman	36
Figura 8: Análise gráfica de correlação de Pearson da relação entre as pressões inspiratórias máximas em comparação entre dispositivos.....	37
Figura 9: Análise comparativa de as pressões inspiratórias máximas em relação a outros dispositivos pelo método de Bland-Altman	34
Figura 10: Análise das correlações de Pearson entre o VO ₂ pico e as variáveis de desempenho muscular	39
Figura 11: Análise das correlações de Pearson entre as medidas de força muscular inspiratória estática, dinâmica e sustentada	40
Figura 12: Análise das correlações de Pearson entre as medidas do TIRE com as variáveis de composição corporal e força muscular periférica	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados demográficos, antropométricos, composição corporal, força muscular periférica, capacidade funcional e função pulmonar em pacientes com DCV	32
Tabela 2: Avaliação da excursão inspiratória em indivíduos com DVC utilizando diferentes dispositivos e TIRE divididos por sexo	33
Tabela 3 - Análise de confiabilidade intra- avaliador e inter-avaliador das medidas do TIRE em pacientes com DCV	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATS - *American Thoracic Society*

COSMIN - *Study Desing checklist for Patient-reported outcome measurement instruments recomendations*

CVF - Capacidade vital forçada

DCV – Doenças cardiovasculares

DEXA - Absortometria de raio-X de dupla energia

DP – Desvio padrão

DPOC - Doença pulmonar obstrutiva crônica

ECOTT - Ecocardiograma trans torácico

ERS - *European Respiratory Society*

FC - Frequência cardíaca

FEVE- Fração de ejeção do ventrículo esquerdo

FIT – Índice de fadiga

FMI - Força dos músculos inspiratórios

GRRAS - *Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies*

HANDGRIP - Avaliação de força de preensão palmar

IC – Insuficiência cardíaca

ICC - Coeficiente de Correlação Intraclass

ID – Duração inspiratória

IQR - Intervalo interquartil

IMC - Índice de massa corporal

LabFCE - Laboratório de fisiologia clínica do exercício

MIP – Pressão inspiratória máxima

NYHA - *New York Heart Association Funcional Classification*

PEF - Pico de fluxo expiratório

PTU - Unidade de tempo por pressão

QAREL - *Quality Appraisal of Diagnostic Reliability*

S-ÍNDEx – Pressão inspiratória máxima dinâmica

SM – Manovacuumetro padrão

SMIP – Pressão inspiratória máxima sustentada

Taxa A/G - relação entre o % de gordura ginóide e andróide

TCPE - Teste cardiopulmonar de exercício

TFRL - Carga resistiva com fluxo gradual

TIRE – Teste de resistência respiratória incremental

TMI – Treinamento muscular inspiratório

UnB - Universidade de Brasília

VCO₂ - Produção de gás carbônico

VE - Ventilação pulmonar

VEF₁ - Volume expiratório forçado no primeiro segundo

VO₂ – Volume de oxigênio

VR – Volume residual

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral:	20
2.2 Objetivos específicos:	20
3. JUSTIFICATIVA / HIPÓTESES	20
4.1 REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
4.1 Fisiologia cardiorrespiratória	21
4.2 Pressão inspiratória máxima	22
4.3 Teste de resistência respiratória incremental	22
5. MÉTODOS	25
5.1 Delineamento da pesquisa	25
5.2 Considerações éticas	26
5.3 Casuística	26
5.4 Critérios de inclusão e exclusão	26
5.5 Critérios de exclusão de seguimento	26
5.6 Procedimentos	27
5.6.1 Visão geral do projeto	27
5.6.2 Avaliação clínica e sociodemográfica	28
5.6.3 Composição corporal	28
5.6.4 Ecocardiograma	28
5.6.5 Força de muscular isométrica de preensão palmar (Handgrip)	29
5.6.6 Teste cardiopulmonar de exercício	29
5.6.7 Espirometria	29
5.6.8 Avaliação da força muscular respiratória	30
5.7 Avaliação de confiabilidade	31
5.8 Medidas de validade entre os dispositivos	32
6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
7. RESULTADOS	32
7.1 Análise de confiabilidade	34
7.2 Validade convergente	38
7.3 Correlações entre o VO_2 pico e as variáveis de desempenho muscular	39
7.4 Correlação entre as medidas de força muscular inspiratória estática, dinâmica e sustentada	41

7.5 Correlação entre as medidas do TIRE com as variáveis de composição corporal e força muscular periférica	41
8. DISCUSSÃO	42
9. LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	46
10. CONCLUSÃO.....	47
11. REFERÊNCIAS	48
12. APÊNDICE	54
1. Avaliação da Qualidade dos Estudos com a Escala QAREL (adaptado de Cruickshank et al 2022) (51).	54
1.1 Lista de verificação de avaliação da qualidade da confiabilidade do diagnóstico deste estudo (QAREL) (50).	55
2. Termo de Consentimento Livre esclarecido	55
3. Modelo da ficha de avaliação.....	59
4. Title page.....	61
5. Comprovante de submissão	63
13. ANEXOS	63
1. Parecer consubstanciado do CEP	63
14. PRODUTOS	64
1. Apresentação em congressos científicos de evento nacional ou internacional com publicação em anais - Primeiro autor: 5 trabalhos.	64
2. Participação na elaboração de uma diretriz.	65
15. IMPACTOS DESENVOLVIDOS	66

1. INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares (DCV) representam a principal causa de mortalidade e morbidade mundial, especialmente com o envelhecimento da população (1). Entre as diversas manifestações das DCV, a doença arterial coronariana e a insuficiência cardíaca (IC) destacam-se pela alta prevalência e pelo impacto significativo na saúde pública (2,3). Assim, a identificação de marcadores prognósticos para DCV, é essencial para auxiliar na avaliação do risco, progressão da doença e no prognóstico dos pacientes (4).

A intolerância ao exercício, mensurada por meio do consumo de oxigênio (VO_2), constitui com um dos principais preditores de hospitalização e mortalidade em pacientes com IC (5,6). Esta medida reflete a interação entre os sistemas cardiorrespiratório e musculoesquelético, sendo influenciada pelo ciclo vicioso de inatividade, descondicionamento físico e atrofia muscular respiratória e periférica comuns em pacientes com DCV (7,8).

A avaliação da força muscular inspiratória, mensurada por meio da pressão inspiratória máxima (em inglês, *Maximal Inspiratory Pressure – MIP*), tem se mostrado como uma nova métrica biométrica para a tolerância ao exercício, em adultos com IC (9). Estudos indicam que valores reduzidos de MIP estão associados a um maior risco de infarto agudo do miocárdio e a elevação do risco de hospitalizações e mortalidade (10), sugerindo que a fraqueza muscular inspiratória seja um fator de risco independente para desfechos clínicos desfavoráveis e modificável nesses pacientes (4).

Atualmente, diversos dispositivos são utilizados para avaliar a força muscular inspiratória, sendo o manovacuômetro o método clássico para a medição da MIP. Recentemente, a tecnologia desses dispositivos evoluiu incluindo softwares que fornecem feedback visual em tempo real durante a incursão respiratória (11,12).

O Teste de Resistência Respiratória Incremental (em inglês *Incremental Respiratory Endurance Test - TIRE*) é um método inovador para avaliar de forma completa o desempenho da musculatura inspiratória. Além de medir a MIP, o TIRE fornece uma análise detalhada de variáveis adicionais, como Pressão Inspiratória Máxima Sustentada (em inglês, *Sustained Maximal Inspiratory Pressure – SMIP*), Duração Inspiratória (em inglês, *Inspiratory Duration – ID*), e Índice de Fadiga Inspiratória (em

inglês, *Fatigue Index Test – FIT*), que integra valores de MIP e SMIP. Essas variáveis possibilitam uma análise abrangente da resistência, potência, fadiga e duração do esforço inspiratório por meio feedback visual em tempo real para facilitar o aprendizado e o desempenho do paciente (12-14).

Uma revisão anterior destacou as características inovadoras do treinamento muscular inspiratório (TMI) utilizando o TIRE, evidenciando sua capacidade de fornecer resistência incremental progressiva, tornando-o adequado tanto para avaliação quanto para treinamento (13). Em um estudo realizado com pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), o TIRE demonstrou excelente confiabilidade nas suas medidas, sendo considerado um método adequado para essa avaliação (14). De forma semelhante, em indivíduos com lesão medular a SMIP, apresentou confiabilidade superior a MIP, sendo recomendada como uma medida para a análise do desempenho muscular inspiratório (15).

Apesar do potencial promissor do TIRE, em possibilitar uma avaliação mais precisa e completa do desempenho muscular inspiratório, ainda faltam evidências conclusivas sobre sua confiabilidade e validade em pacientes com DCV.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Avaliar a confiabilidade intra e inter-avaliador das medidas: MIP, SMIP, ID e FIT utilizando o TIRE em indivíduos com DCV, além da validade convergente entre os instrumentos que avaliam a MIP.

2.2 Objetivos específicos:

- Correlacionar as medidas de desempenho muscular inspiratório com a capacidade funcional;
- Comparar a força muscular inspiratória estática, sustentada e dinâmica em indivíduos com DCV;
- Descrever e correlacionar as variáveis do TIRE (MIP, SMIP, ID e FIT) com as medidas de composição corporal e força muscular periférica em indivíduos com DCV.

3. JUSTIFICATIVA / HIPÓTESES

A identificação de marcadores de gravidade nas DCV, por meio de avaliação de desempenho muscular inspiratório, visa contribuir para o delineamento de estratégias terapêuticas individualizadas e eficazes. A força muscular inspiratória está relacionada à capacidade de exercício e qualidade de vida em pacientes cardiopatas. Portanto, métodos diagnósticos precisos e confiáveis são essenciais para estratificação de risco e planejamento terapêutico.

A hipótese desse estudo é que o TIRE, utilizando o PrO₂, apresenta elevada reprodutibilidade para a mensuração da força muscular inspiratória. Além disso, suas variáveis promovem uma avaliação abrangente do desempenho inspiratório, facilitando a identificação de pacientes em maior risco e possibilitando intervenções direcionadas a reabilitação e manejo clínico, melhorando o prognóstico e a qualidade de vida.

4.1 REFERÊNCIAL TEÓRICO

4.1 Fisiologia cardiorrespiratória

A principal função do sistema cardiorrespiratório é garantir adequada circulação de oxigênio e nutrientes para todas as células do corpo por meio da corrente sanguínea e assegurando adequada geração de energia e a manutenção da homeostase do organismo (16).

As DCV podem reduzir o débito cardíaco, desencadeando uma série de alterações estruturais e funcionais em diversos sistemas, principalmente no pulmonar e musculoesquelético como demonstrados na figura 1, apresentando por exemplo as alterações em mecanismos fisiológicos como o metaborreflexo, responsável por ajustar a resposta cardiovascular durante o exercício. Quando disfuncional, esse reflexo leva a uma elevação exacerbada da frequência cardíaca e da pressão arterial, mesmo com atividades leves. Essas mudanças agravam a limitação ao exercício, aumentam a sobrecarga cardíaca, exacerbam sintomas e reduzem a qualidade de vida (7,16).

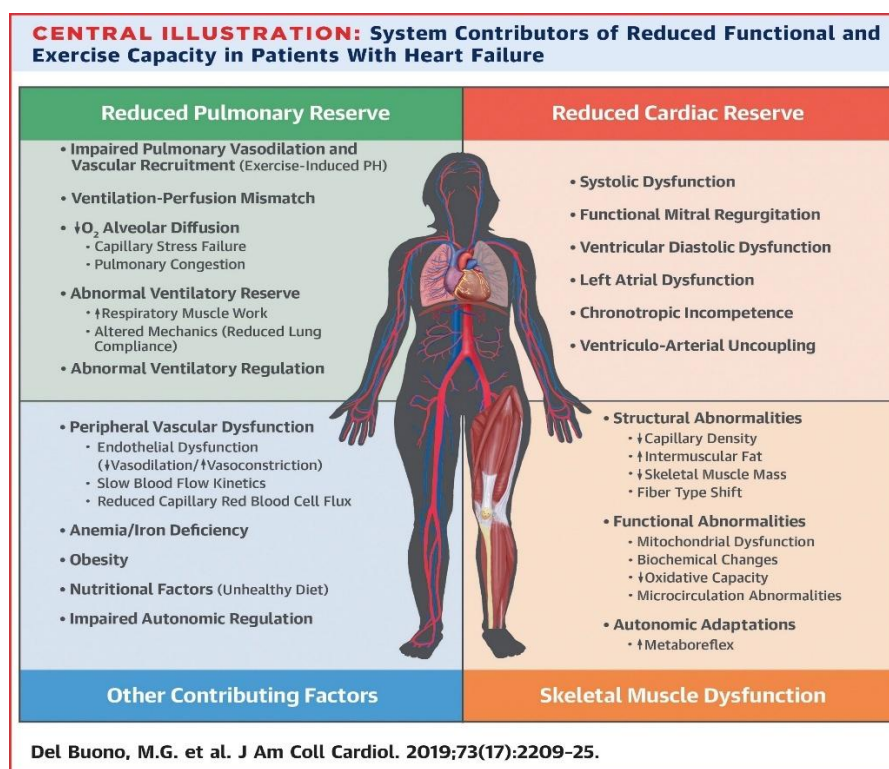


Figura 1. Descrição das principais alterações geradas na Insuficiência Cardíaca. O_2 : Oxigênio
Fonte: Autores: Del Buono e colaboradores (16).

E sendo o diafragma o músculo primário da respiração, acaba desempenhando um papel subestimado na função cardíaca, no entanto, ele auxilia na modulação da pós-carga do ventrículo esquerdo, regulando do tônus autonômico por meio do seu efeito na variabilidade cardíaca. Em casos crônicos de IC, ocorre uma redução de 23% a 38% do tecido muscular do diafragma, gerando aumento de fibras musculares tipo I (mais resistentes à fadiga) e redução das fibras tipo II (mais rápidas), diminuindo seu potencial de contração e contribuindo para a fraqueza muscular respiratória, que se manifesta em forma de dispneia, limitação ao exercício, menor eficiência do retorno venoso (7-8).

Portanto, a avaliação da força muscular respiratória se faz necessário para a identificação de marcadores prognósticos e prescrição de exercício nas DCV.

4.2 Pressão inspiratória máxima

A avaliação da força muscular inspiratória é utilizada auxilia no prognóstico, desfecho e funcionalidade de pacientes com DCV e apresenta direta correlação com o VO_2 (10,17). A medida da MIP, é feita por meio de um dispositivo específico, sendo o mais utilizado o manovacuômetro, que possui um orifício de 2mm localizado no seu bocal, para permitir vazamento fixo e impedir o fechamento glótico. A pressão máxima é capturada nos primeiros 2 segundos de um esforço inspiratório máximo. Os valores de fraqueza variam conforme idade e sexo, entre 42 e 63 cmH_2O (18).

Para mensurar a MIP, o paciente realiza uma expiração profunda até seu volume residual (VR), seguida de uma inspiração profunda e forçada no bocal do dispositivo. São realizadas 3 manobras com a variação inferior a 10% e o maior valor obtido é comparado com os valores de referência estabelecidos para a população brasileira (19,20).

