



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Ciências da Saúde
Departamento de Fisioterapia
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Peterson Filipe Pinheiro de Lima

Função cardíaca: predição da carga de treinamento muscular inspiratório e correlação com dados pneumofuncionais de indivíduos com insuficiência cardíaca

RECIFE, PE
2016

Peterson Filipe Pinheiro de Lima

Função cardíaca: predição da carga de treinamento muscular inspiratório e correlação com dados pneumofuncionais de indivíduos com insuficiência cardíaca

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia

Linha de pesquisa: Instrumentação e intervenção fisioterapêutica

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Armèle Dornelas de Andrade

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Shirley Lima Campos

RECIFE, PE
2016

Catálogo na fonte:
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4-1895

L732f

Lima, Peterson Filipe Pinheiro de.

Função cardíaca: predição da carga de treinamento muscular inspiratório e correlação com dados pneumofuncionais de indivíduos com insuficiência cardíaca / Peterson Filipe Pinheiro de Lima. – Recife: O autor, 2016.

105 f.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Arméle Dornelas de Andrade.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia. Recife, 2016.

Inclui referências e anexos.

1. Ecocardiografia. 2. Teste de esforço. 3. Músculos respiratórios. 4. Insuficiência cardíaca. I. Andrade, Arméle Dornelas de (Orientadora). II. Título.

615.8 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2017-291)

Peterson Filipe Pinheiro de Lima

Função cardíaca: predição da carga de treinamento muscular inspiratório e correlação com dados pneumofuncionais de indivíduos com insuficiência cardíaca

Aprovada em: 29/09/2016

Orientadora: Dr^a. Armèle Dornelas de Andrade

Co-orientora: Dr^a. Shirley Lima Campos

COMISSÃO EXAMINADORA

DR^a. DANIELLA CUNHA BRANDÃO - Fisioterapia/UFPE

DR^a. MARIA INÊS REMÍGIO DE AGUIAR - Hospital das Clínicas/UFPE

DR^a. PATRÍCIA ÉRIKA DE MELO MARINHO - Fisioterapia/UFPE

Visto e permito a impressão

DR^a. DANIELLA ARAÚJO DE OLIVEIRA
Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia/UFPE

Ao meu pai (in memoriam), Pinheiro, e à minha
mãe, Maria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por ter me iluminado com sabedoria e resiliência para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais, Pinheiro (in memoriam) e Maria, pelo amor, compreensão, por todos os esforços empreendidos para minha formação e pelos bons exemplos de bondade e honestidade, princípios que sempre norteiam minhas decisões.

Aos meus irmãos, que sempre torcem por mim, e, em especial, a Claudio Pinheiro, pelas caronas até a UFPE para que eu realizasse as provas de seleção do Mestrado e pela hospedagem em sua casa durante todo o tempo que precisei.

Ao meu professor da graduação e, hoje, amigo, Eduardo Brito, pelo incentivo para que eu participasse da seleção para o mestrado e pelas lições que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco pela oportunidade conviver com tantos professores de gabarito e por todos os ensinamentos adquiridos.

À professora Armèle de Fátima Dornelas de Andrade pela oportunidade de ter sido escolhido como seu orientando, pela paciência, confiança e por ter me despertado o fascínio e a importância pela excelência em educação e pesquisa. Levarei o exemplo competência, dedicação profissional e luta pela ascensão da Fisioterapia. Estar ao lado de um ícone foi uma imensa satisfação.

À minha co-orientadora, Shirley Lima Campos, pela sua criatividade, genialidade e contribuições neste trabalho.

A quem também considero como minha co-orientadora, Daniella Cunha Brandão, pelo seu importante suporte no desenvolvimento.

Aos membros da banca de qualificação do projeto, pré-banca e banca da defesa da dissertação, pela disponibilidade e pelas sugestões que tanto contribuíram para o enriquecimento desta dissertação.

Aos secretários da Pós-Graduação, Carol, Rafael e Niége, sempre prestativos, competentes e cuidadosos com nossas pendências.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

Ao Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP) pela apreciação e aprovação deste trabalho e a Rodrigo Moreno, cardiologista dos voluntários desta pesquisa.

À doutoranda Máira Pessoa, pela solidariedade em repassar seus conhecimentos e pela atenção dedicada aos meus resumos, artigos e à dissertação.

A todos que fazem parte do Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar. Aos mestrandos Jasiel Frutuoso e Larissa Sayão, e à doutoranda Catarina Rattes, pela facilitação da minha adaptação aos vários dispositivos de avaliação do laboratório. À doutoranda, Renata Pereira, pelo empenho na organização do nosso ambiente de pesquisa e pelo auxílio nas calibrações do OEP. Às mestrandas Jéssica Costa e Bruna Araújo, pela parceria acadêmica e pela motivação, sobretudo durante a reta final das nossas coletas.

Aos cardiologistas Rafael Maia e Inês Remígio, pelo tempo dedicado à realização das indispensáveis ecocardiografias e ergoespirometrias.

Aos voluntários, pela disponibilidade e participação. Sem vocês, as páginas que seguem estariam em branco.

A todos os colegas que fiz ao ingressar no Mestrado, em especial, Adília Karoline, Amanda Couto, Diego Lacerda, Sandra Fluhr e Sóstynis Albuquerque, pela amizade que desenvolvemos, pela troca de experiências pessoais e profissionais, pelos desabaços e pelas palavras de conforto.

Aos meus queridos amigos, que compreenderam meu distanciamento e me ajudaram a cumprir esta caminhada com palavras de otimismo.

Finalmente, aos brasileiros, que custearam a minha formação em uma universidade pública, possibilitando meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

“Sonhe com o que você quiser. Vá para onde queira ir. Seja o que você quer ser, porque você possui apenas uma vida e nela só temos uma chance para fazer aquilo que queremos. Tenha felicidade bastante para fazê-la doce. Dificuldades para fazê-la forte. Tristeza para fazê-la humana. E esperança para fazê-la feliz.”

Clarice Lispector

RESUMO

Existe uma associação entre fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), strain longitudinal global (SLG) e o consumo máximo de oxigênio (VO₂max) com o declínio da função respiratória, sobretudo no desenvolvimento de disfunções musculares inspiratórias e no comprometimento da qualidade de vida de indivíduos com insuficiência cardíaca (IC). Estes marcadores cardíacos podem ser uma importante ferramenta para a determinação da carga de treinamento muscular inspiratório (TMI) nesta população. Esta dissertação é composta por dois artigos originais, cujos objetivos foram avaliar a reprodutibilidade do PowerBreathe® KH2 para a avaliação da pressão inspiratória máxima (P_Imax) em adultos saudáveis e comparar as cargas de TMI determinadas pela manovacuometria digital e eletrônica em adultos jovens saudáveis (Artigo 1); e avaliar a influência da FEVE, do SLG e do VO₂max na determinação da P_Imax e prescrição da carga de TMI em indivíduos com IC (Artigo 2). Artigo 1: Realizou-se um estudo transversal que randomizou o uso de dois equipamentos para avaliação da P_Imax de adultos jovens saudáveis do ponto de vista pneumofuncional. Todos os voluntários realizaram, no mínimo, três manobras aceitáveis em cada teste, segundo os critérios de reprodutibilidade da American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS). Para a avaliação da reprodutibilidade intraobservador e da concordância, foram utilizados o coeficiente de correlação intraclasses (CCI) e o método Bland-Altman, respectivamente. Participaram 36 voluntários. O PowerBreathe® KH2 apresentou reprodutibilidade adequada. Encontrou-se viés entre o manovacuômetro GlobalMed MVD-300 e o PowerBreathe® KH2 (viés=5,83; IC95%= -8,82 a 20,49), e o manovacuômetro GlobalMed MVD-300 e o PowerBreathe® Breathe-Link (viés=5,14; IC95%= 13,37 a 23,65). Não houve concordância entre os métodos digital e eletrônico em adultos saudáveis (viés=5,32; IC95%= -10,10 a 20,74). Artigo 2: Realizou-se um estudo transversal com 37 indivíduos com IC avaliados pela FEV e pelo SLG fornecidos pela ecocardiografia, e pelo VO₂max obtido pela ergoespirometria. O SLG apresentou correlação com a carga de TMI calculada pelos métodos convencional ($r=0,367$; $p=0,030$) e eletrônico ($r=0,397$; $p=0,018$) e, o VO₂max, com a carga de TMI calculada pelo método convencional ($r=0,395$; $p=0,015$). Na análise de regressão, o SLG e o VO₂max apresentaram influência estatisticamente significativa sobre a P_Imax e a carga de TMI. Conclui-se que o PowerBreathe® KH2 e o PowerBreathe® Breathe-Link são reprodutíveis e não apresentaram concordância com o manovacuômetro digital GlobalMed® MVD-300 para avaliação da P_Imax em adultos saudáveis. Logo, os métodos digital e eletrônico para a determinação da carga de TMI não apresentaram concordância em adultos saudáveis e pacientes com IC. Em pacientes cardiopatas, o SLG e o VO₂max podem modificar a carga de TMI. Apesar do PowerBreathe® KH2 e do PowerBreathe® Breathe-Link não poderem substituir o manovacuômetro digital GlobalMed® MVD-300, sugere-se a introdução deste novo equipamento na prática clínica e na pesquisa científica como teste complementar da função respiratória em adultos saudáveis e indivíduos com IC.

Palavras-chave: Ecocardiografia. Teste de esforço. Músculos respiratórios. Insuficiência cardíaca.

ABSTRACT

There is an association between left ventricular ejection fraction (LVEF), global longitudinal strain (SLG) and maximal oxygen consumption (VO₂max) with respiratory function decline, especially in the development of inspiratory muscle dysfunctions and impairment of quality of life of individuals with heart failure (HF). These cardiac markers can be an important tool for determining the inspiratory muscle training load (IMT) in this population. This dissertation is composed of two original articles, whose objectives were 1) to evaluate the reproducibility of PowerBreathe® KH2 for the assessment of maximal inspiratory pressure (MIP) in healthy adults and to compare the IMT loads determined by digital and electronic manovacuometry in healthy young adults (Article 1) and 2) to evaluate the influence of LVEF, SLG and VO₂max on determination of MIP and prescription of IMT load in individuals with HF (Article 2). Article 1: A cross-sectional study was carried out that randomized the use of two devices to evaluate the MIP of healthy young adults from the pneumofunctional point of view. All volunteers performed at least three acceptable maneuvers in each test, according to the American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS) reproducibility criteria. For the intraobserver reproducibility and agreement, the intraclass correlation coefficient (ICC) and the Bland-Altman method, respectively, were used. Thirty-six volunteers participated. The PowerBreathe® KH2 showed adequate reproducibility. GlobalMed MVD-300 manometer and PowerBreathe® KH2 (bias = 5.83, IC95% = -8.82 to 20.49) were found, and the GlobalMed MVD-300 manometer and PowerBreathe® Breathe-Link (bias = 5.14, 95% CI = 13.37 to 23.65). There was no agreement between the digital and electronic methods in healthy adults (bias = 5.32, 95% CI = -10.10 to 20.74). Article 2: A cross-sectional study was performed with 37 individuals with HF evaluated by FEV and SLG provided by echocardiography, and by VO₂max obtained by ergospirometry. The SLG presented a correlation with the IMT load calculated by conventional methods ($r = 0.367$, $p = 0.030$) and electronic ($r = 0.377$, $p = 0.018$) and VO₂max with the IMT load calculated by the conventional method ($r = 0.365$, $p = 0.015$). In the regression analysis, SLG and VO₂max had a statistically significant influence on MIP and TMI loading. We concluded that the PowerBreathe® KH2 and the PowerBreathe® Breathe-Link are reproducible and have not complied with the GlobalMed® MVD-300 digital manovacuometer for evaluation of P_Imax in healthy adults. Therefore, the digital and electronic methods for determining the IMT load did not agree with healthy adults and patients with HF. In cardiac patients, SLG and VO₂max can modify the TMI load. Although the PowerBreathe® KH2 and PowerBreathe® Breathe-Link cannot replace the GlobalMed® MVD-300 digital manometer, we suggest to introduce this new equipment into clinical practice and scientific research as a complementary test of respiratory function in healthy adults and individuals with HF.

Keywords: Echocardiography. Exercise test. Respiratory muscles. Heart failure.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC: *American College of Cardiology*

AHA: *American Heart Association*

AIH: autorização para internação hospitalar

ATS: *American Thoracic Society*

AVD: atividade da vida diária

bpm: batimentos por minuto

CAPES: Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior

CCS: Centro de Ciências da Saúde

CEP: Comitê de Ética em Pesquisa

CF: capacidade funcional

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CNS: Conselho Nacional de Saúde

CPT: capacidade pulmonar total

CVF: capacidade vital forçada

DASI: *Duck Activity Status Index*

DDVE: diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo

DLco: difusão de monóxido de carbono

DP: desvio-padrão

DSVE: diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo

ERS: *European Respiratory Society*

FACEPE: Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco

FC: frequência cardíaca

FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo

FR: frequência respiratória

HDA: história da doença atual

HDP: história da doença pregressa

IC 95%: intervalo de confiança de 95%

IC: insuficiência cardíaca

IMC: índice de massa corpórea

IMIP: Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira

kg/m²: quilograma por metro ao quadrado

kg: quilograma

l/s: litro por segundo

L1VE/VCO₂: equivalente ventilatório de gás carbônico no primeiro limiar anaeróbico

L1VO₂max: pico do consumo de oxigênio para o primeiro limiar anaeróbico

LACAP: Laboratório de Fisiologia e Fisioterapia Cardiopulmonar

m: metro

MET: equivalente metabólico

MIP: maximal inspiratory pressure

MLwHFQ: *Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire*

mmHg: milímetro de mercúrio

n: número de participantes

NYHA: *New York Heart Association*

PAD: pressão arterial diastólica

PAS: pressão arterial sistólica

PEmax: pressão expiratória máxima

PImax: pressão inspiratória máxima

Potência: produto do VO₂max pela pressão arterial sistólica

QV: qualidade de vida

rpm: respirações por minuto

s: segundo

SatO₂: saturação periférica de oxigênio

SIH: Sistema de Informações Hospitalares

SLG: *strain longitudinal global*

SPSS: *Statistical Package for Social Sciences*

SUS: Sistema Único de Saúde

T_{1/2}: tempo após o exercício em que o VO₂max reduz em 50%

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TLV1: tempo para alcançar o primeiro limiar anaeróbico

TMI: treinamento muscular inspiratório

TVO₂max: tempo transcorrido para atingir o consumo máximo de oxigênio

UFPE: Universidade Federal de Pernambuco

VAB%: contribuição do compartimento abdominal

VAB: variação do volume do compartimento abdominal

VCTab%: contribuição de caixa torácica abdominal

VCTab: variação do volume de caixa torácica abdominal

VCTp%: contribuição de caixa torácica pulmonar

VCTp: variação do volume de caixa torácica pulmonar

VCTT: variação do volume total da caixa torácica

VDVE: volume diastólico do ventrículo esquerdo

VE/VCO₂: equivalente ventilatório de dióxido de carbono

VE/VCO₂LV1: relação entre o volume minuto a o volume de gás carbônico eliminado no primeiro limiar anaeróbico

VE/VCO₂slope: relação entre o volume minuto a o volume de gás carbônico eliminado no primeiro limiar ventilatório

VEF1/CVF: índice de Tiffeneau

VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo

VO₂max: consumo máximo de oxigênio

VO₂max: consumo máximo de oxigênio

VO₂maxLV1: consumo máximo de oxigênio no primeiro limiar anaeróbico

VR: volume residual

VSVE: volume do sistólico do ventrículo esquerdo

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Introdução	16
2.2 Revisão integrativa	18
2.2.1 Insuficiência cardíaca no Brasil e em Pernambuco	18
2.2.2 Fisiopatologia da insuficiência cardíaca	18
2.2.3 Mecanismos compensatórios na insuficiência cardíaca	19
2.2.4 Métodos de avaliação da função cardíaca	21
2.2.5 Alterações da função respiratória na insuficiência cardíaca	23
2.2.6 Treinamento muscular inspiratório na insuficiência cardíaca.....	24
2.2.7 PowerBreathe® e aplicações na insuficiência cardíaca	25
2.3 Justificativa	27
3 HIPÓTESES	29
4 OBJETIVOS.....	30
4.1 Objetivo geral	30
4.2 Objetivos específicos.....	30
5 DEFINIÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	31
5.1 Variáveis independentes	31
5.2 Variáveis dependentes	31
5.2.1 Manovacuometria (GlobalMed MVD-300)	31
5.2.2 Manovacuometria (PowerBreathe KH2)	31
5.2.3 Pletismografia optoeletrônica	32
5.2.4 Ergoespirometria.....	33
5.2.5 Duck Activity Status Index.....	34
5.2.6 Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire.....	34
5.3 Variáveis descritivas	34
5.3.1 Dados sociodemográficos e clínico-funcionais	34
5.3.2 Dados espirométricos.....	35
5.4 Desfechos	36
5.4.1 Desfechos primários	36
5.4.2 Desfechos secundários	36
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
6.1 Local do estudo	36
6.2 Período de realização.....	36
6.3 Delineamento	36

6.4 População	37
6.5 Amostragem	37
6.6 Tamanho da amostra.....	37
6.7 Critérios de inclusão	38
6.8 Critérios de exclusão	38
6.9 Coleta de dados	39
6.10 Avaliação da função cardíaca.....	39
6.10 Avaliação dos sinais vitais	40
6.11 Avaliação da percepção de capacidade funcional	40
6.12 Avaliação da percepção da qualidade de vida	41
6.13 Avaliação da função pulmonar.....	41
6.14 Avaliação da força muscular respiratória	41
6.15 Avaliação dos volumes da caixa torácica.....	43
6.16 Avaliação do desempenho cardiopulmonar	44
6.17 Análise estatística.....	44
7 RESULTADOS.....	46
8 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS.....	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICES	55
APÊNDICE A - Artigo 1	55
APÊNDICE B - Artigo 2	75
APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	92
APÊNDICE D - Ficha de registro dos dados de adultos saudáveis.....	96
APÊNDICE E - Ficha de registro dos dados de cardiopatas.....	98
ANEXOS.....	100
ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFPE	100
ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do IMIP	103
ANEXO C – Registro no Clinical Trials	104
ANEXO D - Questionário Duck Activity Status Index	104
ANEXO E - Questionário Minnesota Living with Heart Failure	105

1 APRESENTAÇÃO

A presente pesquisa foi desenvolvida na linha de pesquisa “Instrumentação e Intervenção Fisioterapêutica” do Programa de Pós-graduação *stricto sensu* (nível mestrado) em Fisioterapia, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco. Faz parte dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos no grupo de pesquisa “Fisioterapia e Fisiologia Respiratória”, sob a responsabilidade da Profª Drª Armêlé Dornelas de Andrade. O estudo foi caracterizado e registrado como transversal e dele foram elaborados 2 (dois) artigos originais (APÊNDICES).