4.3 Teste de resistência respiratória incremental

O TIRE se destaca por ser um método inovador para avaliar de forma completa o desempenho da musculatura inspiratória existente a mais de 2 décadas, além de disponibilizar protocolos de TMI incremental com carga resistida de fluxo inspiratório fornecendo uma resistência constante independente da pressão ou fluxo, também

fornece resistência por meio uma abertura de 2 mm no bocal para prevenir o fechamento da glótica (13).

Os principais dispositivos utilizados para implementação do método são o TRAINAIR (Project Electronics Limited, Kent, Reino Unido), RT2 (DeVilbiss Healthcare, Wollaston, Reino Unido) ou PrO2 (PrO2 Health, Smithfield, USA), ambos apresentam um software que reportam dados detalhados das medidas fornecendo um feedback visual em tempo real, apresentado gráficos detalhados que permitem monitorar a execução do teste e incentivar os pacientes para obter o melhor desempenho (Figura 2). O dispositivo PrO2 é compacto, apresenta um design atual e pode ser conectado em dispositivos *Android* e *iOS* facilitando o uso (14, 21).

Para realização da medida de TIRE é necessário seguir as recomendações da *European Respiratory Society* (ERS) para testes respiratórios (19), que orienta posicionar o indivíduo sentado em uma cadeira com encosto e braços laterais, com os pés apoiados no chão.



Figura 2. Representação gráfica do software PrO2 durante um esforço inspiratório
Fonte: Própria do autor

O paciente deve utilizar um bocal de plástico liso e cliques nasais para evitar a saída de ar durante o teste, conforme ilustrado na figura 3. Em seguida é orientado a

realizar uma expiração máxima até seu VR, seguida de um esforço inspiratório máximo e sustentado, gerando a maior pressão possível nos primeiros 1-2 segundos de inspiração e continuar inspirando pelo maior tempo possível. Sugere-se que realize de três a cinco testes, com intervalos de 60 segundos entre os esforços. Ao final, são obtidas as seguintes medidas (14,22):

- *Maximal Inspiratory Pressure – MIP*: é definida como a maior pressão gerada nos primeiros dois segundos de um esforço inspiratório máximo. Este parâmetro, utilizado para avaliar a força muscular inspiratória, é representado em centímetros de água (cmH₂O).
- *Sustained Maximal Inspiratory Pressure – SMIP/POWER*: é obtida pela pressão gerada durante todo o esforço inspiratório máximo e sustentado (área sob a curva). Este parâmetro é utilizado para avaliar a capacidade de trabalho inspiratório (força e resistência), é representado por unidades de tempo-pressão (PTU).
- *Inspiratory Duration – ID/TIME* : é o tempo total do esforço inspiratório em cada respiração. Este parâmetro é utilizado para avaliar resistência inspiratória, é representado por segundos (s).
- *Fatigue Index Test – FIT*: é uma combinação calculada como $(\text{área total} \times \text{tempo total}) / (\text{área}_{500 \text{ ml}} \times \text{tempo}_{500 \text{ ml}})$. Este parâmetro é utilizado para avaliar a resistência/ fadiga dos músculos inspiratórios e devido a sua combinação de medidas não é possível estabelecer uma medida representativa, no entanto, pontuações FIT mais altas indicam menor suscetibilidade à fadiga muscular inspiratória.



Figura 3. Posicionamento e demonstração da avaliação do TIRE.

Fonte: Própria do autor

A literatura relata presença de correlação da MIP com o VO_2 máximo para estratificação de risco de gravidade das DCV e pelo fato da SMIP ser uma medida dependente da MIP, ela poderia também ser caracterizada como preditor de sobrevivência em pacientes com DCV, bem como, outras variáveis como a ID e FIT possibilitaria informações adicionais de risco e para modalidades de TMI protocolos mais específicos (4,21).

5. MÉTODOS

5.1 Delineamento da pesquisa

Trata-se de um estudo observacional transversal de confiabilidade conduzido de acordo com as recomendações *Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies – GRRAS* (23), *Study Desing checklist for Patient-reported outcome measurement instruments recommendations - COSMIN* (24) e a qualidade do estudo foi analisada pela *The Quality Appraisal for Reliability Studies - QAREL* (ANEXO I).

5.2 Considerações éticas

Este projeto foi elaborado em consonância com as normas da Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e Ofício Circular CONEP/SECNS/MS n 2/2021. Observados os princípios éticos expressos na Declaração de Helsinque e princípios éticos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Saúde na Resolução n. 466 de 2012.

5.3 Casuística

Participaram do estudo pacientes com diagnóstico de DCV, atendidos no Laboratório de Fisiologia Clínica do Exercício (LabFCE) da Faculdade de Ciências e Tecnologia em Saúde, Universidade de Brasília (UnB), entre maio e setembro de 2024. O recrutamento dos pacientes foi realizado por meio de amostragem não probabilística, do tipo conveniência, a partir do cadastro prévio do Programa de Reabilitação Cardiorrespiratória.

O estudo foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CAAE: 78802424.1.0000.8093), sendo observados os princípios éticos expressos na Declaração de Helsinque e princípios éticos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Saúde na Resolução n. 466 de 2012 e todos os pacientes compreenderam e assinaram termo de consentimento informado.

5.4 Critérios de inclusão e exclusão

Foram recrutados para o estudo pacientes com DCV de etiologias diversas, idade superior a 18 anos e de ambos os sexos.

Foram excluídos aqueles que não tinham interesse em participar, que apresentavam doença pulmonar moderada a grave segundo os critérios da *American Thoracic Society* (ATS) e ERS (25), sequelas neurológicas ou déficits cognitivos que impedissem a compreensão das avaliações.

5.5 Critérios de exclusão de seguimento

Impossibilidade ou limitações significativas apresentadas durante a realização do protocolo, como dificuldade de realizar alguma das análises propostas.

5.6 Procedimentos

5.6.1 Visão geral do projeto

Os pacientes foram submetidos previamente à avaliação sociodemográfica e clínica, análise de composição corporal por meio do equipamento de absorptometria com raio-X de dupla energia (DEXA), seguido de ecocardiograma transtorácico (ECOTT), avaliação de força de preensão palmar (Handgrip), teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) e espirometria, ambos realizados por profissionais capacitados com objetivo de identificar os critérios de elegibilidade e caracterização da amostra. Um novo encontro ocorreu após uma semana da avaliação prévia, para avaliação da força dos músculos inspiratórios (FMI) juntamente com o protocolo de confiabilidade intra e inter-avaliador (Figura 4).

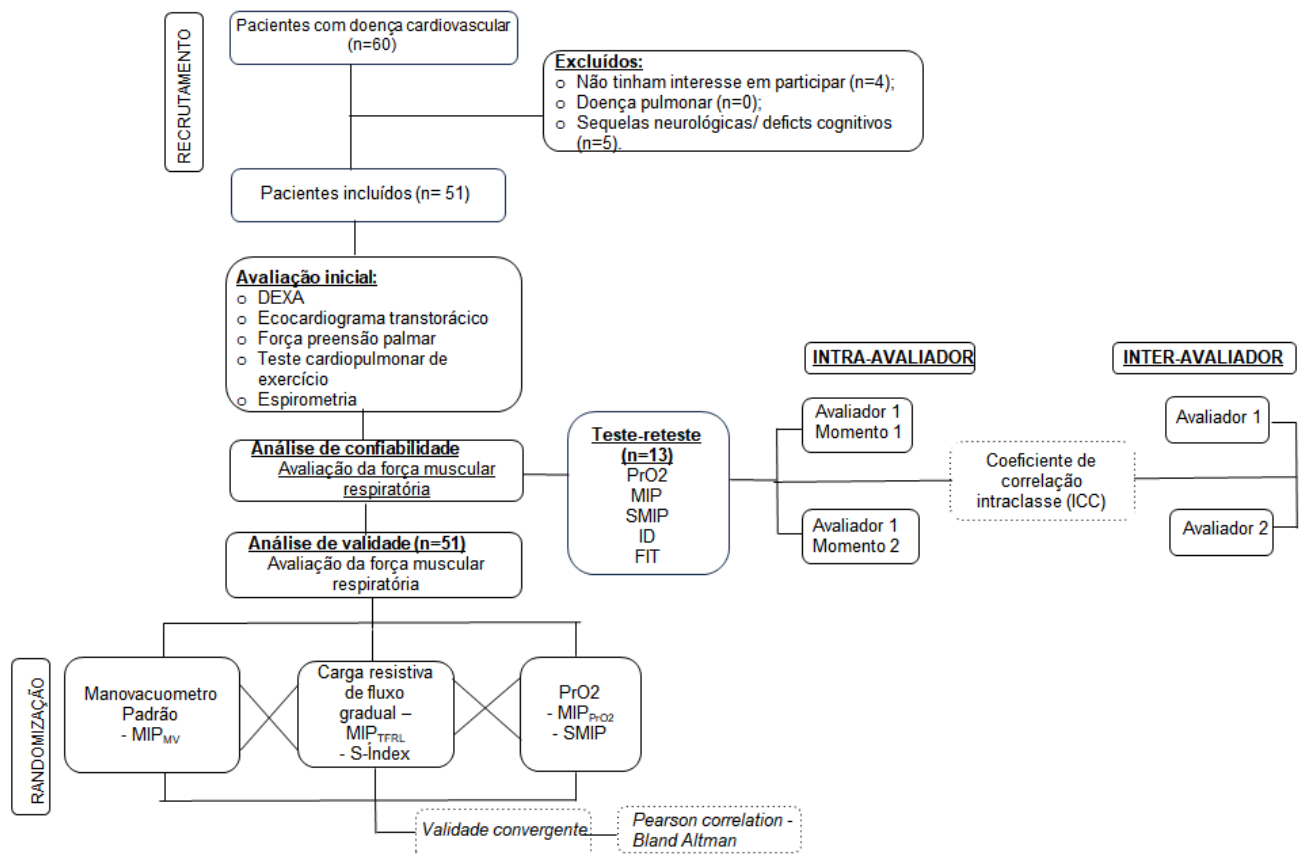


Figura 4 – Fluxograma do estudo

5.6.2 Avaliação clínica e sociodemográfica

Os pacientes foram recebidos no LabFCE, e encaminhados para um local reservado onde responderam a uma breve anamnese que consistia em obter informações básicas como idade, sexo, peso, altura, bem como, diagnósticos, classe funcional pela *New York Heart Association Functional Classification* (NYHA) e etiologia da doença. Caso alguma pergunta gerasse algum tipo de constrangimento o paciente foi orientado a não precisar responder. As informações obtidas foram registradas no banco de dados RedCap e em formato de planilha e armazenado em pasta segura com senha e uso próprio do avaliador.

5.6.3 Composição corporal

A composição corporal foi avaliada por meio do DEXA (Lunar Prodigy Bone Densitometers, GE Healthcare, Rotterdam, EUA), um instrumento validado e preciso para a investigação da massa magra e massa gorda corporal, visando monitorar as alterações associadas ao envelhecimento e às patologias crônicas, incluindo os riscos cardiometabólicos representados pela Taxa A/G que corresponde a relação entre gordura ginóide e andróide.

Os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal durante todo o exame, permanecendo imóveis por cerca de 5 a 8 minutos. A massa de gordura e a massa livre de gordura foram analisadas e expressas em valores absolutos, percentuais, totais e por segmento corporal. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado pela divisão da massa muscular apendicular em quilogramas pela altura ao quadrado (26,27).

5.6.4 Ecocardiograma

A avaliação do ECOTT, foi realizada utilizando o aparelho de ultrassonografia (Vivid S70N (GE Healthcare, Tirat Carmel/Haifa, Israel), conduzido de acordo com as recomendações da *American Society of Echocardiography* (28). Foram coletados dados do ventrículo esquerdo (VE), a função sistólica foi avaliada pelo método de Simpson (FEVE: %) e a função diastólica foi classificada como normal, grau I, grau II ou grau III.

5.6.5 Força de muscular isométrica de preensão palmar (Handgrip)

O Handgrip foi realizado de forma estática usando um Dinamômetro hidráulico (Jamar®, Patterson Medical®, Reino Unido), e considerando os valores em quilogramas (Kg) com base nos valores de referência de acordo com sexo e idade (29). Foram realizadas três medições do lado dominante, com intervalo de 1 minuto entre as medições, sendo considerado para a avaliação o maior valor obtido. Durante a execução do protocolo, o participante permaneceu sentado, com o braço aduzido e paralelo ao tronco, cotovelo fletido a 90 graus e antebraço e punho em posição neutra, sob supervisão de um profissional habilitado (30).

5.6.6 Teste cardiopulmonar de exercício

Os TCPE foram realizados em um ciclo ergômetro eletromagnético (Lode, Corival, Groningen, Holanda) em um ambiente climatizado, equipado com material para suporte básico e avançado de vida. O protocolo de exercício seguiu o formato de rampa individualizada, ajustado conforme a avaliação clínica inicial, com aumento progressivo da carga até a exaustão ou até a detecção de anormalidades clínicas que justificassem a interrupção. A monitorização contínua do eletrocardiograma foi feita com o Quark T12 (Cosmed, Itália) ou ErgoPc Elite (Micromed, Brasil), e a pressão arterial foi aferida intermitentemente pelo sistema Tango M2 (Suntech, EUA), juntamente com a avaliação dos sinais e sintomas clínicos.

As variáveis ventilatórias foram mensuradas com medição respiração a respiração e analisadas pelo software. Foram avaliadas as principais variáveis do TCPE, incluindo consumo de oxigênio (VO_2 , ml/min/kg), produção de gás carbônico (VCO_2 , ml/min/kg), ventilação pulmonar (VE, L/min), frequência cardíaca (FC, bpm) e carga (watts) (31). Os valores obtidos de VO_2 foram registrados e comparados com os valores de referência para a população brasileira (32).

5.6.7 Espirometria

Para a realização da espirometria, foi utilizado um espirômetro (MicroQuark, Cosmed, Milão, Itália) onde os indivíduos realizaram pelo menos três manobras de expiração forçada, conforme os procedimentos técnicos e critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade de acordo com a ATS/ERS (33). As variáveis analisadas foram:

capacidade vital forçada (CVF); volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁); razão entre VEF₁/CVF (%), Pico de fluxo expiratório (PFE) e o percentual do previsto dos respectivos parâmetros e comparados com os valores preditos para a população brasileira (34).

5.6.8 Avaliação da força muscular respiratória

A avaliação da FMI foi realizada considerando três componentes: a força estática, medida por meio da pressão inspiratória máxima a força dinâmica, avaliada pelo índice de força dinâmica máxima (S-Índex, em inglês *Dynamic Strength Index*); e a força sustentada, obtida por meio da pressão inspiratória máxima sustentada (SMIP).

A MIP foi avaliada em três diferentes dispositivos: no manovacuômetro padrão (em inglês *Standard Manovacuometer-SM*), utilizando o manovacuômetro digital (MV300, Globalmed, Porto Alegre, Brasil); no dispositivo de Carga Resistiva com Fluxo Gradual (em inglês *Tapered Flow Resistive Loading - TFRL*), avaliado com o dispositivo KH2 e o software Breathe-Link (POWERbreathe, POWERbreathe International Ltd, Southam, Reino Unido); e no dispositivo PrO2 (PrO2 Health, Smithfield, USA), que oferece feedback visual em tempo real durante a execução do teste.

Essa abordagem permitiu uma avaliação abrangente da FMI por meio de diferentes métodos e tecnologias. Na avaliação da FMI estática, os pacientes foram instruídos a realizar uma expiração forçada máxima até o VR, seguida por uma inspiração máxima e sustentada pelo maior tempo possível. Foram realizadas três manobras inspiratórias, com intervalos de 60 segundos entre elas, sendo registrado o maior valor entre as manobras, desde que a variação entre os valores fosse inferior a 10%. Cada manobra teve uma duração mínima de 1,5 segundos de esforço sustentado. Os valores da MIP obtidos foram então comparados com os valores de referência estabelecidos para a população brasileira (19, 20).

Na avaliação da FMI dinâmica, as medidas do S-Índex foram obtidas pelo dispositivo POWERbreathe onde os pacientes foram instruídos a realizar uma expiração forçada máxima até o VR, seguida por uma inspiração máxima, sendo realizadas 8 manobras com descanso de 60 segundos entre elas e o maior valor entre

as manobras (11), foi selecionado e comparados com os valores de referência estabelecidos para a população brasileira (35).

Na avaliação da FMI sustentada, a medida da SMIP foi obtida por meio do TIRE utilizando o dispositivo PrO2, adicionalmente foi avaliada a MIP, ID e FIT. Os pacientes foram instruídos a realizar uma expiração forçada máxima até VR, em seguida, um esforço inspiratório máximo e sustentado, gerando a maior pressão possível e pelo maior tempo possível. Foram realizados de três a cinco testes, com intervalos de 60 segundos entre os esforços. Ao final de cada manobra foram apresentados os valores da MIP, ID e FIT, em seguida comparados com os valores de normalidade (14, 36). O maior valor da MIP foi utilizado para determinar as demais medidas do TIRE.

Durante a realização dos testes, os pacientes foram posicionados sentados em uma cadeira com encosto e braços laterais, com os pés apoiados no chão. Utilizaram um bocal de plástico liso e cliques nasais para evitar a saída de ar durante o teste, sendo orientados a prevenir qualquer vazamento ao redor do bocal. As avaliações foram conduzidas em conformidade com as recomendações da ERS para testes respiratórios (19).

5.7 Avaliação de confiabilidade

A confiabilidade das medidas foi avaliada em 13 pacientes (25% da amostra total do estudo), por meio do teste-reteste das variáveis do TIRE (MIP, SMIP, ID e FIT) utilizando a técnica intra-avaliador e inter-avaliador. Os avaliadores A.M.F e C.N.R eram experientes e familiarizados com o protocolo e o dispositivo, as avaliações foram realizadas de forma independente sem interferência ou comunicação com o outro avaliador.

A sequência das avaliações foi aleatorizada em envelopes opacos e lacrados, preparados e numerados sequencialmente por um pesquisador que não estava envolvido no estudo. Para a avaliação intra-avaliador, foi estabelecido com um intervalo de 30 minutos entre os momentos. Para a avaliação inter-avaliador foi padronizado um intervalo de 10 minutos entre os avaliadores com sequência aleatorizada. As avaliações ocorreram no mesmo dia e não houve nenhuma intercorrência ou desconforto relatados durante os testes.

5.8 Medidas de validade entre os dispositivos

A validade convergente das medidas de MIP, ocorreram em 3 dispositivos sendo MIP_{SM}, MIP_{TFRL} e MIP_{Pro2}. A ordem dos dispositivos foi aleatorizada, em envelopes opacos e lacrados, preparados e numerados sequencialmente por um pesquisador que não estava envolvido no estudo. Foi realizado um descanso de 10 minutos entre cada dispositivo. Seguido por um crossover garantindo que todos os pacientes realizassem as medidas.

6. ANÁLISE ESTÁTISTICA

Os dados das variáveis contínuas foram expressos como média $\pm$ desvio padrão (DP), mediana e intervalo interquartil (IQR). Para as variáveis categóricas, foram apresentados números absolutos e porcentagens. A normalidade da distribuição foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Testes t pareados ou testes de Mann-Whitney foram aplicados conforme a adequação à distribuição dos dados. Para as variáveis categóricas, foi utilizado o teste qui-quadrado.

Na análise de confiabilidade, foi aplicado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), com a seguinte interpretação: $< 0,50$ indica confiabilidade pobre; $0,50 - 0,75$, confiabilidade moderada; $0,75 - 0,90$, confiabilidade boa; e $> 0,90$, confiabilidade excelente (37). Gráficos de Bland-Altman foram utilizados para visualizar a concordância entre as medidas.

A validade foi avaliada por meio do coeficiente de correlação de Pearson, e pelas análises de variância (ANOVA) one-way e two-way, para comparar os diferentes instrumentos de medida.

A análise dos dados foi realizada utilizando os softwares IBM SPSS Statistics 25 (Chicago, IL, EUA) e GraphPad Prism 8 (Boston, EUA). O tamanho da amostra, com N=51 pacientes, foi considerado adequado (50 – 99 participantes) de acordo com os critérios do COSMIN (24).

7. RESULTADOS

Foram recrutados 60 pacientes, destes 9 foram excluídos por não terem interesse em participar (n= 4), sequelas neurológicas/deficits cognitivos (n= 5). Deste modo, 51 pacientes foram incluídos no estudo. Os pacientes tinham uma idade média de $62,02 \pm 9,86$ anos, (56% homens), a principal etiologia para DCV foi a isquêmica

(70%), FEVE média de $54,20 \pm 13,52\%$, VO_2 pico médio de $18,66 \pm 6,51 \text{ mL.kg.min}^{-1}$ e com função pulmonar preservada. Os dados clínicos e sociodemográficos, composição corporal, cardiopulmonar e de função pulmonar são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados demográficos, antropométricos, composição corporal, força muscular periférica, capacidade funcional e função pulmonar em pacientes com DCV.

Variável	DCV (n=51)		Feminino (n=22)		Masculino (n=29)		p
Idade	62,02	± 9,86	62,44	± 8,39	60,92	± 9,51	0,330
IMC, (kg/m ²)	30,24	± 5,22	31,07	± 5,85	28,65	± 3,87	0,052
Massa gorda, % ^A	37,36	± 8,8	39,1	± 6,72	51,28	± 8,53	0,001
Taxa A/G ^A	1,19	± 0,21	1,06	± 0,11	1,26	± 0,2	0,001
Hand grip	29,81	± 9,74	21,65	± 3,92	35,32	± 8,75	0,001
FEVE, %	54,20	± 13,52	57,82	± 9,89	51,24	± 15,31	0,072
Etiologia, n (%)							0,190
Isquêmico	36 (70)		12 (25)		23 (45)		
Dilatada	2 (4)		2 (4)		0		
Aórtica	4 (8)		2 (4)		2 (4)		
Outros	9 (18)		5 (10)		4 (8)		
NYHA, n (%)							0,130
I	29 (56)		9 (17)		20 (39)		
II	15 (28)		8 (15)		6 (13)		
III	8 (16)		5 (10)		3 (6)		
Capacidade funcional^B							
VO_2 pico, mL/kg/min	18,66	± 6,51	14,62	± 3,89	20,75	± 6,66	0,001
VO_2 pico predito, %	64,38	± 18,15	65,35	± 16,18	63,32	± 19,16	0,724
VO_2 absoluto, L/min	1,45	± 0,51	1,24	± 0,15	1,78	± 0,45	0,001
Função pulmonar							
VEF ₁ , L	2,66	± 0,92	1,89	± 3,14	3,14	± 0,76	0,001
VEF ₁ preditivo, %	90,38	± 19,02	87,83	± 19,06	91,97	± 19,16	0,599
CVF, L	3,4	± 1,21	2,36	± 0,79	4,04	± 0,95	0,001
CVF preditivo, %	90,34	± 18,76	86,33	± 19,73	92,83	± 18,03	0,341
VEF ₁ /CVF, %	79,06	± 7,19	81,07	± 7,48	77,82	± 6,85	0,132
VEF ₁ /CVF preditivo, %	100,28	± 8,70	101,94	± 9,35	99,24	± 8,26	0,303
PEF, L	6,04	± 2,62	4,05	± 1,59	7,27	± 2,40	0,001
PEF, preditivo %	71,00	± 21,97	78,20	± 20,17	70,00	± 22,89	0,522

Valores expressos em média e desvio padrão ou frequência. IMC: Índice de massa corporal; Taxa A/G: relação entre o % de gordura gínóide e andróide; FEVE: Fração de ejeção do ventrículo esquerdo; NYHA: *New York Heart Association Funcional Classification*; VO_2 pico: VO_2 pico: pico de consumo de oxigênio; VEF₁: volume expirado forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; PEF: Pico de fluxo expiratório. ^A= 49 indivíduos, ^B= 41 indivíduos.

As medidas de MIP, estão apresentadas de acordo com cada dispositivo de medida, com valores médios de MIP_{SM} $82,00 \pm 34,18 \text{ cmH}_2\text{O}$, MIP_{TFRL} $80,89 \pm 26,65 \text{ cmH}_2\text{O}$ e MIP_{PrO2} $79,35 \pm 34,77$, adicionalmente outras variáveis do TIRE são apresentadas tabela 2. Não encontramos diferença significativa ($p=0,22$) entre as medidas da MIP utilizando dispositivos diferentes (Figura 5).

Tabela 2 - Avaliação da incursão inspiratória em indivíduos com DVC utilizando diferentes dispositivos e TIRE divididos por sexo

Variável	DCV (n=51)	Feminino (n=22)	Masculino (n=29)	p
Manovacuômetro				
Padrão				
MIP, cmH ₂ O	82,00 ± 34,18	69,40 ± 29,53	95,34 ± 33,02	0,005
Carga resistiva de fluxo cônico				
MIP, cmH ₂ O	80,89 ± 26,65	68,86 ± 28,36	88,78 ± 2,20	0,022
TIRE				
MIP, cmH ₂ O	79,35 ± 34,77	61,09 ± 31,05	93,20 ± 31,23	0,001
SMIP, PTU	387,88 ± 213,29	267,09 ± 131,84	479,51 ± 219,17	0,001
SMIP predito, %	77,98 ± 35,10	71,88 ± 31,00	82,6 ± 37,78	0,272
ID, seg	9,69 ± 4,06	8,13 ± 2,70	10,88 ± 4,55	0,016
ID predito, %	91,54 ± 39,53	92,55 ± 37,55	90,78 ± 41,61	0,874
FIT	14,09 ± 11,4	7,90 ± 5,11	18,78 ± 12,63	0,001

MIP: Pressão inspiratória máxima; cmH₂O: centímetros de água; TIRE: Teste de Resistência Respiratória Incremental; SMIP: Pressão inspiratória máxima sustentada; PTU: unidade de pressão por tempo; ID: Duração inspiratória; seg: segundos; FIT: Índice de fadiga.

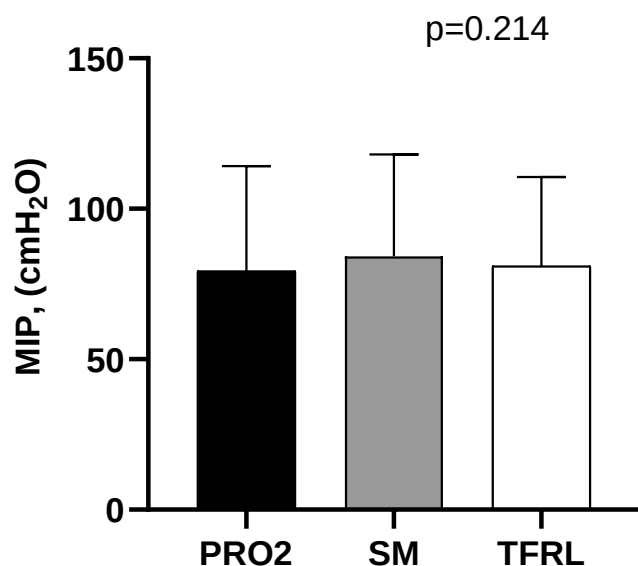


Figura 5- Representação gráfica das comparações dos valores médios das pressões inspiratórias máximas: SM: Manovacuômetro Padrão; TFRL: Carga Resistiva com Fluxo Gradual; e no PrO2. MIP= Pressão Inspiratória Máxima. Comparação realizada com teste estatístico ANOVA de medidas repetidas.

7.1 Análise de confiabilidade

A confiabilidade intra-avaliador e inter-avaliador das medidas do TIRE (MIP, SMIP, ID e FIT) são apresentadas na Tabela 3, onde foi realizada em 13 pacientes.

Na análise intra-avaliador, o valor médio da primeira medida de MIP foi de $94,85 \pm 34,40$ cmH₂O e da segunda $97,31 \pm 33,64$ cmH₂O, enquanto na análise inter-avaliador, a medida do avaliador 2 na MIP foi de $93,08 \pm 34,49$ cmH₂O. Na confiabilidade intra e inter da MIP, o ICC variou entre 0,88 [95% IC= 0,61 - 0,96] e 0,97 [95% IC= 0,90 - 0,99] respectivamente ambos com um $p = <0,001$.

A SMIP apresentou confiabilidade intra e inter-avaliador com médias de $435,35 \pm 172,67$ PTU e $456,15 \pm 214,36$ PTU na primeira e segunda avaliação enquanto a do avaliador 2 foi de $444,85 \pm 193,90$, o ICC variou de 0,77 [95% IC= 0,70 - 0,93] e 0,84 [95% IC= 0,46 - 0,95], respectivamente.

O ID apresentou confiabilidade intra e inter-avaliador com médias de $10,77 \pm 3,79$ segundos e $10,45 \pm 3,78$ segundos na primeira e segunda avaliação enquanto a do avaliador 2 foi de $10,46 \pm 3,44$, o ICC variou de 0,83 [95% IC= 0,43 - 0,94] e 0,76 [95% IC= 0,60 - 0,91], respectivamente.

O FIT apresentou confiabilidade intra e inter-avaliador com médias de $16,47 \pm 9,92$ e $17,26 \pm 11,94$ na primeira e segunda avaliação enquanto a do avaliador 2 foi de $16,18 \pm 9,90$, o ICC variou de 0,80 [95% IC= 0,61 - 0,91] e 0,81 [95% IC= 0,78 - 0,93].

Tabela 3 - Análise de confiabilidade intra- avaliador e inter-avaliador das medidas do TIRE em pacientes com DCV.