Artigo 1 - Reprodutibilidade do PowerBreathe® KH2 na avaliação da força muscular inspiratória e concordância dos métodos digital e eletrônico para a determinação da carga de treinamento muscular inspiratório em adultos jovens saudáveis (APÊNDICE A):

- Revista a ser submetido: Brazilian Journal of Physical Therapy
- Área de concentração: Educação Física
- Qualis da revista: A2
- Fator de impacto: 0,979

Artigo 2 - A função cardíaca pode influenciar a pressão inspiratória máxima e modificar a carga de treinamento muscular inspiratório na insuficiência cardíaca? (APÊNDICE B):

- Revista a ser submetido: European Journal of Heart Failure
- Área de concentração: Educação Física
- Qualis da revista: A1
- Fator de impacto: 5,135

A dissertação foi elaborada de acordo com as normas vigentes do Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco e, os artigos, redigidos conforme as normas das revistas às quais os mesmos serão submetidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Introdução

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome crônica e progressiva em que o ventrículo esquerdo ejeta uma quantidade de sangue insuficiente para atender à demanda de oxigênio e de nutrientes requerida pelo organismo (JUILLIÈRE, 2013).

Durante o avanço da IC, a contratilidade miocárdica sofre redução e o organismo é induzido a realizar adaptações fisiológicas necessárias para o reequilíbrio do débito cardíaco e perfusão tecidual, através do remodelamento cardíaco e adaptações compensatórias neurohumorais que, em longo prazo, tornam-se insuficientes e conjeturam a falência dos mecanismos cardiovasculares adaptativos e a perda da função contrátil (SVANEGAARD *et al.*, 1993).

O sistema de classificação mais utilizado para quantificar o grau de limitação funcional imposta pela IC foi desenvolvido pela *New York Heart Association* (NYHA) e dispõe os pacientes em quatro estágios, de acordo com grau de esforço necessário para provocar sintomas: assintomático (classe I), pequena limitação (classe II), limitação marcante da atividade física (classe III) ou sintomático em repouso (classe IV) (HUNT *et al.*, 2001; RUSSELL *et al.*, 2009).

A fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) e o consumo máximo de oxigênio (VO₂max) (PEREIRA, DANIELLE APARECIDA GOMES *et al.*, 2012; WEBER *et al.*, 1982) são marcadores da função cardíaca bem estabelecidos e oferecem informações úteis para o diagnóstico e o prognóstico de indivíduos com IC com (“ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing.”, 2003; GUAZZI *et al.*, 2014). Recentemente, o *strain longitudinal global* (SLG), variável derivada da ecocardiografia que avalia a contratilidade miocárdica, tem demonstrado acuidade com a capacidade funcional de pacientes com IC de fração de ejeção preservada e reduzida (HASSELBERG *et al.*, 2015).

O quadro clínico dos pacientes com IC é variável, podendo existir indivíduos com FEVE muito baixa e assintomático, e pacientes com função sistólica do ventrículo esquerdo preservada com incapacidade física severa. A aparente discordância entre a gravidade da disfunção sistólica e o grau de comprometimento funcional não é bem compreendida, mesmo com intensa investigação (HUNT *et al.*, 2001).

A diminuição do débito cardíaco e da FEVE na IC causa baixa tolerância aos exercícios devido à incompetência cronotrópica e aos fatores periféricos (SHIMIAIE *et al.*, 2015), como atrofia muscular associada à fadiga e decréscimo na força muscular periférica, levando o paciente à inatividade (FRIEDMAN; QUINN, 2008), além de influenciar negativamente a qualidade de vida e levar à depressão (PIEPENBURG; ERTL; ANGERMANN, 2016).

A falha no mecanismo de bombeamento de sangue do coração comprometido também leva a alterações pulmonares (OLSON; BECK; JOHNSON, 2007). A função pulmonar encontra-se diminuída, tendo como consequência a dispneia (DUBÉ; AGOSTONI; LAVENEZIANA, 2016), a tosse, a diminuição dos volumes da caixa torácica (BRANDÃO *et al.*, 2012) e a redução da força muscular inspiratória (MONTEMEZZO *et al.*, 2014; VERISSIMO *et al.*, 2015), havendo piora dos sintomas e do condicionamento cardiorrespiratório.

Embora seja reconhecido que um programa de treinamento muscular específico para musculatura respiratória melhora a força muscular inspiratória, a capacidade funcional (LIN *et al.*, 2012; PLENTZ *et al.*, 2012) e a qualidade de vida (BOSNAK-GUCLU *et al.*, 2011) de pacientes com IC, existem dúvidas e diferentes protocolos (CAHALIN *et al.*, 2013) sobre a carga que deve ser utilizada para o treinamento muscular inspiratório (TMI). Na maioria dos pacientes com fraqueza muscular inspiratória, o TMI é iniciado com carga a partir de 30% da pressão inspiratória máxima (P_Imax) a fim de obter os efeitos do TMI (GÖHL *et al.*, 2016; LARSON *et al.*, 1988).

Nesse contexto, o TMI tem sido usado como uma das modalidades terapêuticas não farmacológicas e apresenta benefícios adicionais ao sistema respiratório quando aplicado em um programa de reabilitação cardiovascular e metabólica convencional (ADAMOPOULOS *et al.*, 2014) e, recentemente, alguns estudos vem apontando o equipamento eletrônico PowerBreathe® KH2 como um método alternativo e automatizado para prescrição da carga de TMI.

Diante da interdependência morfofisiológica das funções cardíaca e respiratória, hipotetizamos que a função cardíaca possa estar relacionada com força muscular inspiratória, os volumes da caixa torácica e a qualidade de vida dos pacientes com IC, podendo ser um parâmetro a ser considerado na prescrição da carga de TMI neste grupo populacional.

Com base nesse entendimento, não foram encontrados estudos que avaliaram a influência da função cardíaca sobre a carga de TMI em indivíduos com IC. Portanto, o objetivo principal do presente estudo foi verificar se a FEVE, o SLG e o VO₂max podem servir como parâmetros para a determinação da carga de TMI em indivíduos com IC.

2.2 Revisão integrativa

2.2.1 Insuficiência cardíaca no Brasil e em Pernambuco

No Brasil, entre janeiro e dezembro de 2016, o número de autorizações de internação hospitalar (AIH) por IC foi de 214.409 casos, com um impacto de R\$ 304.178.229,57 aos cofres públicos. No mesmo período, em 2015, o número de hospitalizações somou 218.906 registros, com gastos de R\$ 299.226.873,09 em serviços hospitalares (MINISTÉRIO DA SAÚDE - SISTEMA DE INFORMAÇÕES HOSPITALARES DO SUS (SIH/SUS), 2016).

Ainda de acordo com o SIH/SUS, no Estado de Pernambuco, em 2016, o custo com 8.721 internações hospitalares por IC foi de R\$ 16.672.296,63, sendo o segundo maior índice de hospitalização por IC da Região Nordeste. Na comparação com o ano de 2015, a taxa de AIH foi de 8.650 e o custo com hospitalizações foi de R\$ 16.415.225,49 em Pernambuco, revelando um alto impacto nas despesas públicas.

2.2.2 Fisiopatologia da insuficiência cardíaca

A IC decorre de a incapacidade do coração manter a taxa suficiente do débito cardíaco para suprir as necessidades metabólicas. Diferentes causas podem determinar a ocorrência de IC, incluindo doenças cardíacas e sistêmicas; mesmo quando considerado especificamente o sistema cardiovascular, a disfunção de qualquer de seus componentes pode ter como manifestação final a IC (JUILLIÈRE, 2013).

Frente a um estado de redução relativa ou absoluta do débito cardíaco, diversos mecanismos, envolvendo, essencialmente, o sistema cardiovascular e renal são desencadeados com o objetivo de manter agudamente a pressão arterial e,

assim, a perfusão de órgãos estritamente dependentes do fornecimento de oxigênio e substratos metabólicos. Entretanto, quando mantidos por períodos prolongados de tempo, tais mecanismos determinam efeitos deletérios, como aumento do trabalho cardíaco, aumento do gasto energético do coração, perda de células miocárdicas por apoptose e necrose, entre outros (ANTOINE *et al.*, 2017).

Do ponto de vista macroscópico, a manifestação máxima das implicações deletérias é o remodelamento cardíaco, que se caracteriza pela perda da morfologia e função normais do coração. Do ponto de vista clínico, são percebidas como aumento do diâmetro das câmaras cardíacas, queda da fração de ejeção, dilatação dos anéis fibroso valvares determinando insuficiências valvares secundárias, e surgimento de arritmias e distúrbios de condução ventricular (HEUSCH *et al.*, 2014).

Esses fenômenos, por sua vez, decorrem de mudanças histopatológicas e fisiopatológicas dos tecidos que compõem o coração, e envolvem essencialmente perda de cardiomiócitos por necrose e apoptose em associação com fibrose tecidual. Essas modificações na estrutura e funcionamento do coração são determinadas, em grande parte, por mudanças na ativação de eixos neuro-humorais e inflamatórios, que modulam a função cardíaca, sua estrutura e regeneração (ANTOINE *et al.*, 2017; HEUSCH *et al.*, 2014).

2.2.3 Mecanismos compensatórios na insuficiência cardíaca

A diminuição do débito cardíaco ativa muitos reflexos circulatórios. O mais conhecido é o reflexo barorreceptor ou pressorreceptor, estimulado pela hipotensão arterial. É provável que o reflexo quimiorreceptor, a resposta isquêmica do sistema nervoso central e os reflexos que se originam no coração lesionado também contribua para ativar o sistema nervoso simpático. Entretanto, quaisquer que sejam esses reflexos, o sistema nervoso simpático fica muito estimulado em poucos segundos e os sinais nervosos parassimpáticos para o coração são inibidos de forma recíproca ao mesmo tempo (HEUSCH *et al.*, 2014).

A intensa estimulação simpática exerce dois efeitos básicos sobre o aparelho cardiovascular: se toda a musculatura ventricular for difusamente lesionada, mas ainda estiver funcional, a estimulação simpática fortalecerá a musculatura danificada e, se parte do músculo estiver não funcional e outra parte ainda for normal, a musculatura normalmente será estimulada de forma muito intensa pela resposta

simpática, compensando, desse modo, pelo menos em parte, a musculatura não funcional (ANTOINE *et al.*, 2017).

A estimulação autônoma simpática também aumenta o retorno venoso por aumentar o tônus da maior parte dos vasos sanguíneos da circulação, especialmente das veias, elevando a pressão média de enchimento sistêmico. Esse aumento da pressão de enchimento aumenta de modo muito intenso a tendência do sangue de fluir das veias de volta para o coração. Por conseguinte, o coração lesionado passa a receber maior quantidade de sangue que a usual e a pressão atrial direita continua a aumentar, ajudando o coração a bombear quantidades ainda maiores de sangue (ANTOINE *et al.*, 2017).

A retenção hídrica corporal e o aumento volumétrico de sangue influenciam na compensação da redução do bombeamento do coração pelo aumento do retorno venoso pelo aumento do volume de sangue, que aumenta a pressão média de enchimento sistêmico; e o estiramento das veias, que reduz a resistência venosa, permitindo um fluxo sanguíneo mais fácil para o coração. Se o coração não for muito lesado, esse aumento do retorno venoso pode, muitas vezes, compensar, completamente, a diminuição da sua capacidade de bombeamento (ANTOINE *et al.*, 2017).

Quando a capacidade de bombeamento do coração for ainda mais comprometida, o fluxo sanguíneo para os rins finalmente passa a ser muito baixo. Por conseguinte, ocorre a retenção de líquido indefinidamente, exceto se procedimentos terapêuticos sejam utilizados para impedir esse processo. Além disso, com o trabalho cardíaco aumentado, o excesso de líquido perde o efeito benéfico e a retenção de líquido sobrecarrega o trabalho sobre o coração já danificado e ocorre o desenvolvimento de edema intenso por todo o corpo, que pode ser bastante prejudicial (ANTOINE *et al.*, 2017).

Além do controle renal sobre pressão arterial pelas alterações do volume do líquido extracelular, o sistema renina-angiotensina-aldosterona também influenciam o controle deste sinal vital. A renina é uma enzima liberada pelos rins na hipotensão arterial e seu funcionamento consiste na elevação da pressão arterial. Cronicamente, a perda do efeito benéfico desses mecanismos adaptativos de conservação da função cardíaca é inevitável por representarem uma sobrecarga ao trabalho cardíaco (ANTOINE *et al.*, 2017).

2.2.4 Métodos de avaliação da função cardíaca

Para identificar a presença, investigar a causa e categorizar a IC, alguns testes e procedimentos podem ser realizados, entre eles, a eletrocardiografia, um importante procedimento de diagnóstico, e o teste de esforço cardiopulmonar, que fornece informações mais detalhadas sobre considerações diferenciais de diagnóstico e prognóstico de IC (HUMMEL *et al.*, 2014).

A ecocardiografia transtorácica é uma técnica bem estabelecida, através da qual a estrutura e função do coração e grandes vasos podem ser visualizados de modo não invasivo (CAMPOS FILHO *et al.*, 2004). Baseia-se na aplicação feixes de ondas acústicas de alta frequência emitidas por transdutores, ao incidirem em interfaces de estruturas com diferentes densidades acústicas, são parcialmente refletidas e captadas pelo mesmo transdutor e é transformada em sinais elétricos. Após o processamento eletrônico do sinal pelo computador e análise das variações de intensidade e tempo de transmissão, ocorre a geração de imagens (CAMPOS FILHO *et al.*, 2004; LANG *et al.*, 2005).

A FEVE pode ser classificada em hiperdinâmica ($\geq 75\%$), normal (70-50%), limítrofe (49-40%) ou reduzida ($\leq 40\%$) (AMERICAN HEART ASSOCIATION; AMERICAN STROKE ASSOCIATION, 2017) ou, segundo o risco de eventos cardiovasculares, em FEVE de baixo risco ($> 50\%$), moderado risco (40-49%) e alto risco ($\leq 40\%$) (HERDY *et al.*, 2014).

Em adição à ecocardiografia transtorácica, tem sido explorada a análise do *strain* longitudinal global. A técnica, derivada da ecocardiografia com Doppler, representa uma nova tecnologia que permite uma avaliação mais confiável e abrangente da função miocárdica pela taxa de compressão e expansibilidade do miocárdio por imagem (DANDEL; HETZER, 2009). Deformação é a mudança de forma que sofre um objeto. Em geral, é expressa em porcentagem de uma condição inicial pré-estabelecida. Durante a contração miocárdica, é medida que o músculo se encurta, ele também se espessa. Esse aumento da espessura do miocárdio é medido pelo *strain*, que mede o percentual de deformação do segmento analisado. O *strain*, na ecocardiografia, pode ser analisado de duas formas distintas: através de uma técnica derivada do Doppler tecidual ou através da técnica do *speckle tracking* (ABDUCH *et al.*, 2014).

O Doppler tissular é uma técnica derivada do Doppler convencional, que traz informações quantitativas das velocidades de estruturas sólidas, como o miocárdio. A análise do *strain* por esta técnica é feita pela análise da velocidade de deslocamento da parede ventricular no tempo e tem como grande vantagem o fato de conseguir diferenciar se determinado segmento do miocárdio doente, que se encontra próximo de músculo saudável, apresenta espessamento sistólico ou se é apenas arrastado pela contração do miocárdio saudável (*tethering*). Entretanto, por ser derivada do Doppler, sua análise é afetada por ruídos, componentes térmicos, rebervations (estruturas adjacentes ao miocárdio que geram reflexões do ultrassom) e dependência de angulação (quanto maior a angulação entre o sinal do Doppler e as fibras do miocárdio, menor será a amplitude do sinal) (ABDUCH *et al.*, 2014; SALVO *et al.*, 2015).

A técnica do *speckle tracking* não utiliza o Doppler e, a partir da imagem bi ou tridimensional, calcula o deslocamento e a deformação de determinado segmento do miocárdio. Tem como grandes vantagens a não dependência do ângulo entre o feixe de ultrassom e as fibras do miocárdio, bem como a menor influência de artefatos, além de software de computadores mais automáticos, com menor influência do operador. Entretanto, necessita de imagens com boa qualidade técnica, bem como ciclos cardíacos regulares e frame rate adequado (40 a 90 frames por segundo) (BANSAL; KASLIWAL, 2013; CAMELI *et al.*, 2017).

O teste de esforço cardiopulmonar (TECP), outro exame complementar considerado padrão-ouro para a avaliação do desempenho cardiopulmonar e capacidade funcional, consiste em submeter o indivíduo a um esforço físico crescente, através da utilização de um ergômetro, que poderá ser uma esteira ou uma bicicleta ergométrica, utilizando-se de protocolos que determinam a forma de acelerar e/ou inclinar a esteira, de acordo com as características clínicas do paciente e a finalidade do exame. É apresentado como o mais apropriado à condição física de indivíduos com insuficiência cardíaca (BRITTO, 2012).

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) é uma das principais variáveis aferidas pelo TECP e tem valor prognóstico sobre a capacidade funcional de pacientes com IC. É definido como a quantidade máxima de oxigênio que o organismo pode absorver da atmosfera para os alvéolos, transportando, liberando e utilizando o oxigênio para os tecidos, isto é, ele representa o nível de atividade física

do indivíduo, determinado pela reserva máxima do sistema cardiovascular (PEREIRA, DANIELLE APARECIDA GOMES *et al.*, 2012).