Confiabilidade (n=13)										
Variáveis	Intra-avaliador		Diferença Absoluta ^A	ICC(IC 95%)	ICC P	inter-avaliador		Diferença Absoluta ^A	ICC(IC 95%)	ICC P
TIRE	Momento 1	Momento 2				Avaliador 1	Avaliador 2			
MIP, cmH ₂ O	94,85 ± 34,40	97,31 ± 33,64	- 2,46 (22,61)	0,88 (0,61 - 0,96)	0,001	97,31 ± 33,64	93,08 ± 34,49	4,23 (11,07)	0,97 (0,90 - 0,99)	0,001
SMIP, PTU	435,35 ± 172,67	456,15 ± 214,36	- 20,76 (172,27)	0,77 (0,70 - 0,93)	0,011	456,15 ± 214,36	444,85 ± 193,90	11,30 (155,86)	0,84 (0,46 - 0,95)	0,002
ID, s	10,77 ± 3,79	10,45 ± 3,78	0,32 (2,95)	0,83 (0,43 - 0,94)	0,003	10,45 ± 3,78	10,46 ± 3,44	- 0,006 (3,54)	0,76 (0,46 - 0,91)	0,028
FIT	16,47 ± 9,92	17,26 ± 11,94	- 0,78 (10,58)	0,80 (0,61 - 0,91)	0,024	17,26 ± 11,94	16,18 ± 9,90	1,07 (9,61)	0,81 (0,78 - 0,93)	0,009

Valores expressos em média e ± (desvio padrão) e 95% do intervalo de confiança (IC95%). TIRE: Teste de resistência respiratória incremental; MIP: Pressão inspiratória máxima; SMIP: Pressão inspiratória máxima sustentada; ID: Duração inspiratória; FIT: Teste de índice de fadiga. ^A: Diferença absoluta entre as duas medidas; ICC: Coeficiente de correlação intraclass.

Encontramos em todas as variáveis uma boa e excelente concordância com ICC entre 0,76 e 0,97. A confiabilidade intra-avaliador e inter-avaliador das medidas do TIRE (MIP, SMIP, ID e FIT) estão apresentados na Tabela 3 e ilustradas na figura 6. As associações dessas medidas demonstrando a concordância no gráfico de Bland–Altman entre o TIRE ($p < 0,001$) na Figura 7.

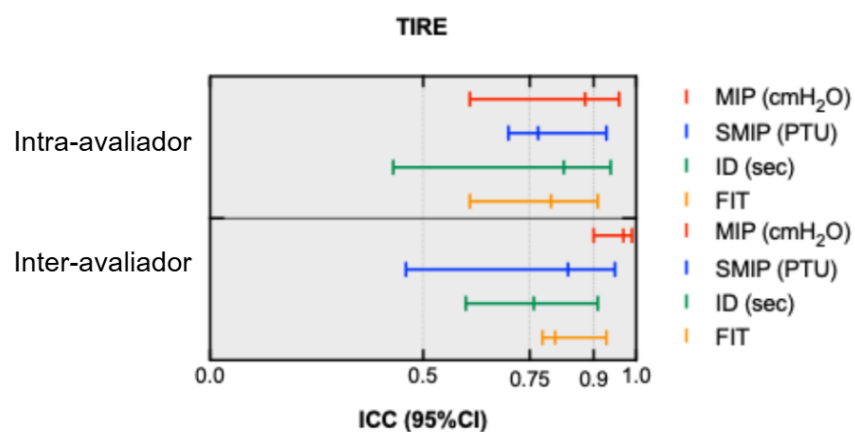


Figura 6 - Análise de confiabilidade das variáveis do TIRE: Teste de resistência respiratória incremental; MIP: Pressão inspiratória máxima; SMIP: Pressão inspiratória máxima sustentada; ID: Duração inspiratória; FIT: Teste de índice de fadiga, em pacientes com doença cardiovascular.

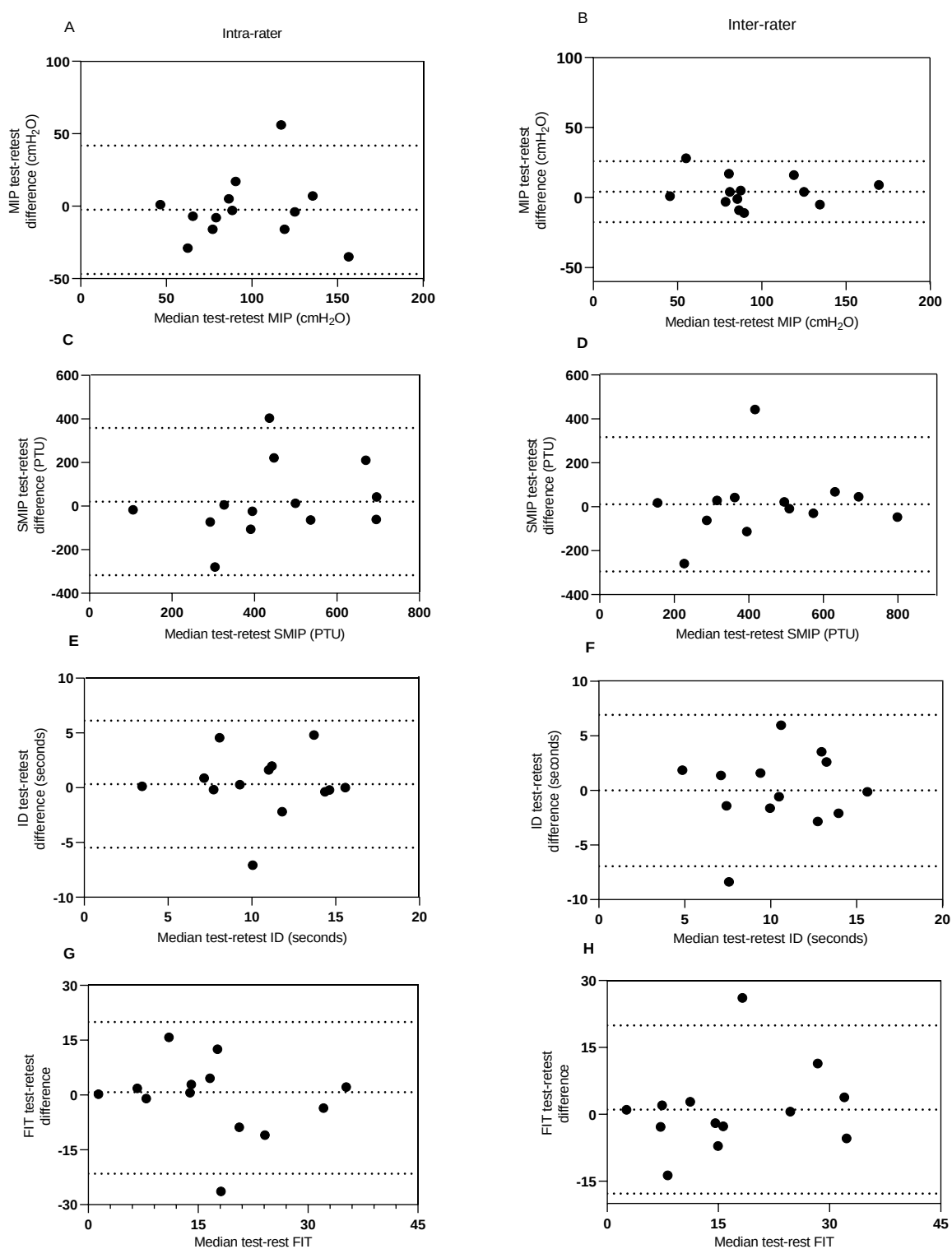


Figura 7- Análise de Confiabilidade intra e inter-avaliador das Medidas do TIRE utilizando o método de Bland-Altman da relação entre as avaliações de Pressão Inspiratória Máxima - MIP entre (A) intra-avaliador, (B) inter-avaliador; Pressão Inspiratória Máxima Sustentada - SMIP (C) intra-avaliador e (D) inter-avaliador; Duração da Inspiração - ID (E) intra-avaliador e (F) Inter-avaliador; Índice de fadiga - FIT (G) intra-avaliador e (H) inter-avaliador em pacientes com doença cardiovascular. A diferença entre

as medidas em cmH₂O, PTU e segundos. A linha central sólida corresponde à linha zero, e as linhas pontilhadas representam os limites de concordância de -1,96 s a +1,96 s entre inter-avaliador e intra-avaliador.

7.2 Validade convergente

Foi observada uma correlação positiva moderada entre os valores da MIP_{PrO2} com MIP_{SM} ($r=0.73$, $p<0.001$), alta entre MIP_{TFRL} e o MIP_{SM} ($r=0.88$, $p<0.001$) e moderada entre a MIP_{PrO2} e o MIP_{TFRL} ($r=0.66$, $p<0.001$) (Figura 8).

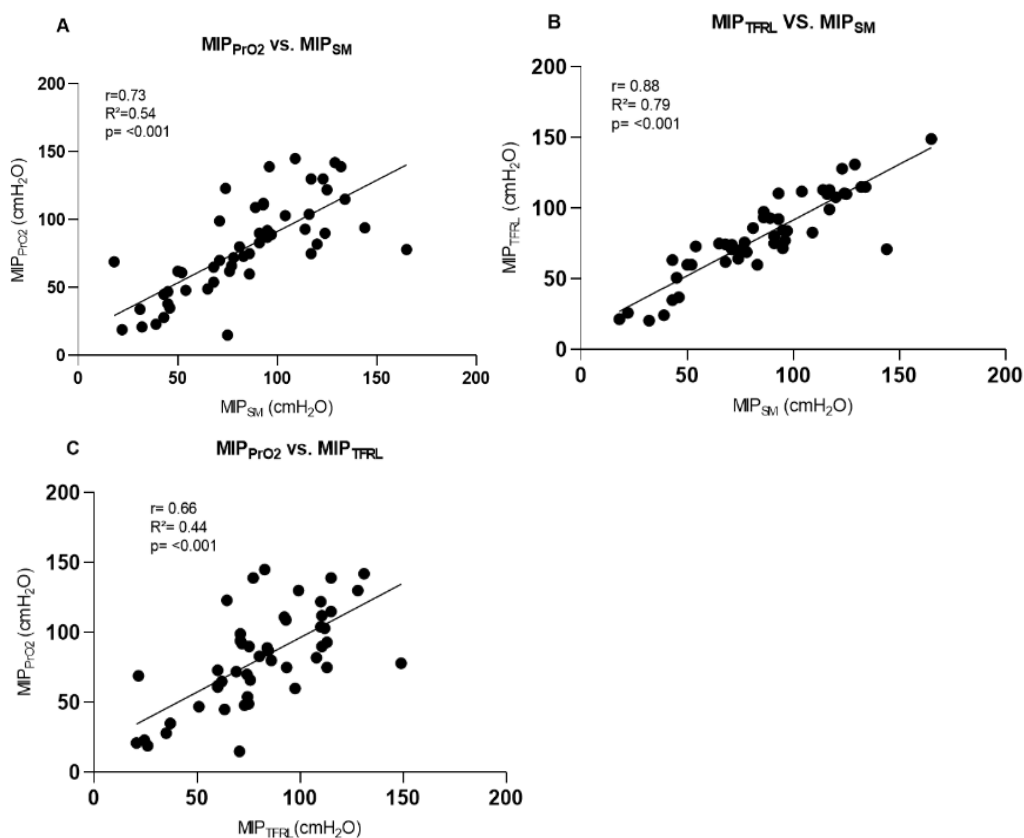


Figura 8- Análise gráfica de correlação de Pearson da relação entre as pressões inspiratórias máximas (MIP) em comparação entre dispositivos: (A) PrO2 *versus* Manovacuômetro padrão (SM); (B) Carga Resistiva com Fluxo Gradual (TFRL) *versus* SM; (C) PrO2 *versus* TFRL em pacientes com doença cardiovascular. MIP= Pressão inspiratória máxima. Diferença entre as medidas em cmH₂O.

As análises de Bland-altman demonstraram boas concordâncias das medidas entre MIP_{TFRL} *versus* MIP_{SM}; MIP_{SM} *versus* MIP_{PrO2}; e MIP_{PrO2} *versus* MIP_{TFRL} (Figura 9).

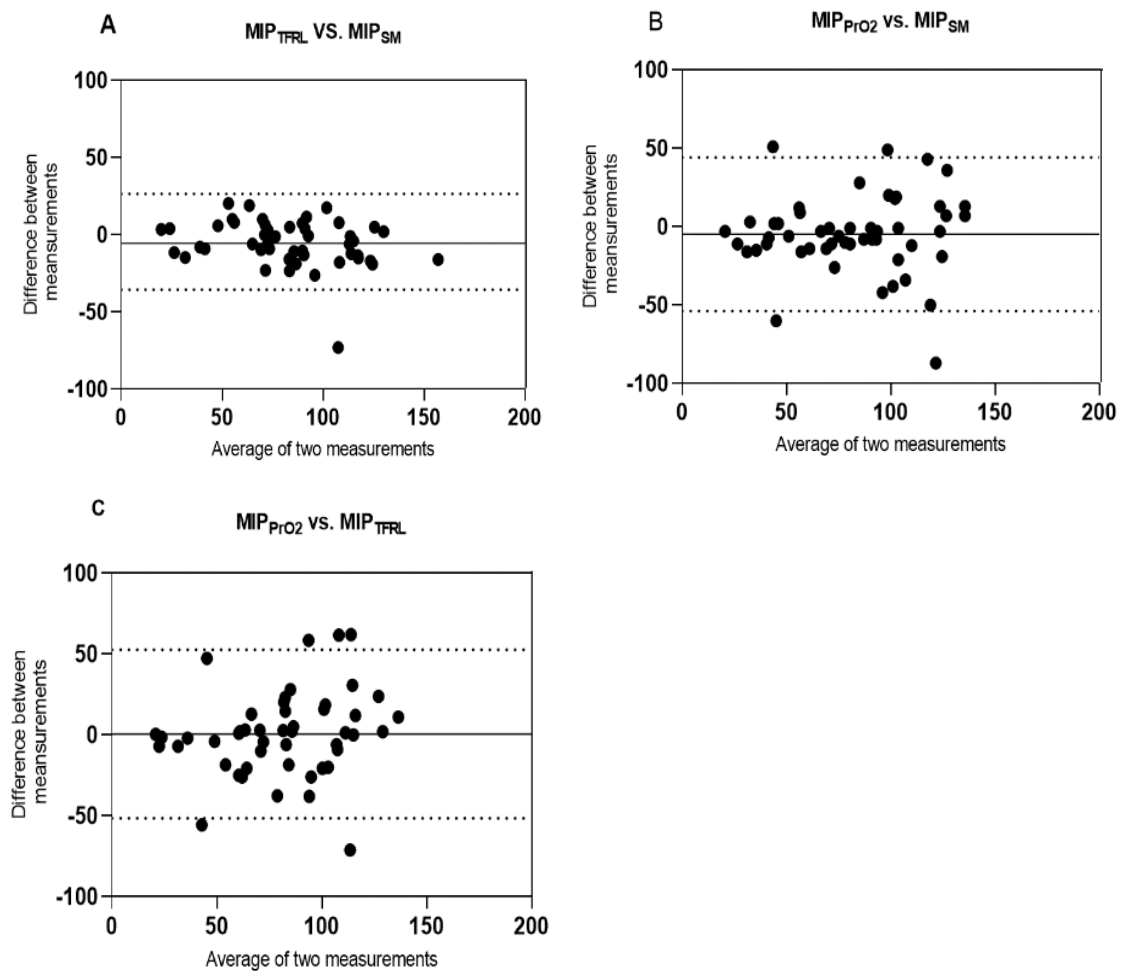


Figura 9- Análise comparativa de as pressões inspiratórias máximas em relação a outros dispositivos pelo método de Bland-Altman: (A) Carga Resistiva com Fluxo Gradual (TFRL) *versus* Manovacuumetro padrão (SM); (B) Pro2 *versus* SM; (C) Pro2 *versus* TFRL em pacientes com doença cardiovascular. MIP= Pressão inspiratória máxima. A linha central sólida corresponde à linha zero, e as linhas pontilhadas representam os limites de concordância de -1,96 s a +1,96 s entre inter-avaliador e intra-avaliador. Diferença entre as medidas em cmH₂O.

7.3 Correlações entre o VO₂ pico e as variáveis de desempenho muscular

Foi observado correlações das medidas em diferentes equipamentos com o VO₂pico (ml/kg/min), sendo pouca entre a MIP_{SM} ($r=0.36$, $p=0.017$), moderada entre MIP_{TFRL} ($r=0.53$, $p<0.001$) e a MIP_{PRO2} ($r=0.52$, $p<0.001$).

Entre as medidas do TIRE, foi encontrado uma correlação moderada com a SMIP ($r=0.60$, $p<0.001$), fraca com ID ($r=0.22$, $p=0.014$) e o FIT ($r=0.37$, $p=0.014$) (Figura 10).

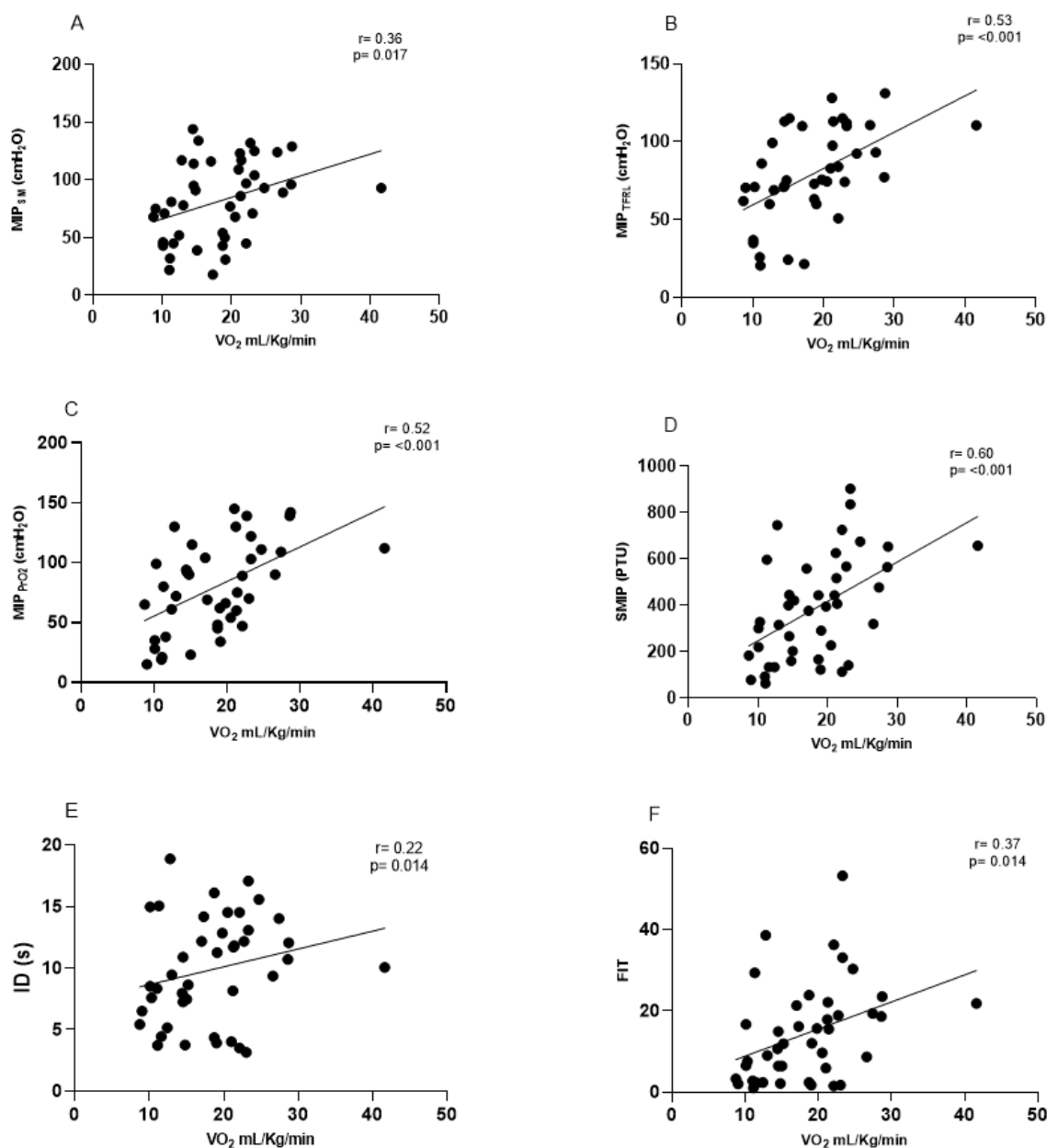


Figura 10- Representação gráfica das correlações de Pearson entre o VO_2 pico e as variáveis de desempenho muscular: Pressão inspiratória máxima (MIP, cmH₂O) *versus* consumo de oxigênio pico (VO_2 , mL/kg/min). (A) SM: Manovacômetro padrão; (B) TFRL: Carga Resistiva com Fluxo Gradual; (C) PrO₂ e entre as medições do Teste de Resistência Respiratória Incremental (TIRE) (D): SMIP: Pressão inspiratória máxima sustentada; PTU: Unidade por pressão e tempo; (E) ID: Duração inspiratória, segundos; (F): FIT: Teste de índice de fadiga.

7.4 Correlação entre as medidas de força muscular inspiratória estática, dinâmica e sustentada

Foi observado uma correlação positiva em todas as medidas, sendo moderada entre a MIP_{PrO_2} com o S-Índex ($r=0,40$, $p= <0,002$), alta entre a SMIP ($r= 0,70$, $p= 0,001$) e pouca entre o S-Índex e a SMIP ($r= 0,38$, $p= 0,004$). Análise de ANOVA de medidas repetidas demonstrou diferença estaticamente significativa entre as medidas ($p= <0,001$) (**Figura 11**).

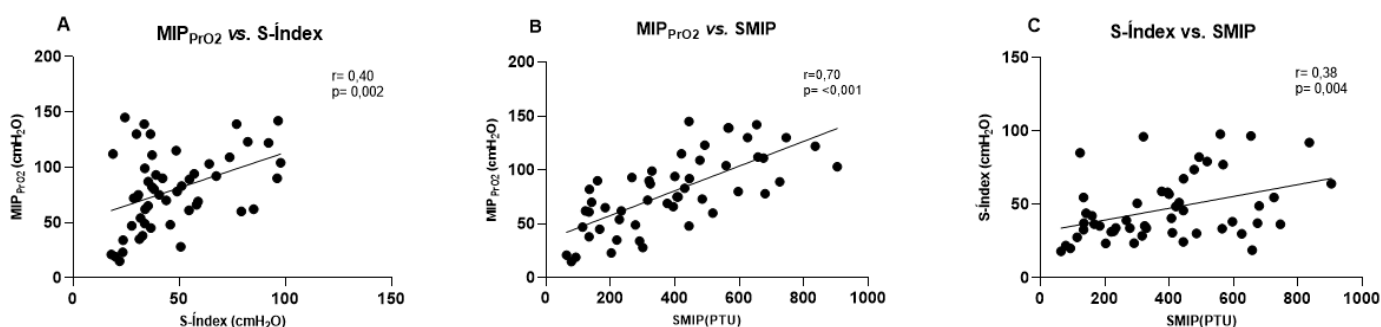


Figura 11 - Representação gráfica das correlações de Pearson entre as medidas de força muscular inspiratória: (A): Pressão inspiratória máxima (MIP_{PrO_2}) versus Pressão inspiratória dinâmica (S-Índex); (B): MIP_{PrO_2} versus Pressão inspiratória máxima sustentada (SMIP); (C) S-Índex versus SMIP. Diferença entre as medidas em cmH₂O e PTU.

7.5 Correlação entre as medidas do TIRE com as variáveis de composição corporal e força muscular periférica

Foi observado que a maioria das medidas no TIRE apresentaram correlações moderadas com as variáveis de TAXA A/G, sendo com a SMIP ($r= 0,43$, $p= 0,002$), com a ID ($r= 0,40$, $p=0,004$) e com o FIT ($r= 0,45$, $p= 0,001$). Em comparação com o Handgrip, a maioria demonstrou correlação moderada, como com a SMIP e o FIT ($r= 0,43$, $p=0,002$), no entanto, a correlação com o ID foi fraca ($r= 0,39$, $p= 0,005$) (Figura 12).

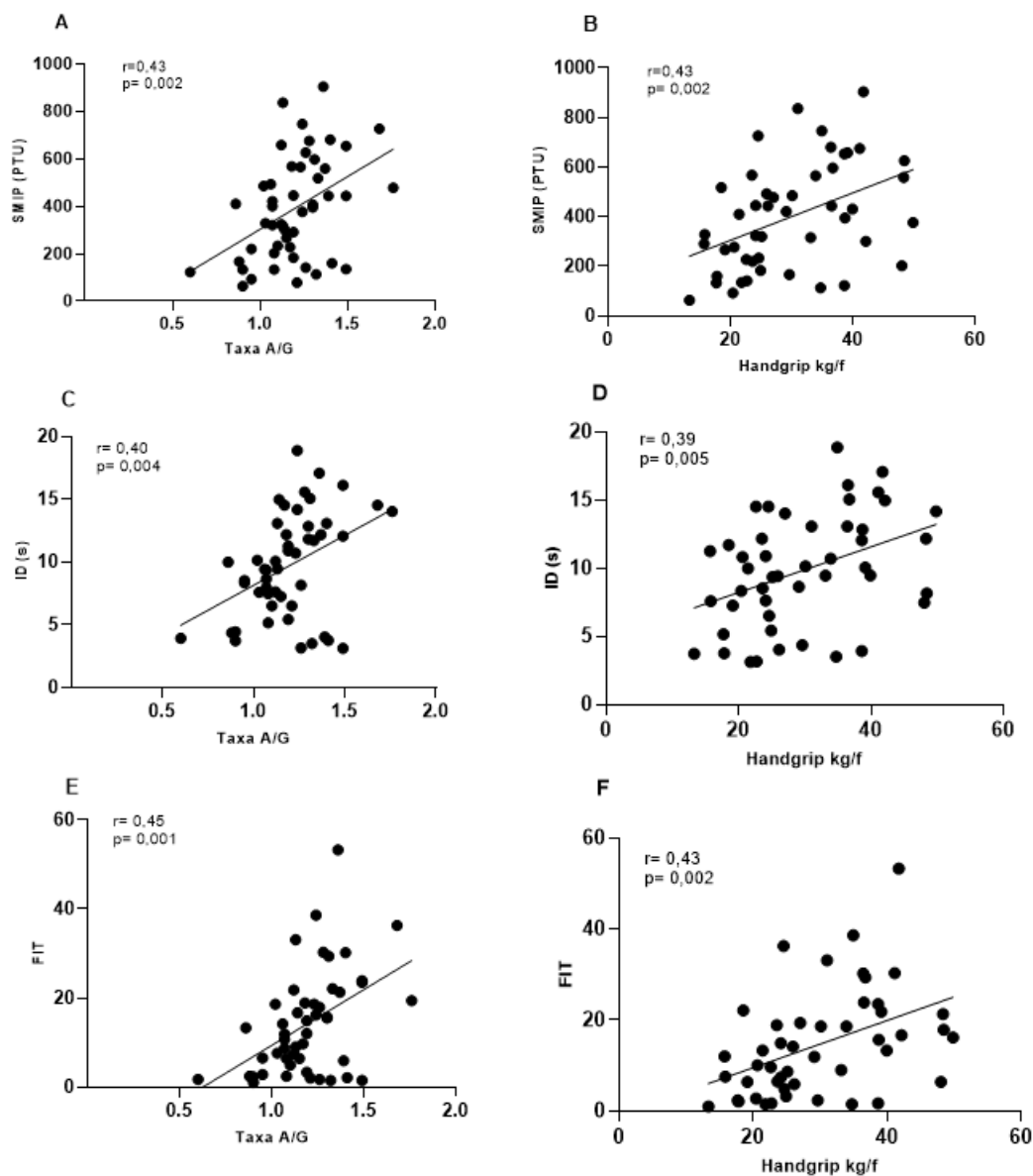


Figura 12 - Representação gráfica das correlação da relação entre as medidas do Teste de Resistência Respiratória Incremental (TIRE) com as medidas de composição corporal (taxa A/G) e força muscular periférica (Handgrip) sendo: (A) Pressão inspiratória máxima sustentada (SMIP) com a Taxa A/G; (B) SMIP com o Hangrip; (C) Duração inspiratória (ID) com a taxa A/G; (D) ID com o Handgrip; (E) FIT com a taxa A/G; (F) FIT com o Handgrip.

8. DISCUSSÃO

O presente estudo examinou características do TIRE na avaliação do desempenho muscular inspiratório em pacientes com DCV, sendo o pioneiro ao analisar a confiabilidade e validade das medidas do TIRE nesta população. Observamos (1) uma boa consistência nas medidas do TIRE para confiabilidade intra-avaliador, e boa a excelente para inter-avaliador (2). A validade convergente das medidas de MIP entre

os dispositivos SM, TFRL e PrO2 mostrou correlações de moderada a alta; (3) as correlações entre capacidade funcional e as medidas de desempenho muscular inspiratório foram moderadas; (4) as correlação entre as medidas de força muscular inspiratória (MIP, SMIP e S-Índex) mostrou serem de pouca a alta; (5) e entre as medidas do TIRE (SMIP, FIT e ID) e as principais variáveis de composição corporal e força muscular periférica variaram de fracas a moderadas. Esses achados fornecem evidências iniciais sobre a aplicabilidade do TIRE na avaliação do desempenho muscular de forma abrangente em pacientes com DCV.

Os resultados deste estudo demonstraram uma elevada confiabilidade intra e inter-avaliador para as medidas de MIP_{PRO2}. No estudo de Formiga et al, resultados semelhantes foram observados em pacientes com DPOC ao utilizarem o TIRE, demonstrando medidas reproduzíveis (14). Além disso, a confiabilidade das medidas de força muscular inspiratória avaliada por meio de dispositivo *TFRL* em pacientes com IC apresentou alta consistência (11). Em pacientes com lesão medular, foi observado um ICC de 0.87 indicando alta consistência entre avaliadores (15). Assim, observamos validade das medições de MIP quando realizadas por um mesmo avaliador em diferentes momentos ou por diferentes avaliadores, especificamente em populações com doenças crônicas, em diferentes contextos clínicos (11,14,15).