2.2.5 Alterações da função respiratória na insuficiência cardíaca

O comprometimento da função cardíaca está associado a efeitos deletérios sobre a função respiratória. Os principais achados do acometimento da função respiratória são a dispneia, estertores pulmonares e tosse, sendo estes provenientes do desenvolvimento de congestão pulmonar e consequente ativação dos quimiorreceptores localizados nos vasos sanguíneos e cérebro e os mecanorreceptores das vias aéreas, pulmões, caixa torácica e músculos respiratórios (PLENTZ *et al.*, 2012).

Na vigência da IC, a difusão de monóxido de carbono (DL_{CO}) sofre uma redução, comprovada através de mudanças na barreira alvéolo-arterial, com decorrente alteração na relação ventilação/perfusão por sobrecarga sanguínea pulmonar, ocasionada pela falência da bomba cardíaca (ARENA, R; MYERS; GUAZZI, 2008).

Consequentemente, hiperventilação e sintomas como a ortopneia, dispneia paroxística noturna, a respiração periódica e de Cheyne-Stokes podem ser encontradas nessa população, em decorrência da chamada síndrome congestiva. Tal condição clínica, característica dos pacientes com IC congestiva, também se manifesta por sinais e sintomas como turgência jugular, refluxo hepato-jugular, hepatomegalia, tosse noturna e edema pulmonar e de extremidades (FANFULLA *et al.*, 1998; MORTARA *et al.*, 1997, 1999).

Contudo, a presença de disfunção muscular inspiratória parece corroborar na síntese e explicação da sintomatologia respiratória e consequente prejuízo funcional dos portadores de IC (CHUA *et al.*, 1995; EVANS *et al.*, 1995; MCPARLAND *et al.*, 1992).

A atrofia muscular diafragmática, a mudança da distribuição tipo de fibra e a perda de proteínas contráteis são apontadas como justificativas para a perda de força muscular inspiratória (VAN HEES, H. W. H. *et al.*, 2007; VAN HEES, H W H *et al.*, 2010; VAN HEES, HIERONYMUS W.H. *et al.*, 2008; YAMADA *et al.*, 2016).

Porém, de modo geral, a origem do declínio da força do diafragma permanece controversa, podendo estar relacionado com mecanismos compensatórios da

fisiopatologia da doença, como a diminuição das fibras IIB; pode ser apenas sequela da atrofia provocada pela hipoperfusão para a periferia, bem como, simplesmente, o desuso, pela redução da atividade física apresentada por esses pacientes, ou ainda, uma associação multifatorial. A disfunção muscular inspiratória é reversível e o TMI é uma estratégia de tratamento simples e viável, que oferece benefícios adicionais em programa de reabilitação cardiovascular e metabólica convencional (ADAMOPOULOS *et al.*, 2014).

Em relação aos volumes pulmonares, pacientes com IC associada à cardiomegalia são caracterizados por uma reduzida mobilidade na parte esquerda da porção inferior da caixa torácica, que contribui para o aumento da percepção de dispneia durante o exercício submáximo (BRANDÃO *et al.*, 2012). Com base nesse comprometimento, deve-se direcionar a atenção a possíveis alterações da resposta respiratória relacionadas à deterioração da função cardíaca de pacientes com IC.

2.2.6 Treinamento muscular inspiratório na insuficiência cardíaca

A disfunção muscular inspiratória repercute diretamente na limitação da capacidade funcional do indivíduo, sendo a fraqueza muscular inspiratória definida como uma P_{Imax} inferior a 70% do previsto para o sexo e idade (RIBEIRO; CHIAPPA; CALLEGARO, [S.d.]).

Na literatura, são descritos os efeitos do TMI em indivíduos com IC, entre eles, o retardo da fadiga respiratória, redução da dispneia, aumento da força muscular inspiratória e melhora da tolerância ao exercício e da qualidade de vida (CAHALIN *et al.*, 2013; CHEN; YIN, 2012; PALAU *et al.*, 2014)

Para obtenção de tais resultados através dessa modalidade de tratamento não farmacológico e não invasivo, faz-se necessária a utilização de pelo menos uma força equivalente a 30% da P_{Imax} (LARSON *et al.*, 1988). Em um protocolo de TMI baseado em 30% da P_{Imax} no TMI, durante 12 semanas, foram randomizados 27 indivíduos com IC em dois grupos, controle (sem intervenção) e tratamento (TMI) e os resultados demonstraram melhora da P_{Imax} em 147% ($p < 0,001$), além de melhora na qualidade de vida (MELLO *et al.*, 2012).

Em um estudo que randomizou 30 pacientes com IC em dois grupos, em que 16 indivíduos realizaram o TMI com 40% da P_{Imax} e os outros 14 participantes compuseram o grupo *sham*, realizando o treinamento com 15% de carga. No grupo

tratamento, foi observado um ganho de 156% de força muscular inspiratória ($p < 0,001$) (BOSNAK-GUCLU *et al.*, 2011).

Um trabalho que randomizou 33 pacientes com IC para dois grupos de intervenção com exercício, durante 12 semanas. Um deles recebeu somente prescrição de exercício aeróbico ($n = 22$) e, o outro, exercício aeróbico adicionado ao TMI ($n = 21$), com 10 e 60% da P_{max} , respectivamente. Os resultados desse estudo sugerem que, embora os dois grupos tenham se beneficiado em relação à força muscular inspiratória, houve um ganho adicional no grupo TMI quando comparado ao controle ($p = 0,001$; $p = 0,02$) (ADAMOPOULOS *et al.*, 2014).

Embora os mecanismos fisiológicos possam ser diferentes, os benefícios relacionados ao TMI parecem ser consenso e a musculatura respiratória responde ao treinamento da mesma maneira que a periférica responde ao fortalecimento muscular, adaptando-se e aumentando sua força e resistência (ROMER; MCCONNELL, 2003).

Apesar dos efeitos benéficos sobre a função respiratória, como a redução dos sintomas de dispneia e fadiga muscular inspiratória, o TMI ainda não é amplamente utilizado como estratégia de tratamento de primeira linha em pacientes com IC, fato este justificado por uma carência de estudos metodologicamente confiáveis sobre o impacto do TMI sobre desfechos clinicamente importantes para cardiopatas (PLENTZ *et al.*, 2012).

2.2.7 PowerBreathe® e aplicações na insuficiência cardíaca

Um dos dispositivos de TMI é o PowerBreathe®, desenvolvido em 1996 por pesquisadores da Universidade de Loughborough (Inglaterra, Reino Unido). Uma pesquisa pioneira realizada pelo grupo obteve resultados positivos. A pesquisa migrou para a Universidade de Birmingham, evoluindo para a criação do primeiro PowerBreathe® e aprovação da patente, recebendo algumas premiações de inovação tecnológica, em 1998 (POWERBREATHE INTERNATIONAL, 2016c).

Em 2000, foi desenvolvida a primeira geração de produtos PowerBreathe® para TMI, conhecidos hoje como PowerBreathe® Classic Series (POWERBREATHE INTERNATIONAL, 2016c). Para atender às necessidades dos usuários, esses dispositivos apresentam-se em três modelos: resistência baixa (de 10 a 90 cmH_2O); resistência moderada (de 10 a 170 cmH_2O); e resistência alta (de 10 a 250 cmH_2O),

indicado para atletas de alta performance (POWERBREATHE INTERNATIONAL, 2016b).

Em 2010, foi lançada a terceira geração do dispositivo, o PowerBreathe® K-Series, uma linha digital voltada para consumidores esportivos (modelos K1, K2, K3, K4, K5) e para profissionais de saúde (modelos KH1 e KH2), sendo esta última dotada de tecnologia para avaliação e treinamento dos músculos inspiratórios (POWERBREATHE INTERNATIONAL, 2016a). O PowerBreathe® KH2 dispõe de uma válvula de resposta rápida, controlada eletronicamente para criar uma resistência ao fluxo de ar inspirado. Essa carga é determinada pela combinação das mudanças dinâmicas de fluxo e volume inspiratórios durante uma sessão de exercícios. O equipamento deve ser configurado com informações pessoais de cada usuário, relacionadas à altura, idade, peso e sexo, e dispõe de três modalidades de teste: MIP (pressão inspiratória máxima), PIF (pico de fluxo inspiratório) e E-TEST (teste de resistência) (POWERBREATHE INTERNATIONAL, 2016d)

Na primeira modalidade (MIP), mede-se a força muscular inspiratória e a resistência de vias aéreas. Uma avaliação qualitativa da manobra inspiratória também é exibida na tela do aparelho, podendo variar entre muito pobre, pobre, razoável, média, boa, muito boa e excelente. No segundo modo, o pico de fluxo inspiratório (PIF) é utilizado como método alternativo para avaliar a força muscular inspiratória, definida como Strenght-Index, que corresponde à pressão inspiratória no instante do mais alto fluxo de ar inspirado durante a avaliação. Um *beep* indica que o teste foi encerrado e, então, o resultado também é apresentado na tela. Para estas duas modalidades, o fabricante sugere a adoção das recomendações da ATS/ERS para sua realização. No terceiro modo (E-TEST), o usuário deve realizar sucessivas manobras inspiratórias até o momento de exaustão, medindo-se, assim, a resistência dos músculos inspiratórios (POWERBREATHE INTERNATIONAL, 2016d).

Os parâmetros mensuráveis pelo aparelho incluem: 1) pressão inspiratória máxima (a mais alta pressão gerada pelos músculos inspiratórios durante, pelo menos, 1 segundo, medida em cmH₂O); pressão média de vias aéreas; 2) pico de fluxo inspiratório (reflete a habilidade dos músculos inspiratórios de contraírem-se rapidamente; demonstra a relação força e velocidade); Strenght-Index, potência (combina força e velocidade de movimento, medido em watts), fluxo (taxa máxima de ar que pode ser inalado; indica a velocidade de contração da musculatura

inspiratória, medido em litros/segundo); 3) Tension Time Index (preditor da fadiga diafragmática, calculado através do produto da média de força desenvolvida dividida pelo tempo máximo de força tetânica durante ciclo de trabalho somado ao tempo expiratório), volume (quantidade de ar inalado, medido em litros), trabalho (medida da energia mecânica ou esforço durante os ciclos respiratórios, medido em joules). Através do Software Breathe-Link, é possível visualizar o desempenho do usuário, em tempo real, na tela de um computador, e arquivar os resultados de uma sessão de avaliação ou treinamento (POWERBREATHE INTERNATIONAL, 2016d).

Além disso, o dispositivo é um novo método de realização de TMI, através de uma carga pressórica adaptada a cada sessão, retroalimentada pelo pico de fluxo expiratório e volume de ar inalados no início de cada treinamento. Durante o treinamento, a válvula é eletronicamente controlada, conforme as alterações dinâmicas na musculatura inspiratória (SPURLING *et al.*, 2013), mecanismo este que carece de investigação quanto à sua eficácia.

2.3 Justificativa

Diante dos avanços tecnológicos e do desenvolvimento de promissores instrumentos automatizados para avaliação da P_Imax e determinação da carga de TMI, ainda existe, até o presente momento, uma escassez de estudos que tenham utilizado o PowerBreathe® KH2 para a avaliação de adultos jovens saudáveis e indivíduos com IC.

Cabe ressaltar que, as perspectivas são positivas quanto à utilização deste dispositivo para avaliação da função respiratória, pois, além de mensurar a P_Imax, como na manovacuometria digital, ele possibilita a análise de outras variáveis que podem contribuir para o melhor entendimento da fisiologia do sistema respiratório e o seu comportamento diante de alguma disfunção.

Até o presente momento, são escassos ou inexitem estudos que utilizaram o PowerBreathe® KH2 na população de cardiopatas. Essa lacuna sinaliza a necessidade de pesquisas que utilizem esse aparelho, tanto no âmbito de avaliação respiratória, quanto no de incremento de força e resistência inspiratória através do TMI.

Além disso, ainda que os benefícios do TMI sobre a força dos músculos inspiratórios estejam bem descritos na literatura, inclusive em pacientes com IC, a

grande variabilidade de protocolos de TMI geram resultados diversos e, portanto, faz-se necessário investigar o comportamento da musculatura inspiratória diante das variadas repercussões que os diferentes graus de FEVE, SLG e VO₂max podem provocar sobre a função respiratória, utilizando-os como parâmetro para a determinação da carga de TMI diferenciada para cada grupo desta população.

Nesse contexto, a literatura dispõe apenas de estudos que utilizam, com frequência, os níveis distintos de comprometimento da fração de ejeção como estimadores da função cardíaca e descritores amostrais e, na atual conjuntura da saúde baseada em evidências, com o intuito de avaliar a necessidade de ajustes na carga de TMI, este trabalho pretende abrir uma nova perspectiva de utilização da FEVE, do SLG e do VO₂max, variáveis clinicamente importantes na definição do quadro clínico e prognóstico na IC.

Para isto, inicialmente, faz-se necessária a investigação do equipamento multiparamétrico PowerBreathe® KH2 em indivíduos adultos saudáveis do ponto de vista pneumofuncional, a fim de garantir comparações plausíveis com os resultados obtidos em pacientes com IC.

A partir deste entendimento, será possível implementar o desenvolvimento de protocolos de tratamento mais adequados, prevenindo complicações, otimizando a terapêutica até então utilizada e proporcionando benefícios para a independência funcional de indivíduos com IC.

3 HIPÓTESES

- 1) O PowerBreathe® KH2 e o PowerBreathe® Breathe-Link são reprodutíveis e têm concordância com o manovacúmetro digital GlobalMed® MVD-300 para avaliação da pressão inspiratória máxima em adultos saudáveis; os métodos digital e eletrônico para determinação da carga de treinamento muscular inspiratório têm concordância;
- 2) A fração de ejeção, o strain longitudinal global e o consumo máximo de oxigênio têm correlação com a força muscular inspiratória e a carga de treinamento muscular inspiratório em indivíduos com insuficiência cardíaca.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

- Avaliar a influência da fração de ejeção, strain longitudinal global e consumo máximo de oxigênio sobre a carga de treinamento muscular inspiratório determinada pelos métodos digital e eletrônico em indivíduos com insuficiência cardíaca.

4.2 Objetivos específicos

- Mensurar a função e morfologia cardíaca, força muscular inspiratória, variação de volumes e contribuição da caixa torácica total e tricompartimental, e desempenho cardiopulmonar em indivíduos com insuficiência cardíaca;
- Determinar a carga de treinamento muscular inspiratório a partir da pressão inspiratória máxima pelos métodos digital e eletrônico em indivíduos com insuficiência cardíaca;
- Avaliar a percepção de capacidade funcional e qualidade de vida em indivíduos com insuficiência cardíaca;
- Correlacionar os dados ecocardiográficos e ergoespirométricos com a força muscular inspiratória, variação de volumes e contribuição da caixa torácica total e tricompartimental, e percepção de capacidade funcional e qualidade de vida em indivíduos com insuficiência cardíaca;
- Avaliar a reprodutibilidade e concordância do PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breath-Link na avaliação da pressão inspiratória máxima de adultos saudáveis;
- Avaliar a concordância entre os métodos digital e eletrônico na determinação da carga de treinamento muscular inspiratório em adultos saudáveis.

5 DEFINIÇÃO E OPERACIONALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS

5.1 Variáveis independentes

- Fração de ejeção do ventrículo esquerdo: variável quantitativa discreta, representa o volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo ao final da sístole, em comparação ao volume total de sangue ejetado pelo coração, através do método Teicholz, medido em porcentagem (%);
- Consumo máximo de oxigênio (VO₂max): variável quantitativa contínua, representa o pico de volume de oxigênio consumido ao longo do exercício aeróbico máximo, medido em (ml/kg/min);

5.2 Variáveis dependentes

5.2.1 Manovacuometria (GlobalMed MVD-300)

- Pressão inspiratória máxima (PI_{max}): variável quantitativa discreta, expressa a força dos músculos inspiratórios quando uma inspiração máxima é realizada a partir da expiração total. Medida em centímetros de água (cmH₂O) e em porcentagem do valor predito (%_{pred});
- Pressão expiratória máxima (PE_{max}): variável quantitativa discreta, expressa a força dos músculos expiratórios quando uma expiração máxima é realizada a partir da inspiração total. Medida em centímetros de água (cmH₂O) e em porcentagem do valor predito (%_{pred});
- Carga de treinamento muscular inspiratório: variável quantitativa discreta, calculada como 40% da PI_{max}, expressa a força mínima dos músculos inspiratórios necessária para a geração de fluxo em um dispositivo de carga pressórica linear quando uma inspiração máxima é realizada a partir do volume residual (VR). Medida em centímetros de água (cmH₂O);

5.2.2 Manovacuometria (PowerBreathe KH2)

- Pressão inspiratória máxima (PI_{max}): variável quantitativa discreta, expressa a força dos músculos inspiratórios quando uma inspiração máxima é realizada

- a partir da expiração total. Medida em centímetros de água (cmH₂O) e em porcentagem do valor predito (%_opred);
- Pressão em vias aéreas (*p*_{press}): variável quantitativa discreta, expressa a força dos músculos inspiratórios quando uma inspiração máxima é realizada a partir da expiração total. Medida em centímetros de água (cmH₂O);
 - Pico de fluxo inspiratório (PIF): variável quantitativa discreta, referente à quantidade de ar que é inspirado quando uma inspiração máxima é realizada a partir da capacidade residual funcional (CRF), expressa pela razão de litros por segundo (l/s);
 - Strength index (*S-Index*): variável quantitativa discreta, expressa a força dos músculos inspiratórios quando uma inspiração máxima é realizada a partir da expiração total em via aérea sem oclusão. Medida em centímetros de água (cmH₂O);
 - Volume: variável quantitativa, discreta, referente à quantidade de ar que é inspirado quando uma inspiração máxima é realizada a partir da capacidade residual funcional (CRF), expressa em litros (l);
 - Carga de treinamento muscular inspiratório: variável quantitativa discreta, calculada como 40% da P_{lmax}, expressa a força mínima dos músculos inspiratórios necessária para a geração de fluxo em um dispositivo de carga pressórica linear quando uma inspiração máxima é realizada a partir do volume residual (VR). Medida em centímetros de água (cmH₂O);

5.2.3 Pletismografia optoeletrônica

- Variação do volume de caixa torácica pulmonar (V_{CTp}): variável quantitativa contínua, representa a variação do volume do compartimento caixa torácica pulmonar ao longo do ciclo respiratório em registro, medida em litros (l);
- Variação do volume de caixa torácica abdominal (V_{CTab}): variável quantitativa contínua, representa a variação do volume do compartimento caixa torácica abdominal ao longo do ciclo respiratório em registro, medida em litros (l);
- Variação do volume do compartimento abdominal (V_{AB}): variável quantitativa contínua, representa a variação do volume do compartimento abdome ao longo do ciclo respiratório em registro, medida em litros (l);

- Variação do volume total da caixa torácica (V_{CTT}) = V_{CTp} + V_{CTab} + V_{AB} : variável quantitativa contínua, representa a variação de volume em todo complexo toracoabdominal ao longo do ciclo respiratório em registro, medido em litros (l);
- Contribuição de caixa torácica pulmonar ($V_{CTp}\%$): variável quantitativa contínua, representa o valor percentual comparativo entre o volume mobilizado no compartimento caixa torácica pulmonar e o volume mobilizado em todo sistema toracoabdominal durante um ciclo respiratório em registro. Medido em percentagem (%);
- Contribuição de caixa torácica abdominal ($V_{CTab}\%$), variável quantitativa contínua, representa o valor percentual comparativo entre o volume mobilizado no compartimento caixa torácica abdominal e o volume mobilizado em todo sistema toracoabdominal durante um ciclo respiratório em registro. Medido em percentagem (%);
- Contribuição do compartimento abdominal ($V_{AB} \%$), variável quantitativa contínua, representa o valor percentual comparativo entre o volume mobilizado no compartimento abdome e o volume mobilizado em todo sistema tóraco-abdominal durante um ciclo respiratório em registro. Medido em percentagem (%);

5.2.4 Ergoespirometria

- Pico do consumo de oxigênio para o primeiro limiar anaeróbico ($L1VO_2max$): variável quantitativa contínua, representa o pico de volume de oxigênio consumido ao longo para se alcançar o primeiro limiar anaeróbico durante o exercício aeróbico máximo, medido (ml/kg/min);
- Tempo transcorrido para atingir o VO_2max (TVO_2max): variável quantitativa contínua, representa o tempo que o indivíduo leva para atingir o VO_2max ao longo do exercício aeróbico máximo. Medido em segundo;
- Equivalente ventilatório de gás carbônico (V_E/V_{CO_2}): representa a relação ente o volume minuto a o volume de gás carbônico eliminado ao longo do exercício aeróbico máximo. Medido em (mL/kg/min);

- Equivalente ventilatório de gás carbônico no primeiro limiar anaeróbico ($L1V_E/V_{CO_2}$): representa a relação entre o volume minuto a o volume de gás carbônico eliminado no primeiro limiar ventilatório. Medido em ml/(kg x min).

5.2.5 Duck Activity Status Index

- Capacidade funcional: variável quantitativa contínua, representa o nível de atividade física capaz de ser executada pelo paciente com doença cardíaca, podendo variar de 0 a 59,2 MET (equivalente metabólico);

5.2.6 Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire

- Qualidade de vida: variável quantitativa contínua, representa a percepção da qualidade de vida do paciente com doença cardíaca, podendo variar de 0 a 105;

5.3 Variáveis descritivas

5.3.1 Dados sociodemográficos e clínico-funcionais

- Sexo: variável qualitativa nominal, expressa em masculino e feminino, referente à constituição fenotípica anatômica genital referida pelo voluntário no momento de sua seleção para o estudo;
- Idade: variável quantitativa discreta, expressa em anos completos, conforme informação do voluntário no momento de sua seleção para ingressar no estudo;
- Altura: variável quantitativa contínua, representando o comprimento total no eixo longitudinal do corpo do voluntário, medida em metros (m);
- Peso corporal: variável quantitativa contínua, representando a quantidade de massa do voluntário, expressa em quilogramas (kg);
- Índice de massa corpórea (IMC): razão matemática entre a massa corporal e a superfície de área do indivíduo, medido em quilogramas por metro quadrado (kg/m^2);

- Uso de medicamento: variável qualitativa dicotômica, referente ao uso das seguintes substâncias: diuréticos, digitálicos, betabloqueadores e inibidores da enzima conversora de angiotensina, expresso em resposta do tipo sim ou não;
- Etiologia da insuficiência cardíaca: referente ao fator fisiopatológico desencadeador da síndrome, expresso como variável qualitativa policotômica em chagásica, hipertensiva, isquêmica, infecciosa, nutricional ou outras;
- Classe funcional (NYHA): variável quantitativa policotômica, expressa o nível de comprometimento funcional do portador de insuficiência cardíaca, medida em classes funcionais I, II, III ou IV;
- Frequência cardíaca (FC): variável quantitativa contínua, expressa o número de batimentos do coração em um minuto, medido em batimentos por minuto (bpm);
- Saturação periférica de oxigênio (SpO₂): variável quantitativa discreta, expressa a relação da concentração oxigênio sérica dissolvido quando comparada a sua saturação total, medida em percentagem (%);
- Pressão arterial sistólica (PAS): variável quantitativa discreta, expressa a pressão exercida sobre a parede arterial ao final da sístole, medida em milímetros de mercúrio (mmHg);
- Pressão arterial diastólica (PAD): variável quantitativa discreta, expressa a pressão exercida sobre a parede arterial ao final da diástole, medida em milímetros de mercúrio (mmHg);
- Frequência respiratória (FR): variável quantitativa discreta, representa o número de incursões de ar em um minuto, medida em respirações por minuto (rpm);

5.3.2 Dados espirométricos

- Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁): variável quantitativa contínua, expressa o volume de ar expirado com força a partir da inspiração total, medido em litros (l) e em percentagem do valor predito (%_{pred});
- Capacidade vital forçada (CVF): variável quantitativa contínua que representa o volume de ar mobilizado durante uma inspiração máxima com força a partir

de uma expiração total medida em litros (l) e em porcentagem do valor predito ($\%_{pred}$);

- Relação do VEF1/CVF, variável quantitativa contínua, expressa em porcentagem (%), relativa à razão entre o valor do VEF1 e CVF;

5.4 Desfechos

5.4.1 Desfechos primários

- Pressão inspiratória máxima;
- Carga de treinamento muscular inspiratório;

5.4.2 Desfechos secundários

- Consumo máximo de oxigênio;
- *Strain longitudinal global*;
- Percepção da capacidade funcional;
- Percepção da qualidade de vida;
- Volumes da caixa torácica total e tricompartmental.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Local do estudo

O estudo foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP), localizado no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (DEFISIO/UFPE).

6.2 Período de realização

A coleta de dados foi realizada entre junho de 2015 e abril de 2016.

6.3 Delineamento

Trata-se de um estudo de corte transversal, aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) sob o número CAAE: 39797414.2.0000.5208 e do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP) sob o CAAE: 39797414.2.3001.5201, e registrado no *Clinical Trials* sob o número NCT 02763982.

O estudo obedeceu às diretrizes de pesquisas envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Os indivíduos que preencheram todos os critérios de inclusão foram informados sobre os objetivos do estudo e a não obrigatoriedade de participar do mesmo. No aceite da participação, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), seguindo os princípios da beneficência, autonomia e justiça, e respeitando a vontade do indivíduo, segundo a Declaração de Helsinque.

6.4 População

A amostra foi composta por adultos saudáveis, de ambos os sexos, entre 20 e 40 anos; e pacientes com IC sob suas diversas formas etiológicas (chagásica, hipertensiva, isquêmica, nutricional, infecciosa e idiopática), de ambos os sexos, entre 18 e 65 anos, assistidos no IMIP.

6.5 Amostragem

O processo de amostragem foi realizado de forma não probabilística. A amostra de adultos saudáveis foi composta por demanda espontânea e, os pacientes cardiopatas, após levantamento nos bancos de dados do centro de referência coparticipante desta pesquisa. Os pacientes com IC potencialmente elegíveis foram abordados pelo pesquisador no dia da consulta ambulatorial e receberam informações sobre a natureza da pesquisa. Sendo assim, todos os pacientes tiveram a mesma oportunidade para participar do estudo.

6.6 Tamanho da amostra

Os adultos saudáveis foram recrutados na comunidade e todos receberam informações sobre a pesquisa. O tamanho da amostra do Artigo 1 foi calculado com base em um estudo piloto com 10 indivíduos, baseado na média e desvio-padrão da

PI_{max} (G1: 125,60 ± 16,87; G2: 103,60 ± 17,50) por ser o principal desfecho do estudo e foram necessários 17 pacientes por grupo. O cálculo amostral foi realizado através do programa GPower 3.1.9.2 e foi considerado um α de 0,05 e um 1- β de 0,95, cujo tamanho do efeito foi de 1,27.

O número de indivíduos com IC foi calculado com base em um estudo piloto com 15 (quinze) pacientes. O cálculo amostral foi realizado através do programa GPower 3.1.9.2. Para a definição do tamanho da amostra do Artigo 2, foi escolhido o percentual predito da pressão inspiratória máxima (%PI_{max}), por ser o principal desfecho do estudo e este foi baseado na média e desvio-padrão de três grupos estratificados pela FEVE (G1: 117,60 ± 13,44; G2: 99,80 ± 3,89; G3: 76,80 ± 4,86), sendo necessários 8 pacientes por grupo, totalizando 24 voluntários. Foi considerado um α de 0,05 e um β de 0,95, cujo tamanho do efeito foi de 1,79.

6.7 Critérios de inclusão

Foram incluídos adultos saudáveis com índice de massa corporal (IMC) entre 18,5 e 24,9 quilogramas por metro ao quadrado (kg/m²); prova de função pulmonar dentro dos parâmetros de normalidade e sedentários.

Foram incluídos indivíduos com diagnóstico de IC; estáveis hemodinamicamente (PAS ≤ 140 mmHg; PAD ≤ 90 mmHg; FC = 80 bpm); auto referidos sedentários.

6.8 Critérios de exclusão

Foram excluídos os indivíduos adultos saudáveis com doenças neuromusculares e cardiopulmonares; presença de sintomas respiratórios; infecção respiratória na semana antecedente à avaliação; histórico de tabagismo; incapacidade de compreensão, realização adequada das manobras e falta de adaptação aos dispositivos de avaliação.

Foram excluídos indivíduos com IC com quadro de angina instável; infarto agudo do miocárdio ou cirurgia prévia até três meses antes do início da pesquisa; alterações osteomioarticulares, doenças respiratórias ou metabólicas crônicas; tratamento com esteroides, hormônios ou quimioterapia; gestação; tabagistas e ex-

fumantes ativos ou passivos; incapacidade de atender aos comandos verbais do avaliador ou inadaptação aos dispositivos de avaliação.

6.9 Coleta de dados

Os dados antropométricos e clínicos dos indivíduos adultos saudáveis foram coletados em uma ficha de avaliação padronizada. Após 5 minutos de descanso, os voluntários realizaram a espirometria e, em seguida, randomicamente, a manovacuometria digital ou eletrônica.

Os participantes com IC foram avaliados pela ecocardiografia, alocados em um dos três grupos e foi realizada a anamnese, coleta de dados sociodemográficos, antropométricos (WELMY® W-300, Brasil; fita métrica) e clínicos. Na mesma ocasião, foram aplicados os questionários de percepção de capacidade funcional e qualidade de vida e, em seguida, foi feita a avaliação da função respiratória através da espirometria.

Após 5 minutos de repouso, os sujeitos realizaram a manovacuometria através de dois aparelhos diferentes, adotando-se um repouso de 5 minutos entre as três mensurações de P_{lmax} realizadas. Em seguida, foi realizada a pletismografia optoeletrônica e a ergoespirometria. Os dados foram registrados em uma ficha de avaliação padronizada. Os procedimentos foram realizados conforme as descrições abaixo, por um único avaliador devidamente treinado.

6.10 Avaliação da função cardíaca

O exame forneceu medidas de diâmetros das cavidades ventriculares e atriais, função sistólica e diastólica do ventrículo esquerdo (VE), análise de contratilidade global e segmentar do VE, bem como do strain, além da avaliação de função de ventrículo direito (VD) e velocidade de pico da regurgitação tricúspide. A fração de ejeção do ventrículo esquerdo foi calculada pelo método Teicholz. Para garantir a padronização, todos os ecocardiogramas foram realizados por um único ecocardiografista. Todas as imagens foram obtidas em repouso, usando um sistema de ultrassom Vivid-I (GE Medical Systems, Horten, Noruega) e um transdutor de 4 MHz. O paciente assumia a posição de decúbito lateral esquerdo, com o braço esquerdo situado acima da altura do ombro. Essa orientação permite que o coração,

ao aproximar-se da parede torácica e, assim, do transdutor, ajuda a maximizar a acústica das janelas ecocardiográficas (LANG *et al.*, 2005). Para avaliar parâmetros específicos em relação ao ciclo cardíaco, uma monitorização cardíaca contínua com ECG de três derivações foi instalada. Para análise da técnica de strain, foi utilizado um software de análise de ecocardiograma (Eco-Pac, GE Medical Systems, Horten, Noruega, versão 7.0.0), após todas as imagens e vídeos serem capturados na realização do ecocardiograma transtorácico convencional. Foram analisadas as imagens nos cortes longitudinais de quatro, três e duas câmaras. O endocárdio foi traçado manualmente a partir do septo para anéis mitral lateral. Uma região de interesse foi aplicada automaticamente pelo software e, se necessário foi ajustada manualmente para assegurar a inclusão de toda a espessura do miocárdio, excluindo-se o pericárdio. O programa de análise de ecocardiograma realizou as análises. Foram excluídos os pacientes nos quais mais do que dois segmentos foram considerados como tendo a qualidade do rastreamento insuficiente pelo software. Dessa forma, foram obtidos os resultados do strain médio de cada corte analisado, bem como analisado o mapa polar do coração com 17 segmentos (CHO *et al.*, 2009).

6.10 Avaliação dos sinais vitais

A FC foi avaliada através de um frequencímetro (FT1, Polar) e, a SpO₂, por um oxímetro de pulso digital (PM-50, Mindray). A FR foi avaliada durante um minuto através da observação e contagem do número de incursões respiratórias. A PA foi mensurada através de um estetoscópio e esfigmomanômetro manual (Premium). Todos os sinais vitais foram mensurados com o paciente sentado, braços em repouso no colo e em silêncio.

6.11 Avaliação da percepção de capacidade funcional

A percepção de capacidade funcional foi avaliada pelo questionário Duke Activity Status Index (DASI) validado para língua portuguesa. O questionário foi desenvolvido com o objetivo de corrigir as deficiências apresentadas por outros instrumentos, como a Escala da New York Heart Association (NYHA) e da *Canadian Cardiovascular Society* (CCS). É constituído por 12 itens que avaliam atividades

diárias como higiene pessoal, locomoção, tarefas domésticas, função sexual e recreação. Cada item tem um peso específico, com base nos respectivos custos metabólicos (MET). Para finalização de seu score, os participantes devem identificar cada uma das atividades que são capazes de fazer. A pontuação final varia entre zero e 58,2 pontos. Quanto maior a pontuação, melhor a capacidade funcional (COUTINHO-MYRRHA *et al.*, 2014).

6.12 Avaliação da percepção da qualidade de vida

Para avaliação da percepção da qualidade de vida, foi aplicada a versão traduzida e validada para a língua portuguesa brasileira do questionário *Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire* (MLWHFQ), que é composto por 21 perguntas que contemplam os aspectos físico (2-7 e 12-13), emocional (17-21) e socioeconômico (1, 8-11, 14-16). Para cada questão, foi atribuída uma nota de 0 (zero) a 5 (cinco). A pontuação total foi calculada através da soma dos 21 itens, com intervalo possível de 0 a 105, sendo o menor valor considerado a melhor qualidade de vida (CARVALHO *et al.*, 2009).

6.13 Avaliação da função pulmonar

Um espirômetro portátil (Micro Medical, Microloop MK8, Inglaterra) foi utilizado para avaliação da função pulmonar, sendo avaliados a capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e sua relação (VEF1/CVF) através de manobras realizadas de acordo com as recomendações das diretrizes internacionais (AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002), cujos valores de referência foram estabelecidos para população brasileira (PEREIRA; SATO; RODRIGUES, 2007).

6.14 Avaliação da força muscular respiratória

Para a avaliação da força muscular respiratória, foram avaliadas as pressões expiratória e inspiratória máximas (PE_{max} e PI_{max}, respectivamente), utilizando-se um manovacúmetro digital (MVD-300, Globalmed, Brasil). As manobras foram realizadas de acordo com recomendações da ATS/ERS. Considerou-se o melhor

valor obtido de três manobras com variação de, no máximo, 10% entre elas (AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002).

Para a realização da manovacuometria, os participantes repousaram durante, pelo menos, 5 minutos, após a realização da espirometria. Foi utilizado o manovacuômetro digital MVD-300 (GlobalMed, Brasil), com intervalo operacional de 300 cmH₂O. Primeiramente, os participantes sentaram-se em uma cadeira, mantiveram postura ereta e realizaram duas manobras para familiarização e aprendizado. Para a mensuração da P_Imax, os participantes utilizaram clipe nasal e expiraram até o volume residual (VR) através de um bocal conectado a um adaptador inserido em um prolongamento de silicone de 60 centímetros (cm) plugado ao canal de P_Imax do equipamento e, posteriormente, com o comando verbal do avaliador, geraram um esforço inspiratório forte, rápido e sustentado contra uma via aérea ocluída manualmente, até a capacidade pulmonar total (CPT). Foi utilizado um bocal de 5 centímetros (cm) com um pequeno orifício de 2 milímetros (mm) de diâmetro para escape de ar, no intuito de prevenir o fechamento da glote. A pressão expiratória máxima (PEM) foi medida a partir da CPT até o VR, com oclusão manual da via aérea e prolongamento de silicone conectado ao canal P_Emax do aparelho. Foram aferidas, no mínimo, cinco medidas, com intervalo de repouso de um minuto entre as manobras, até serem obtidos três valores aceitáveis e reproduzíveis, ou seja, sem vazamento de ar e com diferença inferior a 10% entre elas. Registrou-se o maior valor obtido (AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY, 2002).