Na análise de confiabilidade da SMIP, que avalia a capacidade de gerar e sustentar pressão inspiratória máxima ao longo do tempo, observamos uma boa confiabilidade intra e inter-avaliador, indicando que a medida é confiável para monitorar a força dos músculos respiratórios. Esses achados são consistentes com estudos anteriores que investigaram populações DPOC e lesão medular, nos quais os coeficientes de correlação intraclasse (ICC) indicaram uma confiabilidade excelente (14,15). No entanto, é importante considerar que a SMIP, exige um esforço muscular máximo, que pode ser influenciada por fatores individuais dos pacientes, como a idade e condição de saúde (14,15, 22). Ensaios clínicos reforçam o uso do SMIP como um marcador de desfecho primário na avaliação do ganho de força decorrente do TMI, demonstrando a sua aplicabilidade clínica (21).

Van der Palen et al, destacam a importância da avaliação da força muscular inspiratória, considerada como um marcador prognóstico de risco de evento cardiovascular(10). Essa condição é frequentemente caracterizada por processos como inflamação, desnutrição, estresse mecânico, metabólico e oxidativo, além do

impacto do uso de medicamentos, que contribuem para a redução da força muscular inspiratória e para um comprometimento sistêmico (7,38). Esses resultados reforçam o papel do SMIP como uma ferramenta para a avaliação e monitoramento da função muscular respiratória, especialmente em indivíduos com DCV, onde o comprometimento diafragmático tem relevância clínica e prognóstica.

Em nosso estudo, o ID e o FIT demonstraram alta confiabilidade intra-avaliador e inter-avaliador, reforçando sua reprodutibilidade. Esses achados estão em consonância com a literatura, que destaca a importância de medições padronizadas e a familiaridade dos avaliadores com os procedimentos para garantir a precisão e consistência na avaliação da resistência muscular respiratória (14).

A validade convergente entre os dispositivos para mensurar a MIP foi consistente apesar das características específicas de cada dispositivo. A MIP medida no manovacuômetro padrão, é obtida por meio de um esforço máximo inspiratório contra um bocal ocluído com um orifício de 2mm, permitindo vazamento fixo e impedindo o fechamento glótico (18). A MIP medida no TFRL introduz uma resistência gradual ajustada dinamicamente por uma válvula eletrônica durante o esforço muscular inspiratório que varia de acordo com o esforço do paciente, tornando o dispositivo mais responsivo e capaz de fornecer uma avaliação mais precisa do desempenho muscular ao longo do teste (19).

A MIP no dispositivo PrO2 também utiliza um orifício de 2 mm para o vazamento e sua principal diferença está na aplicação de uma carga resistiva de fluxo inspiratório, fornecendo uma resistência constante independente da pressão ou fluxo. Esse dispositivo é similar a testes isocinéticos, proporcionando uma resistência constante ao longo da inspiração, o que o distingue dos outros dois métodos, favorecendo uma resistência mais estável (13).

Apesar das associações entre os dispositivos, recomenda-se que o mesmo dispositivo seja utilizado tanto para prescrição de treinamento quanto para reavaliações, devido às variações nos valores absolutos da MIP entre os diferentes dispositivos, o que pode impactar a prescrição individualizada e o monitoramento do progresso do paciente (39).

Em nosso estudo, foi observado que apesar das variações nos equipamentos empregadas, os resultados da MIP permaneceram dentro da normalidade, um achado consistente com outros estudos (16,40). Larson et al, descrevem que o uso de

diferentes métodos para medir a MIP pode gerar resultados semelhantes quando os procedimentos são padronizados (39).

Nos pacientes com DCV, o desempenho muscular inspiratório está associado a capacidade funcional dessa população que apresenta um pior prognóstico clínico (4). Em nosso estudo, observamos que MIP avaliada por meio do TFRL e PrO₂, demonstraram associação com capacidade funcional, semelhante ao estudo de Shah et al., com pacientes com ICC avaliados com a MIP_{PrO₂} (40). Dessa maneira, a tecnologia associada e o feedback visual dos dispositivos contribuem para um melhor desempenho muscular inspiratório (19,22).

A SMIP foi a medida do TIRE com maior associação com o VO₂, demonstrando seu potencial como uma medida relevante para avaliar o desempenho dos músculos inspiratórios e sua relação com a capacidade aeróbica (16). Essa medida reflete a capacidade de gerar e sustentar pressões inspiratórias ao longo do tempo, evidenciando a resistência dos músculos respiratórios sendo, uma característica essencial durante o exercício aeróbio, especificamente em pacientes com doenças cardiopulmonares (41).

Esses resultados corroboram com estudo anterior de Hee-Eun Choi et al., que observaram uma correlação significativa entre o SMIP e o VO₂ em pacientes com DPOC (42), reforçando que medidas dependentes do tempo, como o SMIP, oferecem maior sensibilidade na avaliação da potência aeróbica em comparação com parâmetros estáticos, como a MIP e a pressão expiratória máxima. Formiga et al., demonstraram uma correlação significativa entre o SMIP e a distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos, indicando que essa medida é capaz de refletir a capacidade funcional dessa população.

A MIP_{PrO₂} é considerada com uma medida isométrica com objetivo de medir exclusivamente pico de força, ao contrário do S-Índex realiza a medida de força de maneira variável e continua durante todo o esforço inspiratório, a dinâmica da execução é justificada pela moderada correlação encontrada entre as medidas. Em contrapartida, a SMIP é uma medida derivada da MIP_{PrO₂} o que justifica uma alta concordância entre elas, semelhante ao descrito na população de DPOC (43).

A menor correlação observada entre a SMIP e o S-Índex pode ser explicada por alterações na musculatura respiratória, bem como pela natureza distinta dos estímulos gerados em cada medida (23, 44). Na SMIP, por envolver uma incursão

sustentada, ocorre um maior recrutamento de fibras musculares de resistência, como as fibras do tipo I, que são mais adequadas para esforços prolongados (45). Em contraste, a avaliação do S-Índex envolve esforços repetitivos de curta duração, exigindo menos das fibras de resistência e mais das fibras de contração rápida, como as do tipo II (7, 46).

A correlação moderada das medidas do TIRE (SMIP, ID e FIT) utilizando o equipamento PrO2 com a Taxa A/G demonstram que a resistência gerada pelo tecido adiposo tem um impacto significativo na capacidade de ventilação e na manutenção da pressão inspiratória, o que, por sua vez, influencia o desempenho geral do paciente. No entanto, a correlação fraca do ID com o Handgrip, sugere que apesar de positiva é pouco significativa, embora ambas as medidas compartilhem de uma base que é a influência com a tolerância ao exercício (47-49).

Acreditamos que estes achados, forneçam informações relevantes sobre a aplicabilidade do TIRE na avaliação da força, resistência, potência e fadiga dos músculos inspiratórios em pacientes com DCV, contribuindo para um melhor entendimento das limitações musculares respiratórias nessa população. Embora o dispositivo PrO2 esteja disponível há mais de duas décadas, seus potenciais clínicos ainda não foram completamente explorados.

Assim, futuros estudos são necessários para aprofundar a investigação sobre a viabilidade clínica do TIRE, fortalecendo sua aplicação em contextos de avaliação funcional e intervenções terapêuticas bem como seu uso associado ao treinamento muscular inspiratório em pacientes com DCV.

9. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Nosso estudo apresentou algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Embora o tamanho da amostra tenha sido adequado para a análise realizada, foi menor em comparação a outros estudos de referência, o que pode limitar a generalização dos achados. Além disso, a amostra foi composta predominantemente por pacientes clinicamente estáveis, pertencentes às classes funcionais I e II de IC, sem representação da classe funcional IV, o que pode ter restringido as alterações musculares respiratórias em níveis mais avançados de comprometimento funcional. Também observamos uma heterogeneidade na amostra devido à diversidade de etiologias de IC, apesar de a maioria (70%) apresentar

etiologia isquêmica, e à presença de possíveis comorbidades, que podem ter introduzido variabilidade nos resultados de desempenho muscular e contribuído para intervalos de confiança amplos em algumas medidas de confiabilidade.

Essas limitações destacam a necessidade de estudos futuros que investiguem especificamente as classes mais graves de IC (III e IV) e avaliem os impactos das comorbidades na força muscular inspiratória (FMI), ampliando o entendimento clínico e melhorando a aplicabilidade das intervenções em populações mais acometidas.

10. CONCLUSÃO

O TIRE demonstrou ser um equipamento confiável e válido para avaliar diversos aspectos da musculatura inspiratória, como força, resistência, potência, fadiga e duração da incursão respiratória em indivíduos com DCV estável. As medidas de MIP, SMIP, ID e FIT apresentaram boa consistência intra e inter-avaliador. A validade convergente entre os diferentes dispositivos de avaliação de MIP foi confirmada, indicando que as medições entre dispositivos são comparáveis, embora seja recomendável utilizar o mesmo equipamento para reavaliações, devido às variações nos valores absolutos.

Assim, as correlações entre a capacidade funcional, medida pelo VO_2 pico, e o desempenho muscular inspiratório sugerem que a função respiratória está associada à capacidade aeróbica nessa população. Além disso, as variáveis do TIRE (SMIP, ID e FIT) demonstram que a resistência gerada pelo tecido adiposo e o nível de força muscular periférica tem um impacto significativo na capacidade de ventilação e na manutenção da pressão inspiratória.

IMPACTOS PRÁTICOS DOS ACHADOS PARA A SOCIEDADE

Ao demonstrar que o TIRE é um método confiável e válido para avaliar a função muscular respiratória, torna-se possível ampliar o acesso a avaliações precisas e consistentes do desempenho muscular respiratória na população com DCV pode ajudar e auxiliando na redução de custos.

11. REFERÊNCIAS

1. Fabero-Garrido R, Del Corral T, Plaza-Manzano G, Sanz-Ayan P, Izquierdo-García J, López-de-Uralde-Villanueva I. Effects of Respiratory Muscle Training on Exercise Capacity, Quality of Life, and Respiratory and Pulmonary Function in People With Ischemic Heart Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther*. Mar 2024 Mar;104(3):pzad164.
2. Oliveira GMM, Brant LCC, Polanczyk CA, Malta DC, Biolo A, Nascimento BR, Souza MFM, et al. Estatística Cardiovascular – Brasil 2023. *Arq. Bras. Cardiol*. 2024;121(2):e20240079.
3. 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*. Set 2018;1;111(3):436–539.
4. Ramalho SHR, Cipriano Junior G, Vieira PJC, Nakano EY, Winkelmann ER, Callegaro CC, Chiappa GR. Inspiratory muscle strength and six-minute walking distance in heart failure: Prognostic utility in a 10 years follow up cohort study. *PLoS One*. 2019 Aug 1;14(8):e0220638.
5. Keteyian SJ, Patel M, Kraus WE, Brawner CA, McConnell TR, Piña IL, Leifer ES, Fleg JL, Blackburn G, Fonarow GC, Chase PJ, Piner L, Vest M, O'Connor CM, Ehrman JK, Walsh MN, Ewald G, Bensimhon D, Russell SD; HF-ACTION Investigators. Variables Measured During Cardiopulmonary Exercise Testing as Predictors of Mortality in Chronic Systolic Heart Failure. *J Am Coll Cardiol*. 2016 Feb 23;67(7):780-9. doi: 10.1016/j.jacc.2015.11.050. Erratum in: *J Am Coll Cardiol*. 2016 Apr 26;67(16):1979-80.
6. Guazzi M, Adams V, Conraads V, Halle M, Mezzani A, Vanhees L, et al. EACPR/AHA Joint Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J*. 2012;33(23):2917–27.
7. Salah HM, Goldberg LR, Molinger J, Felker GM, Applefeld W, Rassaf T, et al. Diaphragmatic Function in Cardiovascular Disease: JACC Review Topic of the Week. Vol. 80, *Journal of the American College of Cardiology*. Elsevier Inc.; 2022. p. 1647–59.

8. Tikunov BA, Mancini D, Levine S. Changes in Myofibrillar Protein Composition of Human Diaphragm Elicited by Congestive Heart Failure. *J Mol Cell Cardiol.* 1996 Dec 1;28(12):2537–41.
9. Shah RV, Cahalin LP, Haus JM, Allsup K, Delligatti A, Wolf C, Checko Scioli ER, Aragam JR, Gottlieb DJ, Byard TD, Forman DE. The role of maximal inspiratory pressure on functional performance in adults with heart failure. *ESC Heart Fail.* 2024 Aug 19.
10. Van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, Lumley T, Newman AB, Tracy RP, Enright PL, Psaty BM. Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax.* 2004 Dec;59(12):1063-7.
11. da Silva FMF, Cipriano G, Lima ACGB, Andrade JML, Nakano EY, Chiappa GR, Cahalin LP, Cipriano GFB. Maximal Dynamic Inspiratory Pressure Evaluation in Heart Failure: A Comprehensive Reliability and Agreement Study. *Phys Ther.* 2020 Dec 7;100(12):2246-2253.
12. Formiga MF, Dosbaba F, Batalik L, Plutinsky M, Ludka O, Cahalin L. Novel versus Traditional Inspiratory Muscle Training Regimens as Home-Based, Stand-Alone Therapies in COPD: Protocol for a Randomized Controlled Trial. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* 2020;15 2147–2155.
13. Cahalin LP, Arena R. Novel Methods of Inspiratory Muscle Training via the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). *Exercise and Sport Sciences Reviews* 43(2):p 84-92, April 2015.
14. Formiga MF, Roach KE, Vital I, Urdaneta G, Balestrini K, Calderon-Candelario R, et al. Reliability and validity of the test of incremental respiratory endurance measures of inspiratory muscle performance in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018 May 15;(13):1569–76.
15. Palermo AE, Cahalin LP, Nash MS. A Secondary Analysis of Short- and Long-Term Variability of Inspiratory Muscle Performance in People Living With SCI. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2023 Spring;29(2):97-106.
16. Del Buono MG, Arena R, Borlaug BA, Carbone S, Canada JM, Kirkman DL, et al. Exercise Intolerance in Patients With Heart Failure: JACC State-of-the-Art Review. Vol. 73, *Journal of the American College of Cardiology.* Elsevier USA; 2019. p. 2209–25.

17. Di Naso FC, Saraiva Pereira J, Simões Dias A, Forgiarini Junior LA, Borba Monteiro M. Correlations between respiratory and functional variables in heart failure. *Revista Portuguesa de Pneumologia (English Edition)*. 2009 Sep 1;15(5):875–90.
18. Rodrigues A, Da Silva ML, Berton DC, Cipriano G, Pitta F, O'Donnell DE, et al. Maximal Inspiratory Pressure: Does the Choice of Reference Values Actually Matter? *Chest*. 2017;152(1).
19. Laveneziana P, Albuquerque A, Aliverti A, Babb T, Barreiro E, Dres M, et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *Eur Respir J*. 2019;(53):1801214.
20. Schlauser Pessoa IM, Franco Parreira V, Fregonezi GA, Sheel AW, Chung F, Reid WD. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J* 2014: 21(1): 43-50.
21. Cahalin LP, Arena R, Guazzi M, Myers J, Cipriano G, Chiappa G, et al. Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: A review of the literature with a focus on method of training and outcomes. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2013 Feb;11(2):161–77.
22. Dosbaba F, Hartman M, Batalik L, Senkyr V, Radkovcova I, Richter S, Brat K, Cahalin LP, Formiga MF. A temporal examination of inspiratory muscle strength and endurance in hospitalized COVID-19 patients. *Heart Lung*. 2023 Jul-Aug;60:95-101.
23. Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, Roberts C, Shoukri M, Streiner DL. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011 Jan;64(1):96-106.
24. Mokkink LB, Terwee CB, Knol DL, Stratford PW, Alonso J, Patrick DL, Bouter LM, de Vet HC. The COSMIN checklist for evaluating the methodological quality of studies on measurement properties: a clarification of its content. *BMC Med Res Methodol*. 2010 Mar 18;10:22.
25. Celli BR, MacNee W; ATS/ERS Task Force. Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. *Eur Respir J*. 2004 Jun;23(6):932-46.
26. Ofenheimer A, Breyer-Kohansal R, Hartl S, Burghuber OC, Krach F, Schrott A, et al. Reference values of body composition parameters and visceral adipose tissue (VAT) by DXA in adults aged 18–81 years—results from the LEAD cohort. *Eur J Clin Nutr*. 2020;74(8).