Também foi utilizado o instrumento eletrônico PowerBreathe® KH2 (PowerBreathe International, Reino Unido) para avaliação da força muscular inspiratória, sendo este também usado com o software PowerBreathe® Breathe-Link™ 1.0 (PowerBreathe® Holdings Ltd, Reino Unido). O dispositivo foi configurado com os dados pessoais (altura, idade, peso e sexo) dos voluntários e o modo MIP Test foi selecionado para iniciar a avaliação. Os sujeitos foram posicionados sentados, apoiando o tronco no encosto de uma cadeira, utilizaram um bocal próprio do aparelho (sem orifício) e tiveram o nariz ocluído por um clipe nasal. Foram, então, solicitados a exalarem todo o ar pelo bocal, até o VR, e, depois, realizarem uma inspiração máxima até a CPT. A diferença entre os aparelhos dá-se pela oclusão automática da válvula deste equipamento durante a inspiração.

Para o uso do software PowerBreathe® Breathe-Link™ 1.0 (PowerBreathe® Holdings Ltd, Reino Unido), o PowerBreathe® KH2 foi conectado a um notebook através de um cabo USB. Os participantes foram cadastrados no aplicativo com informações pessoais (nome, data de nascimento, peso e altura). O voluntário foi posicionado de frente para a tela do computador e foi informado que teria que expirar até o VR e, em seguida, realizar uma inspiração forte e rápida, até a CPT, sempre com o objetivo de ultrapassar o tracejado preto do software, referente à maior PIM obtida a cada manobra e registrada em tempo real pelo programa. Foram realizadas seis inspirações máximas, com duração de, pelo menos, 1,5 segundo, conforme manual do fabricante. Foi considerado o maior valor dentre as manobras. Utilizamos os valores de referência previamente descritos para a população brasileira (PESSOA *et al.*, 2014). Foi estabelecido um repouso de 10 minutos entre as três mensurações de P_{Imax}. Os procedimentos de avaliação foram realizados pelo mesmo examinador, devidamente treinado.

6.15 Avaliação dos volumes da caixa torácica

A avaliação dos volumes da caixa torácica foi realizada pela pletismografia optoeletrônica (BTS Bioengineering, Itália), em que 89 marcadores reflexivos foram fixados com fita adesiva sobre as superfícies anteroposterior e lateral do tórax dos voluntários, das clavículas às espinhas ilíacas anterossuperiores, ao longo de linhas horizontais e verticais pré-definidas (ALIVERTI; PEDOTTI, 2003).

Para a aquisição dos dados, os indivíduos foram dispostos na posição sentada, com os pés apoiados no chão, joelhos e quadris em 90°, coluna ereta, com os braços apoiados em estrutura de suporte a 45 graus de abdução de ombro, e a partir dessa disposição foram solicitados a respirarem tranquilamente, sem falar e sem alterar a postura. Antes de cada coleta, houve uma calibração de acordo com as normas do equipamento, através da aquisição de imagem-controle de três eixos fixos com marcadores. As imagens geradas pelos marcadores foram captadas por 8 câmeras e, através do teorema de Gauss, ocorreu a triangulação das imagens e visualização da caixa torácica em seus três compartimentos: caixa torácica pulmonar (CT_p), caixa torácica abdominal (CT_{ab}) e abdôme (AB), bem como em sua totalidade (i.e., caixa torácica total, CT_T). Cada compartimento foi avaliado em termo de variação de seu volume ao longo do ciclo respiratório registrado, bem como do

percentual de participação do volume de cada compartimento nesse ciclo, em relação ao volume do sistema toracoabdominal total (BRANDÃO *et al.*, 2012; VIEIRA *et al.*, 2015).

6.16 Avaliação do desempenho cardiopulmonar

Para a realização da ergoespirometria de esforço máximo, sintoma-limitante, foi utilizado o protocolo de rampa (BRITTO, 2012) em esteira (Centurium 300, Micromed, Brasil) através do software ErgoPC Elite® associado ao eletrocardiograma (Micromed, Brasil) com 12 canais. As variáveis respiratórias como pico de consumo de oxigênio (VO_{2max}), pico do consumo de oxigênio para o primeiro limiar anaeróbico ($L1VO_{2max}$), tempo transcorrido para atingir o VO_{2max} (TVO_{2max}), equivalente ventilatório de gás carbônico (V_E/V_{CO_2}), equivalente ventilatório para o dióxido de carbono (V_E/V_{CO_2}) e equivalente ventilatório de gás carbônico no primeiro limiar anaeróbico ($L1V_E/V_{CO_2}$), serão obtidas em condições padrão de temperatura, pressão e umidade (StPD), respiração-por-respiração, estando o paciente respirando em uma máscara facial sem vazamentos acoplada ao analisador de gases (Cortex – Metalyzer II, Alemanha) durante o exercício. Para assegurar que os pacientes atingiram o esforço máximo durante o exame, foram considerados os exames em que os pacientes obtiveram uma razão de troca respiratória $R \geq 1,1$ (ARENA, ROSS; MYERS; GUAZZI, 2011). Todo o exame foi conduzido e supervisionado pela mesma médica cardiologista habilitada. O suporte de cuidados emergenciais que poderiam ocorrer foi fornecido em todos os exames.

6.17 Análise estatística

A normalidade e homogeneidade dos dados foram avaliadas pelo teste Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. Para avaliar a reprodutibilidade intraobservador, foram comparados os valores da PI_{max} obtidos no teste e no reteste realizado uma semana após a primeira avaliação, pelo PowerBreathe® KH2 e pelo PowerBreathe® Breathe-Link, e a análise dos dados foi feita pelo coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e intervalo de confiança de 95% (IC95%).

Para avaliar a concordância entre o GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreathe® KH2, e o GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreathe® Breathe-Link, e

os métodos digital e eletrônico para determinação da carga de TMI, foi utilizado o método Bland-Altman, considerando uma diferença de médias ± 2 DP (BLAND; ALTMAN, 1986; GIAVARINA, 2015) e o IC95%.

Medidas de correlação entre a FEVE, o SLG e o VO₂max e a carga de TMI foram feitas pelo coeficiente de Pearson para variáveis com distribuição normal e Spearman para distribuição não normal. Para avaliar a influência da função cardíaca sobre a determinação da carga de TMI, foi feita a análise de regressão linear. Os dados foram apresentados como média \pm desvio-padrão. Para todos os testes, o nível de significância estatística definido foi $p < 0,05$.

7 RESULTADOS

Os resultados e as discussões a respeito dos achados deste estudo estão dispostos nos artigos abaixo, na seção APÊNDICES.

ARTIGO 1: Reprodutibilidade do PowerBreathe® KH2 na avaliação da força muscular inspiratória e concordância dos métodos digital e eletrônico para a determinação da carga de treinamento muscular inspiratório em adultos jovens saudáveis (APÊNDICE A);

ARTIGO 2: A função cardíaca pode influenciar a pressão inspiratória máxima e modificar a carga de treinamento muscular inspiratório na insuficiência cardíaca? (APÊNDICE B).

8 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Diante dos resultados, foi demonstrado que o PowerBreathe® KH2 e Breathe-Link apresentaram valores adequados de reprodutibilidade e confiabilidade em adultos jovens saudáveis, podendo ser usado na prática clínica e pesquisa científica, embora não haja concordância entre os métodos digital e eletrônico para a determinação da pressão inspiratória máxima e da carga de treinamento muscular inspiratório em adultos jovens saudáveis (Artigo 1); o strain longitudinal global e o consumo máximo de oxigênio podem influenciar a pressão inspiratória máxima e modificar a carga de treinamento muscular inspiratório em indivíduos com insuficiência cardíaca e fração de ejeção reduzida (Artigo 2).

REFERÊNCIAS

ABDUCH, Maria Cristina Donadio *et al.* Cardiac Mechanics Evaluated by Speckle Tracking Echocardiography. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abc/2014nahead/0066-782X-abc-20140041.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2017.

ADAMOPOULOS, Stamatis *et al.* Combined aerobic/inspiratory muscle training vs. aerobic training in patients with chronic heart failure. *European Journal of Heart Failure*, v. 16, n. 5, p. 574–582, maio 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24634346>>. Acesso em: 28 set. 2017.

ALIVERTI, Andrea; PEDOTTI, A. *Opto-electronic plethysmography. Monaldi Archives for Chest Disease - Pulmonary Series*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14533277>>. Acesso em: 9 out. 2017. , 2003

AMERICAN HEART ASSOCIATION; AMERICAN STROKE ASSOCIATION. *Ejection Fraction Heart Failure Measurement*. Disponível em: <http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/HeartFailure/DiagnosingHeartFailure/Ejection-Fraction-Heart-Failure-Measurement_UCM_306339_Article.jsp#.WdrOOWhSzIV>. Acesso em: 8 out. 2017.

AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 166, n. 4, p. 518–624, 15 ago. 2002. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12186831>>. Acesso em: 24 set. 2017.

ANTOINE, Steve *et al.* Pathophysiologic Mechanisms in Heart Failure: Role of the Sympathetic Nervous System. *The American Journal of the Medical Sciences*, v. 353, n. 1, p. 27–30, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28104100>>. Acesso em: 28 set. 2017.

ARENA, R; MYERS, J; GUAZZI, M. The clinical importance of cardiopulmonary exercise testing and aerobic training in patients with heart failure. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 12, n. 2, p. 75–87, abr. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552008000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 8 out. 2017.

ARENA, Ross; MYERS, Jonathan; GUAZZI, Marco. *Cardiopulmonary Exercise Testing Is Score Assessment for Patients With Heart Failure. Congestive Heart Failure*. [S.l.]: Blackwell Publishing Ltd. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1751-7133.2011.00216.x>>. Acesso em: 29 set. 2017. , 1 maio 2011

ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *American journal of respiratory and critical care medicine*. [S.l.: s.n.]. , 2003

BANSAL, Manish; KASLIWAL, Ravi R. How do I do it? Speckle-tracking echocardiography. *Indian heart journal*, v. 65, n. 1, p. 117–23, 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23438628>>. Acesso em: 28 set. 2017.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical Methods for Assessing Agreement Between Two Methods of Clinical Measurement. *Lancet*, v. 327, p. 307–310, 1986. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673686908378>>.

BOSNAK-GUCLU, Meral *et al.* Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure. *Respiratory Medicine*, v. 105, n. 11, p. 1671–1681, nov. 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21621993>>. Acesso em: 28 set. 2017.

BRANDÃO, Daniella Cunha *et al.* Chest wall regional volume in heart failure patients during inspiratory loaded breathing. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, v. 180, n. 2–3, p. 269–274, 2012.

BRITTO, Raquel Rodrigues. CARDIOPULMONARY EXERCISE TEST WITH RAMP PROTOCOL IN ADULTS WITH. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 18, n. 6, p. 369–372, dez. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922012000600004&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 8 out. 2017.

CAHALIN, Lawrence P *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 Review of Cardiovascular Therapy*, v. 11, n. 2, p. 161–177, 10 fev. 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23405838>>. Acesso em: 28 set. 2017.

CAMELI, Matteo *et al.* L'ecocardiografia speckle tracking: roadmap per la misurazione e l'utilizzo clinico. *doi.org*, v. 18, n. 2017Aprile, p. 253–269, abr. 2017. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28492566>>. Acesso em: 8 out. 2017.

CAMPOS FILHO, Orlando *et al.* Diretriz para Indicações e Utilização da Ecocardiografia na Prática Clínica. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 82, p. 11–34, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2004000800002&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 8 out. 2017.

CARVALHO, Vitor Oliveira *et al.* Validação da versão em português do Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 93, n. 1, p. 39–44, jul. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2009000700008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 9 out. 2017.

CHEN, Yan-Ming; YIN, Tong. Inspiratory muscle training improves submaximal exercise capacity in patients with heart failure: A systematic review of randomized controlled trials. *International Journal of Cardiology*, v. 158, n. 2, p. 294–296, 12 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22592034>>. Acesso em: 29 set. 2017.

CHO, Goo-Yeong *et al.* Global 2-Dimensional Strain as a New Prognosticator in

Patients With Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 54, n. 7, p. 618–624, 11 ago. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19660692>>. Acesso em: 9 out. 2017.

CHUA, T P *et al.* Inspiratory muscle strength is a determinant of maximum oxygen consumption in chronic heart failure. *British heart journal*, v. 74, n. 4, p. 381–5, out. 1995. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7488451>>. Acesso em: 8 out. 2017.

COUTINHO-MYRRHA, Mariana A. *et al.* Duke Activity Status Index for Cardiovascular Diseases: Validation of the Portuguese Translation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 102, n. 4, p. 383–390, 2014. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/abc.20140031>>. Acesso em: 9 out. 2017.

DANDEL, Michael; HETZER, Roland. Echocardiographic strain and strain rate imaging — Clinical applications. *International Journal of Cardiology*, v. 132, n. 1, p. 11–24, 6 fev. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18760848>>. Acesso em: 8 out. 2017.

DUBÉ, Bruno Pierre; AGOSTONI, Piergiuseppe; LAVENEZIANA, Pierantonio. Exertional dyspnoea in chronic heart failure: The role of the lung and respiratory mechanical factors. *European Respiratory Review*, v. 25, n. 141, p. 317–332, set. 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27581831>>. Acesso em: 25 set. 2017.

EVANS, S A *et al.* Respiratory muscle strength in chronic heart failure. *Thorax*, v. 50, n. 6, p. 625–8, jun. 1995. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7638803>>. Acesso em: 8 out. 2017.

FANFULLA, F *et al.* The development of hyperventilation in patients with chronic heart failure and Cheyne-Stokes respiration: a possible role of chronic hypoxia. *Chest*, v. 114, n. 4, p. 1083–90, out. 1998. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9792581>>. Acesso em: 8 out. 2017.

FRIEDMAN, Maureen M.; QUINN, Jill R. Heart failure patients' time, symptoms, and actions before a hospital admission. *The Journal of cardiovascular nursing*, v. 23, n. 6, p. 506–512, nov. 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18953214>>. Acesso em: 25 set. 2017.

GIAVARINA, Davide. Understanding Bland Altman analysis. *Biochimica Medica*, v. 25, n. 2, p. 141–151, 2015.

GÖHL, O. *et al.* Respiratory Muscle Training: State of the Art. *Pneumologie*, v. 70, n. 1, p. 37–38, 2016.

GUAZZI, Marco *et al.* Cardiopulmonary exercise testing reflects similar pathophysiology and disease severity in heart failure patients with reduced and preserved ejection fraction. *European Journal of Preventive Cardiology*, v. 21, n. 7, p. 847–854, 4 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23382540>>. Acesso em: 25 set. 2017.

HASSELBERG, Nina E. *et al.* Left ventricular global longitudinal strain is associated with exercise capacity in failing hearts with preserved and reduced ejection fraction. *European heart journal cardiovascular Imaging*, v. 16, n. 2, p. 217–224, fev. 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25552469>>. Acesso em: 25 set. 2017.

HERDY, AH *et al.* South American Guidelines for Cardiovascular Disease Prevention and Rehabilitation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 103, n. 2, p. 1–31, 2014. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/abc.2014S003>>. Acesso em: 8 out. 2017.

HEUSCH, Gerd *et al.* Cardiovascular remodelling in coronary artery disease and heart failure. *The Lancet*, v. 383, n. 9932, p. 1933–1943, 31 maio 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24831770>>. Acesso em: 28 set. 2017.

HUMMEL, A. *et al.* Diagnostik der systolischen und diastolischen Herzinsuffizienz. *Der Internist*, v. 55, n. 6, p. 647–654, 17 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24736933>>. Acesso em: 28 set. 2017.

HUNT, Sharon A *et al.* ACC / AHA PRACTICE GUIDELINES ACC / AHA Guidelines for the Evaluation and Management of Chronic Heart Failure in the Adult : Executive Summary A Report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 38, n. 7, p. 2996–3007, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(01\)01683-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(01)01683-7)>.

JUILLIÈRE, Yves. [The physiopathology of heart failure]. *Soins; la revue de reference infirmiere*, n. 774, p. 26–8, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23697055>>. Acesso em: 25 set. 2017.

LANG, Roberto M. *et al.* Recommendations for Chamber Quantification: A Report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, Developed in Conjunction with the European Association of Echocardiography, a Branch of the European Society of Cardiology. *Journal of the American Society of Echocardiography*, v. 18, n. 12, p. 1440–1463, dez. 2005. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16376782>>. Acesso em: 9 out. 2017.

LARSON, J L *et al.* Inspiratory muscle training with a pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The American review of respiratory disease*, v. 138, p. 689–696, 1988.

LIN, Suh-Jen *et al.* Inspiratory muscle training in patients with heart failure: a systematic review. *Cardiopulmonary physical therapy journal*, v. 23, n. 3, p. 29–36, set. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22993500>>. Acesso em: 28 set. 2017.

MCPARLAND, Colm *et al.* Inspiratory Muscle Weakness and Dyspnea in Chronic Heart Failure. *American Review of Respiratory Disease*, v. 146, n. 2, p. 467–472,

ago. 1992. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1489142>>. Acesso em: 8 out. 2017.

MELLO, Priscila R. *et al.* Inspiratory Muscle Training Reduces Sympathetic Nervous Activity and Improves Inspiratory Muscle Weakness and Quality of Life in Patients With Chronic Heart Failure. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, v. 32, n. 5, p. 255–261, 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22785143>>. Acesso em: 29 set. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - SISTEMA DE INFORMAÇÕES HOSPITALARES DO SUS (SIH/SUS). *Morbidade Hospitalar do SUS - por local de internação - Brasil*. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/niuf.def>>. Acesso em: 28 set. 2017.

MONTEMEZZO, Dayane *et al.* Influence of inspiratory muscle weakness on inspiratory muscle training responses in chronic heart failure patients: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24631801>>. Acesso em: 25 set. 2017. , jul. 2014

MORTARA, A *et al.* Abnormal awake respiratory patterns are common in chronic heart failure and may prevent evaluation of autonomic tone by measures of heart rate variability. *Circulation*, v. 96, n. 1, p. 246–52, 1 jul. 1997. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9236441>>. Acesso em: 8 out. 2017.

MORTARA, A *et al.* Association between hemodynamic impairment and Cheyne-Stokes respiration and periodic breathing in chronic stable congestive heart failure secondary to ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. *The American journal of cardiology*, v. 84, n. 8, p. 900–4, 15 out. 1999. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10532507>>. Acesso em: 8 out. 2017.

OLSON, Thomas P.; BECK, Kenneth C.; JOHNSON, Bruce D. Pulmonary Function Changes Associated With Cardiomegaly in Chronic Heart Failure. *Journal of Cardiac Failure*, v. 13, n. 2, p. 100–107, mar. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17395049>>. Acesso em: 25 set. 2017.

PALAU, Patricia *et al.* Effects of inspiratory muscle training in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *European Journal of Preventive Cardiology*, v. 21, n. 12, p. 1465–1473, 17 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23864363>>. Acesso em: 29 set. 2017.

PEREIRA, Carlos Alberto de Castro; SATO, Taeko; RODRIGUES, Sílvia Carla. Novos valores de referência para espirometria forçada em brasileiros adultos de raça branca. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 33, n. 4, p. 397–406, ago. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132007000400008&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 9 out. 2017.

PEREIRA, Danielle Aparecida Gomes *et al.* Capacidade funcional de indivíduos com insuficiência cardíaca avaliada pelo teste de esforço cardiopulmonar e classificação da New York Heart Association. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 19, n. 1, p. 52–56, 2012.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502012000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>.

PESSOA, Isabela M B S *et al.* Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 18, n. 5, p. 410–418, 2014.

PIEPENBURG, Sven M; ERTL, Georg; ANGERMANN, Christiane E. [Depression and heart failure - a dangerous combination]. *Deutsche medizinische Wochenschrift (1946)*, v. 141, n. 17, p. 1222–1227, 24 ago. 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27557068>>. Acesso em: 25 set. 2017.

PLENTZ, Rodrigo Della Méa *et al.* Inspiratory muscle training in patients with heart failure: meta-analysis of randomized trials. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, v. 99, n. 2, p. 762–71, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22964897>>. Acesso em: 28 set. 2017.

POWERBREATHE INTERNATIONAL, Limited. *Breathing Trainers*. Disponível em: <<https://www.powerbreathe.com/breathing-trainers>>. Acesso em: 29 set. 2017a.

POWERBREATHE INTERNATIONAL, Limited. *Classic - Breathing Trainers*. Disponível em: <<https://www.powerbreathe.com/breathing-trainers/classic>>. Acesso em: 29 set. 2017b.

POWERBREATHE INTERNATIONAL, Limited. *History of POWERbreathe*. Disponível em: <<https://www.powerbreathe.com/history-of-powerbreathe>>. Acesso em: 29 set. 2017c.

POWERBREATHE INTERNATIONAL, Limited. *POWERbreathe KH2 with Breathe-Link Medic Live Feedback Software*. Disponível em: <<https://www.powerbreathe.com/powerbreathe-kh2>>. Acesso em: 29 set. 2017d.

RIBEIRO, Jorge P; CHIAPPA, Gaspar R; CALLEGARO, Carine C. The contribution of inspiratory muscles function to exercise limitation in heart failure: pathophysiological mechanisms. *Revista brasileira de fisioterapia (Sao Carlos (Sao Paulo, Brazil))*, v. 16, n. 4, p. 261–7, [S.d.]. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22801449>>. Acesso em: 28 set. 2017.

ROMER, LEE M.; MCCONNELL, ALISON K. Specificity and Reversibility of Inspiratory Muscle Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 35, n. 2, p. 237–244, fev. 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12569211>>. Acesso em: 29 set. 2017.

RUSSELL, Stuart D *et al.* New York Heart Association functional class predicts exercise parameters in the current era. *American heart journal*, v. 158, n. 4 Suppl, p. S24-30, out. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19782785>>. Acesso em: 25 set. 2017.

SALVO, Giovanni Di *et al.* Strain Echocardiography and Myocardial Mechanics: From Basics to Clinical Applications. *Journal of cardiovascular echography*, v. 25, n. 1, p.

1–8, 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28465921>>. Acesso em: 8 out. 2017.

SHIMIAIE, Jason *et al.* Determinants of Effort Intolerance in Patients With Heart Failure. *JACC: Heart Failure*, v. 3, n. 10, p. 803–814, out. 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26449998>>. Acesso em: 25 set. 2017.

SPURLING, David Alastair *et al.* *Respiratory Muscle Training Device*. . United States: [s.n.], , 2013

SVANEGAARD, J *et al.* [Neurohormonal activity in heart insufficiency]. *Ugeskrift for laeger*, v. 155, n. 23, p. 1784–8, 7 jun. 1993. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8317027>>. Acesso em: 25 set. 2017.

VAN HEES, H. W. H. *et al.* Diaphragm single-fiber weakness and loss of myosin in congestive heart failure rats. *AJP: Heart and Circulatory Physiology*, v. 293, n. 1, p. H819–H828, 23 mar. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17449557>>. Acesso em: 8 out. 2017.

VAN HEES, H W H *et al.* Heart failure decreases passive tension generation of rat diaphragm fibers. *International journal of cardiology*, v. 141, n. 3, p. 275–83, 11 jun. 2010. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167527308014216>>. Acesso em: 8 out. 2017.

VAN HEES, Hieronymus W.H. *et al.* Impaired isotonic contractility and structural abnormalities in the diaphragm of congestive heart failure rats. *International Journal of Cardiology*, v. 128, n. 3, p. 326–335, 29 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17689734>>. Acesso em: 8 out. 2017.

VERISSIMO, Pedro *et al.* High Prevalence of Respiratory Muscle Weakness in Hospitalized Acute Heart Failure Elderly Patients. *Plos One*, v. 10, n. 2, p. e0118218, 2015. Disponível em: <<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0118218>>.

VIEIRA, Danielle Soares Rocha *et al.* Is optoelectronic plethysmography a valid instrument to measure inspiratory capacity? *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 22, n. 2, p. 155–160, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502015000200155>. Acesso em: 9 out. 2017.

WEBER, K T *et al.* Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure. *Circulation*, v. 65, n. 6, p. 1213–23, jun. 1982. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6804111>>. Acesso em: 25 set. 2017.

YAMADA, Kensaku *et al.* Inspiratory Muscle Weakness is Associated With Exercise Intolerance in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Preliminary Study. *Journal of cardiac failure*, v. 22, n. 1, p. 38–47, jan. 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1071916415011574>>. Acesso em: 8 out. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Artigo 1

Reprodutibilidade do PowerBreathe® KH2 na avaliação da força muscular inspiratória e concordância dos métodos digital e eletrônico para a determinação da carga de treinamento muscular inspiratório em adultos jovens saudáveis

Filipe Pinheiro¹, Paulo Magalhães¹, Maíra Pessoa¹, Daniella Cunha Brandão¹, Shirley Lima Campos¹, Armèle Dornelas de Andrade¹

¹Laboratório de Fisiologia e Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil

Correspondência do autor:

Armèle Dornelas de Andrade

armeledornelas@yahoo.com

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Fisioterapia

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n, Cidade Universitária

CEP: 50740-560, Recife, PE, Brasil

Fontes de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE (IBPG-1045-4.08/13), e Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior - CAPES.

RESUMO

Introdução: A mensuração da força muscular inspiratória é importante para avaliação e monitorização respiratória. O PowerBreathe® KH2 é um aparelho eletrônico portátil, multiparamétrico, não invasivo e de fácil manuseio, destinado à avaliação e ao treinamento muscular inspiratório (TMI), estratégia de tratamento que melhora a função dos músculos inspiratórios. A carga de TMI tem sido calculada a partir de um percentual da pressão inspiratória máxima (P_Imax). No entanto, um instrumento eletrônico foi criado e a carga de TMI é obtida com base no fluxo e volume inspiratórios. Entretanto, a concordância com outros dispositivos, em adultos saudáveis, ainda não foi avaliada. **Objetivo:** Avaliar a reprodutibilidade e concordância do PowerBreathe® KH2 e do software Breathe-Link para a avaliação da pressão inspiratória máxima e comparar as cargas de TMI determinadas pelo percentual da P_Imax e pelo método eletrônico em adultos jovens saudáveis. **Metodologia:** Foi realizado um estudo transversal que randomizou o uso de dois equipamentos para avaliação da P_Imax de adultos saudáveis do ponto de vista pneumofuncional. Todos os voluntários realizaram, no mínimo, três manobras aceitáveis em cada teste, segundo os critérios de reprodutibilidade da *American Thoracic Society/European Respiratory Society*. Para a avaliação da reprodutibilidade intraobservador e da concordância, foram utilizados o coeficiente de correlação intraclass (CCI) e o método Bland-Altman, respectivamente. Os dados foram apresentados como média ± desvio padrão e intervalo de confiança,

com significância estatística de $p > 0,05$. **Resultados:** Participaram 36 adultos saudáveis. O PowerBreathe® KH2 apresentou reprodutibilidade adequada, mas não foi observada concordância entre o manovacuômetro digital GlobalMed MVD-300 e o PowerBreathe® KH2 e o PowerBreathe® Breathe-Link, assim como não houve concordância entre os métodos digital e eletrônico (viés=5,32 cmH₂O; IC95%=: -10,10 a 20,74 cmH₂O). Conclusão: O PowerBreathe® KH2 e o PowerBreathe® Breathe-Link devem ser introduzidos na prática clínica e pesquisa científica como métodos de avaliação complementar da função muscular inspiratória de adultos jovens saudáveis.

Palavras-chave: reprodutibilidade dos testes; testes de função respiratória; músculos respiratórios; powerbreathe

BULLET POINTS

- O PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link são reprodutíveis em adultos saudáveis;
- O PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link não apresentaram concordância com o manovacuômetro digital GlobalMed® MVD-300;
- O PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link devem ser introduzidos na prática clínica e na pesquisa científica como métodos complementares para a avaliação da função respiratória.

INTRODUÇÃO

Os testes não volitivos que utilizam o método de avaliação pressórica estática são habitualmente empregados para a mensuração da força inspiratória máxima (P_Imax) por serem métodos rápidos, simples, não invasivos e bem tolerados pelos pacientes¹, sendo os instrumentos analógicos e digitais os mais utilizados devido à sua alta precisão e segurança². Sua importância clínica está relacionada com o diagnóstico de disfunção muscular inspiratória, que pode ocorrer em doenças cardiopulmonares e neuromusculares, e o diagnóstico diferencial de dispneia, distúrbios pulmonares restritivos sem causa reconhecida, bem como na avaliação pneumofuncional¹.

Esse tipo de aparelho apresenta uma resistência constante durante a inspiração, independente do fluxo, tempo ou volume pulmonar. No entanto, as características mecânicas dos músculos respiratórios requerem que a força, ou seja, a pressão que pode gerar dentro dos pulmões, varie de acordo com o grau em que os pulmões são insuflados. Sendo assim, os músculos respiratórios submetidos a esforços com resistência elevada, em altos volumes pulmonares, sofrem interrupção

precoce da inspiração ou atingem uma contração sub-ótima em baixos volumes pulmonares³.

Nesse cenário, o PowerBreathe® KH2 é um aparelho eletrônico portátil, multiparamétrico, não invasivo e de fácil manuseio, destinado à avaliação e ao treinamento muscular inspiratório com carga pressórica linear adaptável eletronicamente⁴, sendo uma nova alternativa para suprir as desvantagens técnicas dos dispositivos conhecidos atualmente, por proporcionar uma carga dinâmica que varia em função da capacidade muscular inspiratória em diferentes volumes pulmonares³. Adicionalmente, o dispositivo pode ser associado ao software Breathe-Link, que fornece um feedback visual, em tempo real, da sessão de avaliação e do treinamento muscular inspiratório⁴.

A validação do equipamento foi realizada por um pneumotacógrafo acoplado a uma válvula de resistência, com 35 indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), e os resultados mostraram forte concordância para a pressão inspiratória média⁵. No entanto, estudos que avaliaram a concordância⁵ e a reprodutibilidade do PowerBreathe® KH1⁶ são escassos, e não foram encontrados estudos que operacionalizaram o PowerBreathe® KH2 e o software PowerBreathe® Breathe-Link para avaliação da P_Imax em adultos saudáveis.

O treinamento muscular inspiratório (TMI) é um recurso de tratamento utilizado em várias populações e sua aplicação segue os mesmos princípios fisiológicos que orientam os exercícios de fortalecimento e de resistência dos músculos esqueléticos periféricos (Göhl et al, 2016).

Para que sejam obtidos os resultados esperados pelo TMI, a carga resistiva tem sido calculada a partir de um percentual de, pelo menos, 30% da pressão inspiratória máxima (P_Imax) (Larson et al, 1987) mensurada pela manovacuometria (ATS/ERS, 2002). Larson et al (1987) compararam o efeito do TMI com cargas pressóricas de 15 e 30% da P_Imax e observaram que os benefícios do protocolo foram mais significativos no grupo que realizou TMI com a carga maior.

De maneira inovadora, com o avanço tecnológico, equipamentos eletrônicos utilizam um método alternativo e automatizado para ajuste da carga de TMI no início de cada sessão de treinamento. A determinação automática desta carga é iniciada durante as duas primeiras respirações para calibração do dispositivo e os níveis de intensidade podem variar entre 40 e 80% da P_Imax. O terceiro e o quarto ciclos respiratórios calculam os parâmetros de treinamento e configuram uma carga

variável ideal, não sendo possível aumentá-la ou diminuí-la depois da quinta respiração. Todas as manobras respiratórias dependem da força máxima e da retroalimentação do aparelho a partir do esforço e fluxo inspiratórios desenvolvidos pelo voluntário (PowerBreathe International Ltd). Esse método, além de ser mais fisiológico e confortável (Charususin et al, 2013; Spurling et al, 2011), apresenta-se como uma nova estratégia para estabelecer a carga de treinamento.

Considerando a necessidade de obter medidas confiáveis da PI_{max}^{10} , é recomendada a comparação do PowerBreathe® KH2 e do PowerBreathe® Breathe-Link com outros instrumentos utilizados na prática clínica e na pesquisa científica, para que estas informações auxiliem na tomada de decisões e otimização terapêutica. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a reprodutibilidade e a concordância PowerBreathe® KH2 e do software PowerBreathe® Breathe-Link para a avaliação da PI_{max} e comparar as cargas de TMI determinadas pelos métodos digital e eletrônico em adultos jovens saudáveis.

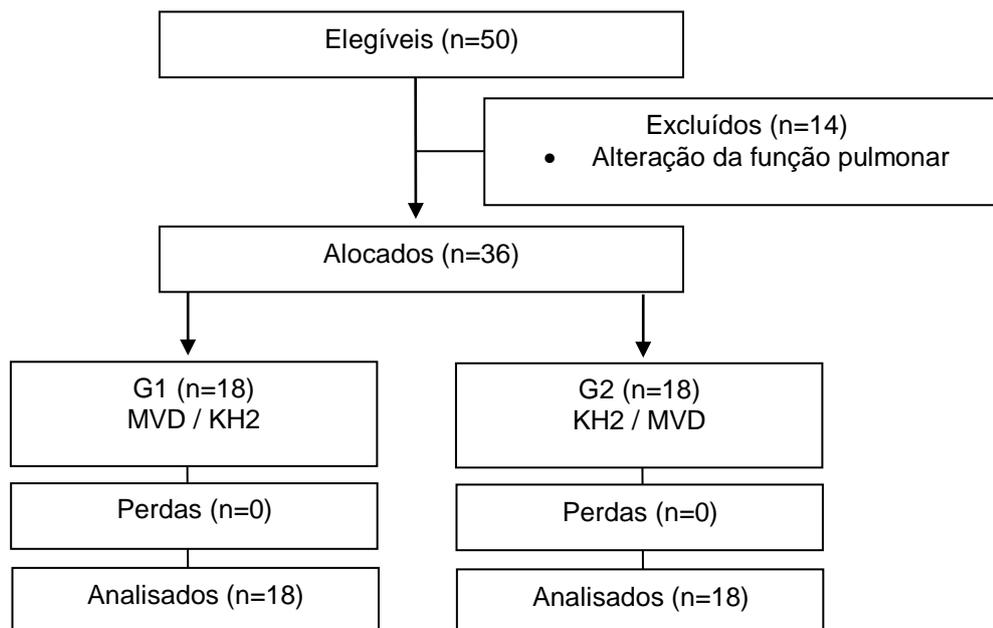
METODOLOGIA

Considerações éticas

O estudo foi iniciado após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE), Recife (PE), Brasil, sob o protocolo CAAE: 39797414.2.0000.520 e registro no Clinical Trials NCT 02763982. Esta pesquisa foi realizada de acordo com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e os indivíduos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Delineamento, local e período de realização do estudo

Tratou-se de um estudo de corte transversal, realizado no Laboratório de Fisiologia e Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP) do Departamento de Fisioterapia na Universidade Federal de Pernambuco (DEFISIO/UFPE), no período de outubro de 2015 a março de 2016.



Fluxograma 1. Fluxograma de captação e acompanhamento dos participantes do estudo

População do estudo

A amostra foi composta por homens e mulheres entre 20-40 anos, com índice de massa corporal (IMC) entre 18,5 e 24,9 quilogramas por metro ao quadrado (kg/m^2)⁷; prova de função pulmonar dentro dos parâmetros de normalidade⁸ e sedentários. Foram excluídos os indivíduos com doenças neuromusculares e cardiopulmonares; presença de sintomas respiratórios; infecção respiratória na semana antecedente à avaliação; histórico de tabagismo; incapacidade de compreensão, realização adequada das manobras e falta de adaptação aos dispositivos de avaliação⁹.

Tamanho da amostra

Os participantes foram recrutados na comunidade e todos receberam informações sobre a pesquisa. O tamanho da amostra foi calculado com base em um estudo piloto com 10 indivíduos, baseado na média e desvio-padrão da P_{lmax} (G1: 125,60 ± 16,87; G2: 103,60 ± 17,50) por ser o principal desfecho do estudo e

foram necessários 17 pacientes por grupo. O cálculo amostral foi realizado através do programa GPower 3.1.9.2 e foi considerado um α de 0,05 e um $1-\beta$ de 0,95, cujo tamanho do efeito foi de 1,27.