27. Chaves LGC de M, Gonçalves TJM, Bitencourt AGV, Rstom RA, Pereira TR, Velludo SF. Avaliação da composição corporal pela densitometria de corpo inteiro: o que os radiologistas precisam saber. *Radiol Bras*. 2022 Oct;55(5):305–11.
28. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(3):233-70.
29. Schlüssel MM, dos Anjos LA, de Vasconcellos MTL, Kac G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: A population-based study. *Clinical Nutrition*. 2008;27(4).
30. Wang YC, Bohannon RW, Li X, Sindhu B, Kapellusch J. Hand-grip strength: Normative reference values and equations for individuals 18 to 85 years of age residing in the United States. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2018;48(9).
31. Meneghelo RS, Araújo CGS, Stein R, Mastrocolla LE, Albuquerque PF, Serra SM et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sobre Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol* 2010;95(1):1-26.
32. Milani M, Milani JGPO, Cipriano GFB, de Castro I, Cipriano Junior G. Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness in Brazil: A Pooled Analysis and Overview of Heterogeneity in National and International Studies. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2022 Sep 1;42(5):366-372.
33. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, Hallstrand TS, Kaminsky DA, McCarthy K, McCormack MC, Oropez CE, Rosenfeld M, Stanojevic S, Swanney MP, Thompson BR. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019 Oct 15;200(8):e70-e88.
34. Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *J Bras Pneumol*. 2007;33:397–406.
35. Souza V, Neder J, Nery L. Reference values for maximal dynamic inspiratory pressure in a healthy population. *European Respiratory Journal*. 2022; 60(suppl 6): 3167.

36. Cahalin LP, Garcia C, Denis T, Colas-Salgado S, Eisenhardt B, Formiga MF, Cohen M. Normative Values For The Test Of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). *Am J Respir Crit Care Med* 193;2016:A6363.
37. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. 2016 Jun;15(2):155-63.
38. Zacarias Rondinel T, Bocchi L, Cipriano Júnior G, Chiappa GRDS, Martins GS, Mateus SRM, Cahalin LP, Cipriano GFB. Diaphragm thickness and mobility elicited by two different modalities of inspiratory muscle loading in heart failure participants: A randomized crossover study. *PLoS One*. 2024 May 24;19(5):e0302735.
39. Larson JL, Kim MJ, Sharp JT, Larson DA. Inspiratory muscle training with a pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Review of Respiratory Disease*. 2015; 145(5):1218-1224.
40. Shah RV, Cahalin LP, Haus JM, Allsup K, Delligatti A, Wolf C, Checko ER, Aragam JR, Gottlieb DJ, Byard TD, Forman DE. The role of maximal inspiratory pressure on functional performance in adults with heart failure. *ESC Heart Failure*. 2024;19.
41. Rochester CL, Ardila R. Respiratory Muscle Training in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Functional Outcomes. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2019;200(2):141-150.
42. Choi HE, Min EH, Kim HK, Kim HJ, Jang HJ. Peak oxygen uptake and respiratory muscle performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease: Clinical findings and implications. *Medicine (Baltimore)*. 2022 Oct 21;101(42):e31244.
43. Formiga MF, Vital I, Urdaneta G, Campos MA, Cahalin LP. Beyond inspiratory muscle strength: Clinical utility of single-breath work capacity assessment in veterans with COPD. *Respir Med*. 2019 Feb;147:13-18. doi: 10.1016/j.rmed.2018.12.012. Epub 2019 Jan 3. PMID: 30704693.
44. Langer D, Charususin N, Jácome C, Hoffman M, McConnell A, Decramer M, Gosselink R. Efficacy of a Novel Method for Inspiratory Muscle Training in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Phys Ther*. 2015 Sep;95(9):1264-73.
45. Laoutaris ID, Adamopoulos S, Manginas A, Panagiotakos DB, Cokkinos DV, Dritsas A. Inspiratory work capacity is more severely depressed than inspiratory

muscle strength in patients with heart failure: Novel applications for inspiratory muscle training. *Int J Cardiol.* 2016 Oct 15;221:622-6.

46. Areias GS, Santiago LR, Teixeira DS, Reis MS. Concurrent Validity of the Static and Dynamic Measure of Inspiratory Muscle Pressure and S-Index. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2020;355(4):459-64.

47. Martínez-Arnau FM, Buigues C, Fonfría-Vivas R, Cauli O. Respiratory Muscle Strengths and Their Association with Lean Mass and Handgrip Strengths in Older Institutionalized Individuals. *Journal of Clinical Medicine.* 2020; 9(9):2727.

48. Kim W, Park S-H, Kim W-S, Jang WY, Park EJ, Kang DO, Park Y, Na JO, Kim JW, Kim EJ, Rha S-W, Park CG, Seo HS, Choi, C. U. Handgrip Strength as a Predictor of Exercise Capacity in Coronary Heart Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention.* 2020; 40(2), E10–E13.

49. Katayıfçı N, Boşnak Güçlü M, Şen F. A comparison of the effects of inspiratory muscle strength and endurance training on exercise capacity, respiratory muscle strength and endurance, and quality of life in pacemaker patients with heart failure: A randomized study. *Heart Lung.* 2022 Sep-Oct;55:49-58.

50. Lucas N, Macaskill P, Irwig L, Moran R, Rickards L, Turner R, Bogduk N. The reliability of a quality appraisal tool for studies of diagnostic reliability (QAREL). *BMC Medical Research Methodology.* 2013;13:111.

51. Cruiskhand T, Opazo-Flores M, Tuesta Marcelo, Reyes A. Reproducibility of Maximum Respiratory Pressure Assessment: A Systematic Review and Meta-analysis. *CHEST.* Oct 2022;162(4):828-850.

12. APÊNDICE

1. Avaliação da Qualidade dos Estudos com a Escala QAREL (adaptado de Cruickshank et al 2022) (51).

QAREL checklist	Critérios												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total	%
Formiga et al (2018)	1	0	0	0	N/A	Unclear	Unclear	0	1	1	1	4	36,4
da Silva et al (2020)	1	1	1	1	N/A	Unclear	Unclear	1	Unclear	1	1	7	63,6
Palermo et al (2023)	1	1	N/A	N/A	N/A	Unclear	Unclear	Unclear	1	1	1	5	45,4
Amanda Moreira Ferreira et al (2024)	1	1	1	1	0	Unclear	Unclear	1	1	1	1	8	72,7

N/A = não aplicável; Unclear = não claro; QAREL = Avaliação da Qualidade de Estudos de Confiabilidade; 1 = sim; 0 = não.

Percentual final de confiabilidade: (itens “sim” × 100) / 11.

1= O teste foi avaliado em uma amostra de participantes representativa daqueles para os quais os autores pretendiam aplicar os resultados?

2= O teste foi realizado por avaliadores representativos daqueles para os quais os autores pretendiam aplicar os resultados?

3= Os avaliadores foram cegados aos achados de outros avaliadores durante o estudo?

4= Os avaliadores foram cegados aos seus próprios achados prévios do teste em avaliação?

5= Os avaliadores foram cegados aos resultados do padrão de referência para o distúrbio-alvo (ou variável) sendo avaliado?

6= Os avaliadores foram cegados às informações clínicas que não deveriam ser fornecidas como parte do procedimento do teste ou do desenho do estudo?

7= Os avaliadores foram cegados a pistas adicionais que não faziam parte do teste?

8= A ordem dos exames foi variada?

9= O intervalo entre as medições repetidas foi compatível com a estabilidade (ou estabilidade teórica) da variável avaliada?

10= O teste foi aplicado corretamente e interpretado de forma apropriada?

11= Medidas estatísticas adequadas de concordância foram utilizadas?

1.1 Lista de verificação de avaliação da qualidade da confiabilidade do diagnóstico deste estudo (QAREL) (50).

Item	Yes	No	Unclear	N/A
1. Was the test evaluated in a sample of subjects who were representative of those to whom the authors intended the results to be applied? (DEF: 3, 4, 5, 7, 8, 9)	☒	☐	☐	
2. Was the test performed by raters who were representative of those to whom the authors intended the results to be applied? (DEF: 3, 4, 6, 7, 8, 9)	☒	☐	☐	
3. Were raters blinded to the findings of other raters during the study? (DEF: 10)	☒	☐	☐	☐
4. Were raters blinded to their own prior findings of the test under evaluation? (DEF: 11)	☒	☐	☐	☐
5. Were raters blinded to the results of the accepted reference standard or disease status for the target disorder (or variable) being evaluated? (DEF: 12)	☐	☒	☐	☐
6. Were raters blinded to clinical information that was not intended to be provided as part of the testing procedure or study design? (DEF: 13)	☐	☐	☒	☐
7. Were raters blinded to additional cues that were not part of the test? (DEF: 14)	☐	☐	☒	
8. Was the order of examination varied? (DEF: 15, 16)	☒	☐	☐	☐
9. Was the stability (or theoretical stability) of the variable being measured taken into account when determining the suitability of the time-interval between repeated measures? (DEF: 17)	☒	☐	☐	
10. Was the test applied correctly and interpreted appropriately? (DEF: 18)	☒	☐	☐	
11. Were appropriate statistical measures of agreement used? (DEF: 19, 20, 21)	☒	☐	☐	
TOTAL	8	1	2	8

2. Termo de Consentimento Livre esclarecido

Convidamos o(a) Senhor(a) a participar do projeto de pesquisa **Análise da confiabilidade e validade das medidas de força muscular inspiratória por meio do Teste De Resistência Respiratória Incremental (TIRE) em indivíduos com doença cardiovascular**. Sob responsabilidade da pesquisadora Amanda Moreira Ferreira. O projeto é importante para que cada dia mais possamos ter equipamentos e avaliações mais amplas a respeito do desempenho inspiratório nessa população como a sua, facilitando a identificação daqueles em maior risco e otimizar as intervenções direcionadas a reabilitação e ao cuidado, promovendo melhor prognóstico e qualidade de vida.

A proposta deste Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) é de poder explicar e realizar esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa sobre o funcionamento da pesquisa e das avaliações a serem realizadas. Asseguro-lhe que o seu nome não aparecerá em nenhum veículo de informação, sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a), portanto, peço que leia com bastante atenção este documento.

O objetivo da pesquisa é avaliar a confiabilidade das medidas do desempenho inspiratório em diferentes equipamentos e correlacionar com medidas de força muscular periférica e composição corporal. A sua participação se dará por meio de 1 (um) encontro presencial, no Laboratório de Fisiologia Clínica do Exercício (LabFCE), na Faculdade da Ceilândia da Universidade de Brasília. Neste encontro, será solicitado que leve consigo exames de ecocardiograma e teste cardiopulmonar de exercício com data máxima dos últimos 6 meses, caso não possua, iremos encaminhá-lo para a realização deles de forma gratuita e receberá ajuda de custo para seu deslocamento caso seja necessário.

Após esta primeira etapa, realizaremos uma avaliação clínica inicial, em ambiente seguro, individualizado e confortável para que não sinta nenhum tipo de constrangimento. Serão realizadas perguntas pertinentes a sua percepção geral de saúde, qualidade da última noite de sono, farmacoterápicos em uso e últimas refeições, incluindo cafeína e álcool nas últimas 12h, deixarei tudo anotado em um questionário. Caso se sinta de alguma forma constrangido e não queira responder alguma das perguntas, não se preocupe, não afetará as demais avaliações.

Em seguida, realizaremos uma avaliação da sua composição corporal, força muscular periférica e respiratória, função pulmonar e desempenho inspiratório. Neste último teste, precisaremos repeti-lo 3 vezes e um outro profissional nos auxiliará na realização de uma dessas repetições, pois este trabalho visa a validação das medidas obtidas. Ao término de cada avaliação será destinado um tempo de 10 a 30 minutos de descanso, que irá variar de acordo com o equipamento. Enfatizo que poderá interromper qualquer um dos testes a qualquer momento, conforme sua necessidade. São testes diferentes de simples realização, rápido e indolor. O tempo total dos encontros é de em média 60 a 90 minutos.

Todos os materiais e equipamentos usados nos testes e todas as anotações incluindo os questionários ficarão sob minha responsabilidade, garantido toda a confiabilidade e segurança dos dados, e serão utilizados somente para esta pesquisa, ficando sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos. Os resultados da pesquisa serão divulgados na apresentação da tese de mestrado na Universidade de Brasília e poderão ser divulgados também em congressos e simpósios, bem como em revistas científicas.

Dentre os possíveis riscos decorrentes de sua participação na pesquisa, você poderá ter desconfortos (sensação de aumento das pressões na cabeça, dores de cabeça, vertigens, cansaço) ou constrangimentos durante a aplicação dos questionários, ou qualquer um dos instrumentos de avaliação, caso não se sinta à vontade, fica livre a opção de não responder ou não realizar o teste e caso queira, a avaliação será interrompida imediatamente, preservando a sua integridade. No entanto, estes episódios serão minimizados uma vez que todo o processo da avaliação é realizado com o paciente sentado, em local adequado e por meio de supervisão de profissional capacitado além de pausas entre as avaliações.

Há risco de vazamento de dados, e como forma de minimizar este risco, os dados serão armazenados de forma responsável, segura e ética, no próprio computador da pesquisadora composto por senha pessoal, mantendo sua identidade de forma sigilosa e confidencial.

Quanto ao risco de contaminação com o uso dos equipamentos, será evitado fazendo com que todos os equipamentos sejam higienizados antes e após o uso com álcool 70%, os bocais serão de uso individual e descartados no final e o profissional responsável por aplicar os testes estará paramentado adequadamente com jaleco, luvas e máscaras. Se o(a) Sr.(a) aceitar participar, contribuirá para identificação de melhores métodos e equipamentos da avaliação do desempenho inspiratório e otimização das intervenções direcionadas a reabilitação e ao cuidado, além de que receberá os resultados de todos os exames/ avaliações realizadas.