Procedimentos

Foram avaliadas a massa corporal, a altura (W-300, WELMY®, Brasil) e circunferência abdominal (fita métrica) dos participantes. Em seguida, foi realizada espirometria e manovacuometria², com uso de clipe nasal e sem escape de ar. A ordem de utilização do manovacuômetro GlobalMed® MVD-300 e do PowerBreathe® KH2 foi randomizada no site www.randomization.com e transferida para envelopes individuais, opacos e selados por uma pessoa sem vínculo com a pesquisa. O teste e o reteste foram realizados pelo mesmo avaliador treinado, no mesmo horário, com intervalo de uma semana para evitar a recordação e manter a estabilidade clínica. Depois da manovacuometria digital ou eletrônica, foi usado o PowerBreathe® Breathe-Link. Considerou-se o relato de desconforto respiratório, dor muscular e/ou tontura para a suspensão do teste⁹.

A determinação da carga de TMI pelo método digital foi calculada a partir de 40% da P_Imax, uma vez que o PowerBreathe® Breathe-Link tem este parâmetro pré-determinado. Para a determinação da carga de TMI pelo método eletrônico, utilizou-se o software PowerBreathe® Breathe-Link 2.1.13a. Para isso, o PowerBreathe® KH2 foi conectado ao notebook do avaliador através de um cabo USB. Informações pessoais (nome completo, data de nascimento, peso, altura e sexo) do voluntário foram inseridas no programa de avaliação. Foi selecionado o modo *Train* e o voluntário, na posição sentada, com quadril e joelhos a 90°, com uso de clipe nasal, foi orientado a expirar o ar até o VR e realizar uma inspiração rápida e sustentada até a CPT, uma única vez, conforme o manual do fabricante.

Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada utilizando os testes de espirometria e manovacuometria para avaliar a função pulmonar e a P_Imax, respectivamente. Na espirometria, foi utilizado um espirômetro portátil (MicroMedical, Microloop, MK8, Rochester, Inglaterra), calibrado antes de cada sessão de avaliação, com uma

seringa de 3 litros (l). Foram analisados o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), a capacidade vital forçada (CVF) e o índice de Tiffeneau (VEF1/CVF), nos seus valores relativos, e o resultado foi comparado com a curva de normalidade para a população brasileira⁸. Os voluntários aguardaram cerca de 5 minutos para iniciar a manovacuometria randomizada.

GlobalMed® MVD-300: Foi utilizado o manovacuômetro digital GlobalMed® MVD-300® (GlobalMed, Brasil). Os voluntários receberam todas as instruções e realizaram cinco manobras para familiarização e aprendizado, sentados em uma cadeira confortável, com joelhos e quadril flexionados a 90°, cabeça em posição neutra e usando um clipe nasal. Para a mensuração da P_{lmax}, o participante foi orientado a inspirar rápida e profundamente do volume residual (VR) até a capacidade pulmonar total (CPT), através de um bocal de 5 centímetros (cm) com um pequeno orifício de 2 milímetros (mm) conectado a um adaptador inserido em um prolongamento de silicone de 60 centímetros (cm) plugado ao canal de P_{lmax} do equipamento. Foram considerados os três maiores valores de P_{lmax}, com diferença menor que 10% entre as medidas, expressas em cmH₂O, e o resultado foi comparado com os valores de normalidade para a população brasileira¹¹.

PowerBreathe® KH2: O equipamento eletrônico utilizado foi o PowerBreathe® KH2 (HabLatinAmerica International, Reino Unido). O dispositivo foi configurado com informações pessoais de altura, idade, peso e sexo. Na sequência, foi selecionado o modo MIP Test, para obtenção da P_{lmax}. De acordo com as normas de utilização do equipamento, o participante foi orientado a expirar até o VR e inspirar rápida e profundamente até a CPT, uma única vez, através de um bocal específico do aparelho, sem orifício de escape, conectado ao aparelho através de um adaptador. Foram aplicadas as recomendações de reprodutibilidade da ATS/ERS. Os valores foram expressos em cmH₂O.

PowerBreathe® Breathe-Link: O PowerBreathe® KH2 (HabLatinAmerica International, Reino Unido) foi conectado a um notebook através de um cabo USB para a avaliação da P_{lmax} através do software Breathe-Link, versão 2.1.13a. Após inserir informações pessoais (altura, idade, peso e sexo) do participante, foi selecionado o modo MIP Test, para obtenção da P_{lmax}. O participante recebeu orientações sobre o uso do software, foi posicionado em frente ao computador e orientado a inspirar rápida e profundamente do VR até a CPT, através de um bocal específico do aparelho, sem orifício de escape, conectado ao aparelho através de

um adaptador. O voluntário foi motivado a ultrapassar o limite superior da P_{lmax} a cada manobra, acompanhada em tempo real, através de gráficos interativos. Os valores da P_{lmax} foram obtidos em cmH₂O.

Análise estatística

A normalidade e homogeneidade dos dados foram avaliadas pelo teste Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. Para avaliar a reprodutibilidade intraobservador¹⁰, foram comparados os valores da P_{lmax} obtidos no teste e no reteste realizado uma semana após a primeira avaliação, pelo PowerBreathe® KH2 e pelo PowerBreathe® Breathe-Link, e a análise dos dados foi feita pelo coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e intervalo de confiança de 95% (IC95%).

Para avaliar a concordância entre o GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreathe® KH2, e o GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreathe® Breathe-Link, foi utilizado o método Bland-Altman, considerando uma diferença de médias ± 2 DP (Bland e Altman, 1986) e o IC95%. Foram empregados os programas estatísticos *Statistical Package for the Social Science* (SPSS, Chicago, Estados Unidos), versão 20.0 e SigmaPlot 13.0. Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão (DP) e IC95%. Um $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

RESULTADOS

Participaram da pesquisa 50 indivíduos, dos quais 14 foram excluídos por apresentarem alteração na prova de função pulmonar. A amostra final foi composta por 36 voluntários e apresentou distribuição normal para todas as variáveis. A Tabela 1 apresenta as características sociodemográficas e espirométricas dos participantes.

Tabela 1. Características sociodemográficas e espirométricas da amostra

Variáveis	Média \pm DP (IC95%)
Participantes (%mulher)	36 (61%)
Idade (anos)	24,89 \pm 3,01 (23,85-25,92)
IMC (kg/m ²)	22,93 \pm 1,48 (22,41-23,44)
VEF1 (%)	92,34 \pm 7,61 (89,73-94,96)
CVF (%)	92,09 \pm 7,25 (89,59-94,58)
VEF1/CVF (%)	98,91 \pm 7,34 (96,39-101,44)

DP: desvio-padrão; IC95%: intervalo de confiança; IMC: índice de massa corpórea; kg/m²: quilograma por quilo ao quadrado; %VEF1: percentual previsto do volume expiratório forçado no primeiro segundo; %CVF: percentual previsto da capacidade vital forçada; %VEF1/CVF: percentual previsto da relação entre VEF1/CVF

Reprodutibilidade

A Tabela 2 apresenta os dados de reprodutibilidade do GlobalMed® MVD-300, PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link. Todos os valores de CCI encontrados foram significativos e o PowerBreathe® KH2 apresentou a maior magnitude ($p=0,947$). Houve diferenças significativas entre os valores obtidos nos dois dias de teste pelo PowerBreathe® KH2 ($p=0,002$) e pelo software Breathe-Link ($p=0,015$).

Tabela 2. Pressão inspiratória máxima obtida pelo GlobalMed® MVD-300, PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link no teste de reprodutibilidade

Variáveis	Teste		Reteste		Intrateste	
	Média ± DP	IC95%	Média ± DP	IC95%	IC95%	CCI
MVD-300	117,89 ± 21,89	110,48; 125,30	121,11 ± 21,66	113,78; 128,44	-9,28; 2,84	0,797
KH2	110,03 ± 22,08	102,56; 117,50	115,28 ± 20,66	108,28; 122,27	-8,49; -2,00	0,947
Breathe-Link	111,02 ± 19,19	104,52; 117,52	115,97 ± 20,85	108,91; 123,03	-8,86; -1,03	0,909

DP: desvio-padrão; IC95%: intervalo de confiança; CCI: intervalo de confiança intraclasse; MVD-300: manovacuômetro digital; KH2: aparelho eletrônico; Breathe-Link: software do PowerBreathe®

Os valores de P_{lmax} obtidos pelo manovacuômetro GlobalMed® MVD-300 foram comparados aos valores mensurados pelo PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link da mesma sessão de avaliação. Os dados foram sumarizados na Tabela 3. Todos os valores foram de CCI foram aceitáveis e significativos ($\geq 0,78$), porém o PowerBreathe® KH2 demonstrou alta confiabilidade no reteste (CCI=0,97).

Tabela 3. Confiabilidade entre GlobalMed® MVD-300 e PowerBreathe® KH2 e Breathe-Link

Variáveis	Teste			Reteste		
	Média (EP)	IC95%	CCI	Média (EP)	IC95%	CCI
KH2	7,86 (2,62)	2,54; 13,17	0,85	5,83 (1,24)	3,30; 8,36	0,97
Breathe-Link	6,86 (2,93)	0,90; 12,81	0,78	5,13 (1,57)	1,94; 8,33	0,95

CCI: coeficiente de correlação intraclassa; EP (erro padrão), IC95% (intervalo de confiança) e CCI: coeficiente de correlação intraclassa calculados pelo teste t de Student para amostras dependentes

Concordância

Na análise de Bland-Altman, a disposição dos dados demonstra que grande parte da amostra está localizada entre os limites de concordância. Encontrou-se uma média das diferenças (viés) entre o manovacômetro GlobalMed MVD-300 e o PowerBreathe® KH2 (viés=5,83; IC95%= -8,82-20,49) (Figura 1), e o manovacômetro GlobalMed MVD-300 e o PowerBreathe® Breathe-Link (viés=5,14; IC95%= 13,37-23,65) (Figura 2). Foi observada uma superestimação da P_{max} pelo manovacômetro GlobalMed® MVD-300. De acordo com os resultados referentes ao PowerBreathe® KH2 e o PowerBreathe® Breathe-Link, houve concordância entre estes métodos (viés=-0,70; IC95%= -17,64-16,25) (Figura 3).

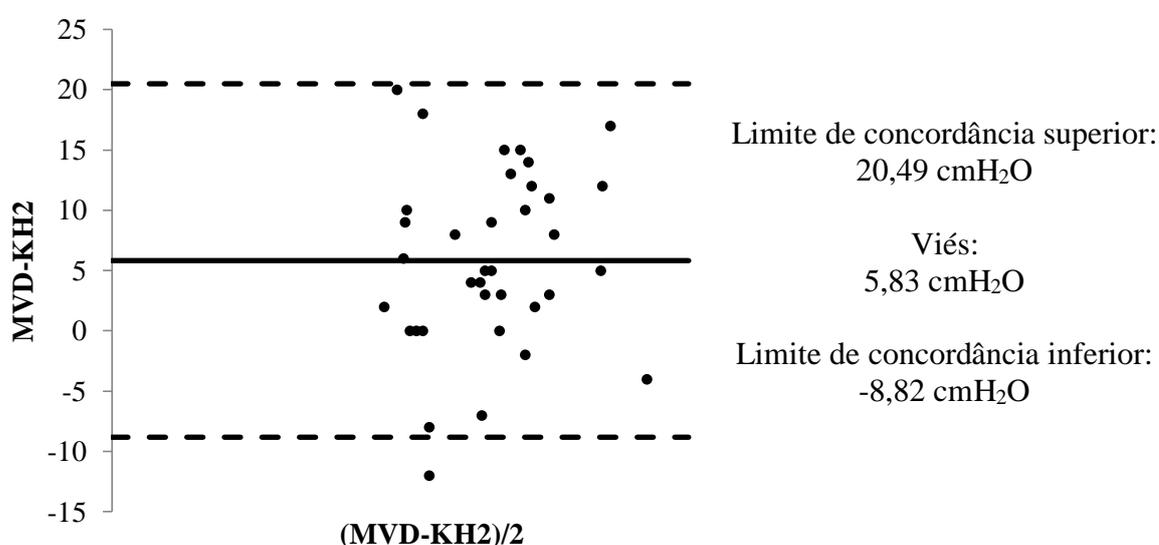


Figura 1. Representação gráfica da concordância entre o manovacômetro GlobalMed® MVD-300 e o aparelho eletrônico PowerBreathe® KH2

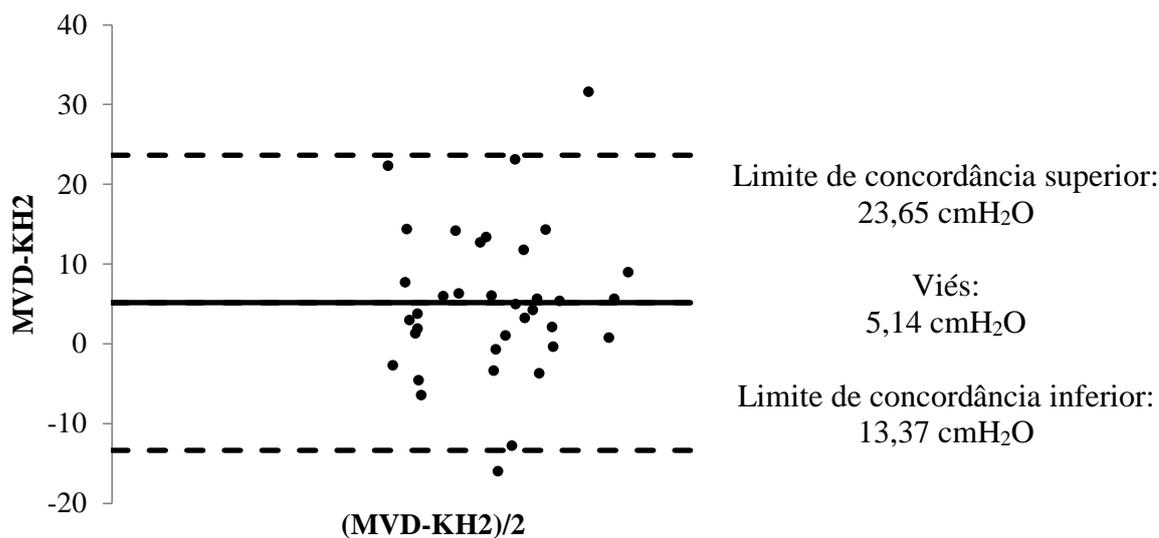


Figura 2. Representação gráfica da concordância entre o manovacuômetro GlobalMed® MVD-300 e o software PowerBreathe® Breathe-Link

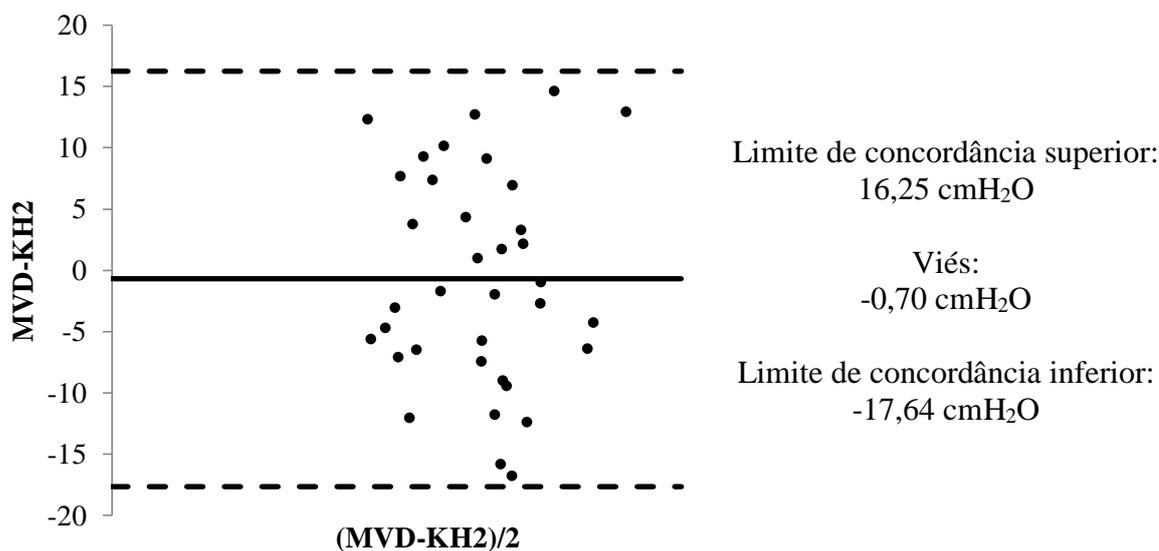


Figura 3. Representação gráfica da concordância entre o aparelho eletrônico PowerBreathe® KH2 e o software PowerBreathe® Breathe-Link

Concordância entre os métodos digital e eletrônico

Na comparação da determinação da carga pressórica usada no TMI, foi observada uma diferença de médias de 4,83 (IC95%=2,27 a 7,38; $p>0,01$) e CCI= 0,857. A média das cargas de TMI está apresentada na **Tabela 2**. Em comparação

com o método digital, a determinação da carga eletronicamente apresentou uma redução de 14%.

Tabela 2. Carga de treinamento muscular inspiratório pelos métodos digital e eletrônico

Métodos	Média \pm DP	IC95%
GlobalMed® MVD-300 (cmH ₂ O)	47,15 \pm 8,75	44,19-50,11
PowerBreathe® Breathe-Link (cmH ₂ O)	41,83 \pm 8,25	39,04-44,62

n: número de participantes; DP: desvio-padrão IC95%: intervalo de confiança; p-valor: teste *t* de Student para amostras independentes; Nível de significância: $p < 0,05$

Na representação gráfica pelo método Bland-Altman, representada na **Figura 4**, foi observado um viés de viés de 5,32 cmH₂O, um desvio-padrão de 7,87 cmH₂O, com limite de concordância de -10,10 a 20,74 cmH₂O.