Sua participação nesta pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória e totalmente livre de custos em qualquer fase da pesquisa. Coloco-me a disposição para ressarcimento quanto às despesas geradas, bem como, custear a ida ao ambulatório para realização. Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação nessa pesquisa o Sr.(a) receberá assistência integral e gratuita,

pelo tempo que for necessário, obedecendo aos dispositivos legais vigentes no Brasil. Caso o(a) Sr.(a) decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento durante a realização da pesquisa, não haverá nenhum prejuízo ao atendimento que você recebeu ou possa vir a receber na instituição.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ceilândia (CEP/FCE) da Universidade de Brasília que é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ceilândia - CEP/FCE. Endereço: Campus Universitário, Sala AT07/66 – Prédio da Unidade de Ensino e Docência (UED) – Universidade de Brasília - Centro Metropolitano, conjunto A, lote 01, Ceilândia Sul, Brasília - DF. CEP: 72220-900. Telefone: (61) 3107-8434. E-mail: cep.fce@gmail.com. Horário de atendimento das 14h:00 às 18h:00, de segunda a sexta-feira. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas conforme os contatos acima ou através da Pesquisadora responsável: Fisioterapeuta Amanda Moreira Ferreira. Telefone: (61) 98167-2603. E-mail: moreira.amanda10@gmail.com.

Se o(a) Sr.(a) tiver qualquer dúvida em relação a pesquisa, o contato do pesquisador responsável encontra-se disponível para ligação a cobrar e contato de WhatsApp. Caso concorde a participar, peço que faça uma rubrica nas 2 primeiras páginas e assine a última página seguido pela data do dia, no campo destinado a participante deste documento, que eu como pesquisadora responsável farei o mesmo. Vale ressaltar que este termo se encontra redigido em duas vias, sendo uma para o Sr.(a) e outra para o pesquisador responsável.

Pesquisador responsável / data
data

Participante/ Responsável/

Testemunha imparcial / data

3. Modelo da ficha de avaliação

AVALIAÇÃO CLÍNICA									
ANAMNESE									
Nome:									
Cód. Identificação:				Gênero:			Data de admissão:		
Data de Nascimento:				Profissão:					
Telefone 1 :				Telefone 2 :					
Cidade onde mora:				e-mail:					
AVALIAÇÃO FÍSICA									
Peso: kg	Altura: cm	IMC:	CA: cm	CQ: cm	FC: bpm	SpO2: %	PA:	FR: irpm	

*CA: Circunferência abdominal; CQ: Circunferência de quadril

HISTÓRICO CLÍNICO									
Comorbidades associadas:									
Tabagista/ Etilista:									
Fração de ejeção do VE:									
Medicamentos em uso:									

AVALIAÇÃO VENTILATÓRIA									
Avaliador:					Data:				
SpO2 Inicial:		FC inicial:			SpO2 final:			FC final:	
AVALIAÇÃO POWERBreathe									
	S-INDEX								
	S-I.1	S-I.2	S-I.3	S-I.4	S-I.5	S-I.6	S-I.7	S-I.8	RESULTADO
S-INDEX									
MIP									

MANOVACUOMETRIA						
Avaliador:				Data:		
SpO2 inicial:		FC inicial:		SpO2 final:		SpO2 inicial:
Man.1	Man.2	Man.3	Man.4	Man.5	RESULTADO	

MIP						
-----	--	--	--	--	--	--

TESTE DE RESISTÊNCIA RESPIRATÓRIA INCREMENTAL							
Avaliador:				Data:			
SpO2 Inicial:		FC inicial:		SpO2 final:		FC final:	
	Med.1	Med..2	Med.3	Med.4	Med.5	Med.6	RESULTADO
MIP							
SMIP							
ID							
FIT							

ESPIROMETRIA						
Avaliador:			Data:			
SpO2 Inicial:		FC inicial:		SpO2 final:		FC final:
Variáveis	Resultado (% Predito)	Variável	Classificação do nível de restrição*			
			Gravidade			
			Leve	Moderado	Acentuado	
Capacidade Vital Forçada (CVF) (l/m)		CV (% do revisto)				
Volume Expiratório Forçado no primeiro Segundo (VEF ₁)		CPT (% do revisto)				
Índice de Tiffeneau (VEF ₁ /CVF)		CV (% do revisto)		CPT (% do previsto)		
Pico de Fluxo expiratório PFE (l/m)		Variável	Classificação do nível de obstrução*			
Pico de Fluxo inspiratório PFI (l/m)			Leve	Moderado	Acentuado	
			VEF ₁ /CVF (% do previsto)		CVF (% do previsto)	
			VEF ₁ (% do previsto)			

TESTE DE RESISTÊNCIA RESPIRATÓRIA INCREMENTAL – RE-TESTE
--

Avaliador:				Data:			
SpO2 Inicial:		FC inicial:		SpO2 final:		FC final:	
	Med.1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Med.6	RESULTADO
MIP							
SMIP							
ID							
FIT							

4. Title page

Title: Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE) in patients with disease Cardiovascular: Reliability and Validity Analysis

Short Title: Reliability and Validity of the TIRE in Cardiovascular Disease Patients

Amanda Moreira Ferreira FT¹, Carolina Barbosa Neres FT¹, Cássia da Luz Goulart FT Ph. D², Luciana Bartolomei Orru D Avila MD MSc², Rayane Neves da Silva FT², Claudia Cristina Conde Holanda Sobral MD², Graziella F. B. Cipriano FT, Ph.D^{1,2}.

1. Rehabilitation Sciences Program, University of Brasilia, Brasília -DF, Brazil
2. Science and Technology in Health Program. University of Brasília / Brasília, Brazil.

Abstract

Objective: To assess the reliability (intra-rater and inter-rater) of the measurements of the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE) in patients with cardiovascular disease (CVD), as well as to investigate the convergent validity between the instruments that assess maximum inspiratory pressure (MIP) and its correlation with

functional

capacity.

Methods: This is a cross-sectional observational study, in which 51 patients diagnosed with cardiovascular disease (CVD) were assessed at the Clinical Physiology of Exercise Laboratory at the University of Brasilia between May 2024 and October 2024. Thirteen were randomly selected for reliability tests.

Results: The sample was constituted of 56% males with an average age of 62.02 (SD = 9.86) years. The main etiology for cardiovascular disease was ischemic (70%), with an left ventricular ejection fraction (LVEF) of 54.20% (SD = 13.52%) and reduced peak VO_2 (18.66 [SD = 6.51] ml.kg.min^{-1}), with preserved pulmonary function. All TIRE measurements were performed using the PrO_2 device and demonstrated good intra- and inter-rater reliability, with an intraclass correlation coefficient (ICC) ranging from 0.76 to 0.97. Convergent validity was confirmed for all MIP measurements [$\text{MIP}_{\text{PrO}_2}$ with MIP_{SM} ($r=0.73$), $\text{MIP}_{\text{TFR}_L}$ with MIP_{SM} ($r=0.88$), and $\text{MIP}_{\text{PrO}_2}$ with $\text{MIP}_{\text{TFR}_L}$ ($r=0.66$)]. SMIP showed the highest correlation with VO_2 peak ($r = 0.60$).

Conclusion: The measurements of TIRE showed good intra- and inter-rater reliability. The convergent validity between the different devices that assess MIP was confirmed, indicating that TIRE is an accurate method for assessing MIP. SMIP reinforces its usefulness as a marker of inspiratory performance associated with functional capacity.

Key words: Maximal inspiratory pressure, cardiovascular disease, respiratory muscles.

5. Comprovante de submissão

Submission Confirmation

Thank you for your submission

Submitted to European Respiratory Journal
Manuscript ID ERJ-02218-2024
Title Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE) in patients with disease Cardiovascular: Reliability and Validity Analysis
Authors FERREIRA, AMANDA
Neres, Carolina
Goulart, Cassia
Neves, Rayane
DÁvila, Luciana
Conde, Claudia
Cipriano Jr, Gerson
França Bernardelli Cipriano, Graziella
Date Submitted 07-Nov-2024

13. ANEXOS

1. Parecer consubstanciado do CEP

FACULDADE DE CEILÂNDIA
DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA CONFIABILIDADE E VALIDADE DAS MEDIDAS DE FORÇA MUSCULAR INSPIRATÓRIA POR MEIO DO TESTE DE RESISTÊNCIA RESPIRATÓRIA INCREMENTAL (TIRE) EM INDIVÍDUOS COM DOENÇA CARDIOVASCULAR.

Pesquisador: Amanda Ferreira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 78802424.1.0000.8093

Instituição Proponente: Universidade de Brasília Faculdade de Ceilândia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.811.549

Apresentação do Projeto:

A hipótese desse estudo, demonstra que "o Teste de Resistência Respiratória Incremental (TIRE), obtido por meio do PrO₂, apresenta elevada reprodutibilidade para a mensuração da força muscular inspiratória e suas variáveis promoverão avaliações mais amplas a respeito do desempenho inspiratório dessa população, facilitando a identificação de pacientes em maior risco e otimização de intervenções direcionadas a reabilitação e ao manejo clínico, promovendo melhor prognóstico e qualidade de vida."

Introdução: "O Teste de Resistência Respiratória Incremental (TIRE) é capaz de avaliar o desempenho inspiratório de forma mais completa do que o teste de manovacuometria que avalia somente Pressão Inspiratória Máxima (P_{Imáx}). Evidências sobre a confiabilidade e validade do método em indivíduos com doenças cardiovasculares são escassas na literatura científica. **Objetivo:** Avaliar a confiabilidade intra e interavaliador da P_{Imáx}, SMIP, FIT, ID utilizando o TIRE e a validade da P_{Imáx} em diferentes equipamentos de indivíduos com DCV. **Métodos:** Serão recrutados indivíduos com doenças cardiovasculares e submetidos a avaliação completa por meio da clínica e antropometria (DEXA), ecocardiograma, Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE) e função pulmonar para caracterização da amostra. Serão realizadas as análises de

14. PRODUTOS

1. Apresentação em congressos científicos de evento nacional ou internacional com publicação em anais - Primeiro autor: 5 trabalhos.

1.1 Estudo comparativo do teste cardiopulmonar de esforço no paciente com assistência ventricular: relato de caso

- Evento: XVIII Congresso Brasileiro de Transplantes
- Nome dos Anais: Brazilian Journal of Transplantation
- Ano: 2023
- Autores: **Amanda Moreira Ferreira**, Robson Fernando Borges, Mauricio Milani, Juliana Goulart Prata Oliveira Milani, Fabíola Maria Ferreira Silva, Gerson Cipriano Junior, Graziella França Bernadelli Cipriano

1.2 Protocolo De 8 Semanas De Treinamento Muscular Inspiratório Durante Programa De Reabilitação Cardiovascular: Série De Casos

- Evento: 1º Encontro de departamentos de Cardiologia
- Nome dos Anais: International Journal of Cardiovascular sciences
- Ano: 2024
- Autores: **Amanda Moreira Ferreira**, Ana Clara Gonçalves Costa, Carolina Barbosa Neres, Fabiola Maria Ferreira Silva, Rayane Neves Silva, Graziella França Bernadelli Cipriano

1.3 Avaliação Da Força, Resistência, Fadiga Muscular Inspiratória em Indivíduos Com Doenças Cardiovasculares Utilizando o Incremental Respiratory Endurance Test (TIRE).

- Evento: XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia respiratória, cardiovascular e terapia intensiva da ASSOBRAFIR
- Nome dos Anais: Brazilian Journal of Respiratory and Critical Care Physiotherapy
- Ano: 2024
- Autores: **Amanda Moreira Ferreira**, Carolina Barbosa Neres, Cássia da Luz Goulart, Marcela Lopes Alves, Carla Cristina de Araujo, Rayane Neves da Silva, Gerson Cipriano Junior, Graziella França Bernadelli Cipriano

1.4 Correlação dos Teste Submáximos com o Teste Cardiopulmonar do Exercício em Indivíduos com Síndrome Pós-Covid 19 Aguda.

- Evento: XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia respiratória, cardiovascular e terapia intensiva da ASSOBRAFIR
- Nome dos Anais: Brazilian Journal of Respiratory and Critical Care Physiotherapy
- Ano: 2024
- Autores: **Amanda Moreira Ferreira**, Cássia da Luz Goulart, Sheila Borges, Tais Ferreira Martins, Fabiola Maria Ferreira Silva, Carolina Barbosa Neres, Gerson Cipriano Junior, Graziella França Bernadelli Cipriano

1.5 Correlação entre Força Muscular Inspiratória com Força Muscular Periférica, Consumo de Oxigênio e Composição Corporal em Indivíduos com Doença cardiovascular.

- Nome do evento: XXI Simpósio Internacional de Fisioterapia respiratória, cardiovascular e terapia intensiva da ASSOBRAFIR
- Nome dos Anais: Brazilian Journal of Respiratory and Critical Care Physiotherapy
- Ano: 2024
- Autores: **Amanda Moreira Ferreira**, Ana Clara Gonçalves Costa, Fabiola Maria Ferreira Silva, Gerson Cipriano Junior, Cássia da Luz Goulart, Graziella França Bernadelli Cipriano

2. Participação na elaboração de uma diretriz.

Integrante do Comitê Executor das Diretrizes de Reabilitação em UTI - ASSOBRAFIR
Pico 11 - Mobilização passiva em comparação a cuidados usuais em pacientes não colaborativos hospitalizados em unidade de terapia intensiva

- Ano: 2024

- Autores: Sergio Ricardo Menezes Mateus, Janaína Barcellos Ferreira, Rayane Neves da Silva, **Amanda Moreira Ferreira** e Graziella França Bernardelli Cipriano

15. IMPACTOS DESENVOLVIDOS

Atividades desenvolvidas: DOCENTE + DISCENTE			
1. Impacto educacional	Atividades / produtos que evidenciam a contribuição do ppg para a formação educacional	Cursos de educação continuada	
		Atividades na educação básica	
		Cursos / treinamentos para equipes	No Programa de Reabilitação Cardiopulmonar (PRECAP), foi realizado com alunos da graduação: 1. Treinamento no uso de equipamentos respiratórios; 2. Treinamento de avaliação respiratória, testes funcionais, avaliação de força muscular, treinamento no atendimento ao paciente
2. Impacto científico	Atividade / produtos que evidenciam a contribuição do PPG na formação e divulgação científica	Organização de eventos	
		Promoção de intercâmbios de discentes e docentes	
		Participação conjunta de docentes e discentes em eventos/palestras/cursos	Palestra: Transplante Cardíaco: Há Chance de um novo começo? na Jornada "GPRC Talks: Ideias em reabilitação cardiorrespiratória que merecem ser disseminadas" da SEMUNI-UnB, promovido pelo(a)UnB.
3. Impacto Sociocultural	Atividades / produtos que evidenciam contribuição do PPG para a cultura e sociedade	Atividades de assistência à comunidade (projetos de extensão vinculados a linha de pesquisa do docente no PPGCR)	No projeto de extensão: 1. Programa de Reabilitação Cardiopulmonar (PRECAP) foi realizado atendimento e supervisão aos pacientes, avaliação respiratória, função pulmonar, avaliação de força muscular respiratória, testes funcionais 2. JOURNAL CLUB: Apresentação de artigos científicos no inglês
		Divulgação de conhecimento para a sociedade	- Por meio do Programa de Reabilitação Cardiopulmonar (PRECAP), realizado orientações sobre a importância do exercício, orientações de continuidade da atividade física
4. Impacto Tecnológico / econômico	Atividades / produtos que evidenciam contribuição do PPG para o desenvolvimento tecnológico e econômico do país	Desenvolvimento de técnicas	
		Desenvolvimento de produtos	
		Desenvolvimento de políticas públicas	