Figura 4. Concordância entre as cargas de TMI mensuradas pelo GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreathe® Breathe-Link em adultos saudáveis

DISCUSSÃO

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a reprodutibilidade intraobservador do PowerBreathe® KH2 e do PowerBreathe® Breathe-Link, e a concordância entre o manovacômetro GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreathe®

KH2, GlobalMed® MVD-300 e PowerBreathe® Breathe-Link, e PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link para avaliação da P_{lmax} e determinação da carga de TMI em adultos jovens saudáveis. Os principais resultados foram: o PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link são reprodutíveis e não apresentaram concordância com o manovacuômetro GlobalMed® MVD-300 para avaliação da P_{lmax} em adultos jovens saudáveis.

Reprodutibilidade entre o MVD-300 e KH2

Em nosso estudo, o PowerBreathe® KH2 (CCI=0,947) e o PowerBreathe® Breathe-Link (CCI=0,909) apresentaram valores adequados de reprodutibilidade intraobservador para a avaliação da P_{lmax}. Lee et al⁶ examinaram a confiabilidade intraobservador do PowerBreathe® K5 para avaliação da pressão inspiratória máxima em 50 pacientes com acidente vascular cerebral (AVC), e observaram um CCI=0,986 e concordância entre as mensurações de P_{lmax} (viés= 1,5 cmH₂O; IC95%=-14,59 a -14,59 cmH₂O). Apesar da escassez de estudos publicados limitarem a discussão sobre a reprodutibilidade do PowerBreathe® KH2, todos os valores de reprodutibilidade foram superiores a 0,75¹⁰, refletindo uma reprodutibilidade de boa magnitude do PowerBreathe® KH2 e PowerBreathe® Breathe-Link.

Concordância entre o MVD-300 e KH2

Em nosso trabalho, não foi observada a concordância entre o manovacuômetro digital GlobalMed® MVD-300 e os dois métodos de uso do PowerBreathe® KH2. Langer et al⁶ validaram o PowerBreathe® KH1 em uma população de 35 indivíduos com DPOC de moderada a grave, utilizando o aparelho eletrônico e um pneumotacógrafo de interface externa. Foi observado um CCI=0,98 (p<0,001) e um viés de 0,78 cmH₂O (IC95% -1,79 a 3,35 cmH₂O) para a pressão inspiratória média. Os autores concluíram que o PowerBreathe® KH1 fornece estimativas válidas, processadas eletronicamente, das propriedades físicas da musculatura respiratória, porém, não utilizaram o manovacuômetro GlobalMed® MVD-300 em seu estudo, o que pode limitar a interpretação de seus resultados.

Em relação à análise de Bland-Altman, observamos uma superestimação dos valores de P_{lmax} quando avaliados pelo manovacuômetro digital MVD-300.

Severino et al¹² compararam o manovacuômetro GlobalMed® MVD-300 e o MicroRPM® para avaliação da pressão inspiratória nasal em 18 indivíduos saudáveis, e observaram um viés de 7 cmH₂O, limites de concordância entre 57,20 e 71,57 cmH₂O entre os instrumentos.

A diferença entre os bocais dos dispositivos também pode ter influenciado os nossos achados. Enquanto o bucal do GlobalMed® MVD-300 tem um orifício de 2 mm de diâmetro, com o objetivo de prevenir que a pressão gerada pelos músculos faciais comprometam as mensurações¹³ (Evans e Whitelaw, 2009), o bucal específico do PowerBreathe® KH2 é totalmente fechado. A presença e o tamanho do orifício de escape foram estudados em 70 pacientes com doença respiratória, sendo recomendada para prevenir o fechamento da glote durante a mensuração da P_Imax¹⁴. As diretrizes da ATS/ERS² recomendam o uso do orifício de escape e cautela na interpretação das possíveis diferenças entre os valores obtidos com as diferentes dimensões de escape.

O GlobalMed® MVD-300 apresenta uma incerteza de 1,8 cmH₂O e a acurácia do PowerBreathe® KH2 para avaliação da P_Imax tem uma variação de $\pm 3\%$ (PowerBreathe International Ltd). Apesar da divergência entre os resultados de concordância, ela não parece estar relacionada apenas às especificações técnicas dos aparelhos, pois são equipamentos com certificação de calibração atualizada.

Outro fator que pode ter contribuído para a discordância entre os aparelhos foi a resistência à expiração, referenciada por uma parcela dos participantes durante o uso do PowerBreathe® KH2 (sem software). Sabe-se que as pressões respiratórias não dependem exclusivamente da força gerada pela musculatura ventilatória, mas também do volume pulmonar e pressão de retração elástica do sistema respiratório¹. Esses mecanismos podem justificar, inclusive, as médias de P_Imax obtidas pelo PowerBreathe® KH2 terem sido inferiores aos valores mensurados pelo GlobalMed® MVD-300, no teste e reteste.

Em condições fisiológicas, a pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório é nula em nível de capacidade residual funcional (CRF). Dessa maneira, as pressões respiratórias mensuradas pela boca representam bem a força muscular respiratória. No entanto, o teste de P_Imax é usualmente realizado a partir do VR, no qual a pressão de recolhimento elástico está mais negativa, o que contribui para o aumento dessa medida durante a manobra sustentada¹⁵.

Mecanicamente, a discordância entre o manovacúmetro GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreathe® KH2 e Breathe-Link é justificada pela equação que estima a variação de pressão de boca, interpolada pela pressão máxima de boca em dado volume pulmonar, volume, capacidade vital do usuário³. O manovacúmetro MVD-300 é um dispositivo digital transdutor de pressão O₂, conectado a um sistema com duas válvulas unidirecionais, uma inspiratória e outra expiratória. Assim, o emprego de diferentes parâmetros de definição de pressões máximas pode levar a interpretações equivocadas acerca da força muscular respiratória dos sujeitos avaliados.

O PowerBreathe® KH2 e Breathe-Link é influenciado pelo volume pulmonar³. Fisiologicamente, é preferível estimar a P_{lmax} através de um sensor de fluxo que, matematicamente, avalia a pressão, ao invés de avaliar a pressão sem considerar as mudanças de volume pulmonar. Entre pacientes considerados saudáveis do ponto de vista pneumofuncional, não esperávamos que houvesse esse tipo de diferença em relação aos comportamentos serem pressóricos ou a fluxo. No entanto, o GlobalMed® MVD-300 tem sensibilidade pressórica, e o PowerBreathe® KH2 e o Breathe-Link, é influenciado pela variação de fluxo e volume. Por esse raciocínio, uma resposta não concordante entre os instrumentos pode ser justificada.

O cálculo das correlações da P_{lmax} avaliada pelo manovacúmetro digital e eletrônico evidenciou que esses aparelhos têm forte correlação entre si. Por derivarem de uma mesma curva pressórica, é plausível a correlação encontrada entre a P_{lmax} calculada entre os diferentes dispositivos. Entretanto, embora fortemente correlacionados, o viés pode ser clinicamente importante e influenciar a caracterização da força muscular inspiratória dos sujeitos avaliados.

Adicionalmente, a condição esforço-dependente da manovacumetria pode ter colaborado para o surgimento de valores discrepantes, elevando o DP e os limites de concordância.

Carga de treinamento muscular

Atualmente, a carga e o protocolo de TMI podem ser estabelecidos com o emprego de diferentes métodos não invasivos (Göhl et al, 2016) de análise de pressão e fluxo inspiratórios. Cada técnica apresenta particularidades específicas, ocasionando vantagens e limitações para sua utilização. O uso de instrumentos de

avaliação estática da P_Imax e a carga pressórica linear são os métodos mais utilizados para a determinação da força muscular inspiratória e, conseqüentemente, da carga de TMI. Este método, no entanto, apresenta limitações em razão do risco do término precoce do esforço inspiratório (Charususin et al, 2013).

Com base no comportamento dos músculos inspiratórios, novas formas de determinação de carga e de TMI foram desenvolvidos (Langer et al, 2013). O emprego de cargas de TMI eletronicamente controladas pela variação de fluxo e volume do ciclo respiratório amplia a possibilidade de recursos fisioterapêuticos no manejo de disfunções musculares inspiratórias, levando em consideração a otimização da sustentação de carga (Charususin et al, 2013). No entanto, essa modalidade de TMI é relativamente nova e requer maiores investigações e apresenta algumas limitações com relação ao seu custo.

A discordância entre o manovacuômetro GlobalMed® MVD-300 e o PowerBreather® KH2 pode ser justificada pelo mecanismo de processamento das variáveis respiratórias determinantes da carga de TMI (pressão *versus* fluxo e volume), o tipo de recrutamento muscular inspiratório (estático ou quase isométrico *versus* dinâmico) em cada aparelho, variabilidade biológica dos participantes e o caráter esforço-dependente das avaliações.

De acordo com a Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício, a carga de treinamento muscular periférico é calculada com base na quantidade máxima de um peso fixo que pode ser levantada em uma sequência de repetições máximas, de forma que o indivíduo realiza um aquecimento geral, seguido de uma série de 8 repetições a, aproximadamente, 50% da RM estimada, seguida por outra série de 3 repetições a 70% da RM estimada (Brown et al., 2011). De maneira similar, a carga de TMI é quantificada a partir do maior valor reprodutível (ATS/ERS) da P_Imax avaliada pela manovacuemtria.

O PowerBreathe® KH2 é um dispositivo de avaliação e de TMI que contém um conjunto de válvulas de orifício variável. Um sensor de pressão determina um diferencial pressórico através do conjunto de válvulas. Embora a resistência possa variar de uma sessão para a outra, o dispositivo apresenta uma carga constante pré-selecionada para a inspiração, de acordo com um algoritmo específico controlado eletronicamente (Spurling et al, 2011).

No aparelho eletrônico, a carga inspiratória é calculada durante as cinco primeiras inspirações máximas. Na primeira inspiração, o conjunto de válvulas

mantém uma baixa pressão constante. Durante esta inspiração, a capacidade vital do usuário e o fluxo inspiratório máximo são determinados. Após a expiração, o usuário executa uma segunda inspiração máxima, durante a qual o dispositivo implementa uma carga que varia com o volume de ar inalado e em conformidade com o perfil de carga ideal, mas a uma proporção reduzida da carga ideal. Na terceira inspiração máxima, o dispositivo programa a carga. A partir desse nível, é iniciada a sessão de treinamento. Alternativamente, a magnitude da carga de deterioração pode ser alterada manualmente durante o curso de um número de respirações, a fim de selecionar uma carga que é mais adequada para o utilizador (Spurling et al, 2011).

Aplicabilidade clínica

O PowerBreathe® KH2 e Breathe-Link proveem as desvantagens conhecidas dos dispositivos, por ter carga dinâmica, que varia de acordo com a capacidade dos músculos inspiratórios em diferentes volumes pulmonares (Spurling et al, 2011). Como o presente estudo foi realizado com indivíduos saudáveis, é possível que os parâmetros de definição de pressão inspiratória máxima possam influenciar o diagnóstico e classificação da disfunção muscular inspiratória em indivíduos com comprometimento dessa musculatura. Dessa maneira, o diagnóstico de fraqueza muscular inspiratória vai depender das equações de referência.

O método eletrônico de determinação de carga e os benefícios dessa nova modalidade de TMI têm sido introduzidos na prática clínica e pesquisa científica (Charususin et al, 2013). Langer et al (2015) compararam o TMI através de um dispositivo Threshold® e um eletrônico PowerBreathe® KH1 em pacientes com DPOC e observaram resultados favoráveis ao digital ($p=0,02$). Porém, não existem evidências se a carga inspiratória fixa ou eletronicamente variável promove melhores resultados na realização de um protocolo de TMI. Sugerimos que ensaios clínicos controlados e randomizados sejam realizados para dar mais subsídios para a escolha do método mais adequado para o treinamento de força e resistência dos músculos inspiratórios.

No TMI realizado contra uma resistência fixa, a contração quase isométrica da musculatura inspiratória produz força sem grandes amplitudes de movimento, embora uma quantidade mensurável de tensão e força seja produzida pelo músculo.

Contrações isométricas repetitivas (duas séries de 30 repetições por dia), sustentadas contra uma resistência, melhoram a força isométrica (Göhl et al, 2016), sendo um meio viável para melhorar a força muscular. Nesta modalidade, os músculos inspiratórios contraem-se ao máximo em um ponto específico da amplitude da manobra inspiratória, igualando o torque máximo da resistência à produção máxima de torque do músculo, o que a representa uma desvantagem inerente à continuidade do exercício e requer ajustes posturais para compensar nas amplitudes em que a carga máxima é aplicada (Kisner et al, 2009).

Essa desvantagem é minimizada no método de TMI com resistência variável, pois, por ser tratar de um exercício dinâmico, ocorre uma compensação da limitação primária do método anterior. O equipamento, especialmente projetado para controlar eletronicamente a carga imposta aos músculos inspiratórios, impõe níveis variados de resistência aos músculos em contração para que estes sejam resistidos de modo mais efetivo em múltiplos pontos da manobra. Contudo, a efetividade com que esses aparelhos variam a resistência para igualar as curvas de torque é questionável (Kisner et al, 2009).

Diante disso, sugere-se que novos estudos sejam realizados com o objetivo comparar a eficácia dessa nova modalidade de TMI nas mais diversas populações. Dessa maneira, será possível estabelecer um protocolo clínico eficiente para tratar a disfunção muscular inspiratória.

Limitações

A avaliação intraobservador e a falta de randomização para escolher o método de determinação da carga de TMI podem representar possíveis limitações

Conclusão

Em adultos jovens saudáveis, o PowerBreathe® KH2 e o PowerBreathe® Breathe-Link apresentaram reprodutibilidade adequada e não foi observada concordância entre o manovacuômetro GlobalMed MVD-300 e o PowerBreathe® KH2 e o software PowerBreathe® Breathe-Link, e o viés pode ser clinicamente importante. Portanto, não podemos considerar que um aparelho pode substituir o outro para avaliação da pressão inspiratória máxima e determinação da carga de

treinamento muscular inspiratório. No entanto, sugere-se a introdução do PowerBreathe® KH2 na prática clínica e na pesquisa científica como exame complementar da função respiratória.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

1. Caruso, P. et al Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *J Bras Pneumol*, v. 41, n. 2, p. 110-23, 2015;
2. American Thoracic Society / European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(4):518-624.
3. Spurling, D. A. et al Respiratory muscle training device. US Pat. 0124470, 26 mai. 2011. 13p.
4. Powerbreathe International Ltd. POWERbreathe® K-Series: User Manual English. United Kingdom: 44 p.
5. Langer, D. et al Measurement validity of an electronic inspiratory loading device during a loaded breathing task in patients with COPD. *Respir Med*, v. 107, n. 4, p. 633-5, 2013;
6. Lee, K. B. et al Reliability of an Electronic Inspiratory Loading Device for Assessing Pulmonary Function in Post-Stroke Patients. *Med Sci Mon*, v. 22, p. 191-196, 2016;
7. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. Diretrizes Brasileiras de Obesidade. 3ª ed. Itapevi, SP: AC Farmacêutica, 2009.
8. Pereira, C. A. C.; SATO, T.; Rodrigues, S. C. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol*, v. 33, n. 4, p. 397-406, 2007.
9. Pessoa, I. M. B. S et al Test-retest reliability and concurrent validity of a digital manovacuometer. *Fisioter Pesq*. 2014;21(3):236-242.
10. Portney, L. G.; Watkins, M. P. Foundations of Clinical Research: Applications to Practice. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall; 2009.
11. Pessoa, I. M. B. S et al Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Braz J Phys Ther*. 2014;18(5):410-418.

12. Severino, F. G. et al Comparison between a national and a foreign manovacuometer for nasal inspiratory pressure measurement. *Rev Bras Fisioter*, v. 14, n. 5, p. 426-431, 2010.

13. Evans, J. A.; Whitelaw, W. A. The Assessment of Maximal Respiratory Mouth Pressures in Adults. *Resp Care*, v. 54. n. 10, p.1348-1359, 2009.

14. Mayos, M. et al Measurement of maximal static respiratory pressures at the mouth with different air leaks. *Chest*, v. 10, p. 364-366, 1991;

15. West, J. B. *Fisiologia respiratória: princípios básicos*. 9ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 232 p.

American Thoracic Society / European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med**. 2002;166(4):518-624;

Charususin, N.; Gosselink, R.; Decramer, M; McConnell, A.; Saey. D.; Maltais, F.; Derom, E.; Vermeersch, S.; VanHelvoort, H.; Heijdra, Y.; Klaassen, M.; Glockl, R.; Kenn, K.; Langer, D. Inspiratory muscle training protocol for patients with chronic obstructive pulmonary disease (IMTCO study): A multicentre randomised controlled trial. **BMJ Open**, 2013, v. 3, n. 8;

Göhl, O.; Walker, D. J.; Walterspacher, S.; Langer, D.; Spengler, C. M.; Wanke, T.; Petrovic, M., Zwick, R. H., Stieglitz, S, Glöckl, R, Dellweg D.; Kabitz, H. J. Respiratory muscle training: state of the art. *Pneum*. 2016; v. 70, p. 37-48;

Hirakata, V. N.; Camey, S. A. Bland-Altman analysis of agreement between methods. **Rev HCPA**. 2009; v. 29, n. 3;

Kisner, C.; Colby, L. A. **Exercícios terapêuticos**. 5 ed. Barueri: Manole, 2009;

Langer, D. et al. Measurement validity of an electronic inspiratory loading device during a loaded breathing task in patients with COPD. **Respir Med**, v. 107, n. 4, p. 633-5, 2013;

Larson, J. L.; Kim, M. J.; Sharp, J. T.; Larson, D. A. Inspiratory muscle training with pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Am Rev Respir Dis**. 1988; 138:689-696;

Pereira, C. A. C.; Sato, T.; Rodrigues, S. C. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. **J Bras Pneumol**, v. 33, n. 4, p. 397-406, 2007.

Powerbreathe International Ltd. PowerBreathe® K-Series: User Manual English. United Kingdom: 44 p;

Spurling, D. A. et al. Respiratory muscle training device. **US Pat**. 0124470, 26 mai. 2011. 13p.

APÊNDICE B - Artigo 2

A função cardíaca pode influenciar a pressão inspiratória máxima e modificar a carga de treinamento muscular inspiratório na insuficiência cardíaca?

Filipe Pinheiro¹, Jéssica Leite¹, Rafael Maia², Inês Remígio², Rodrigo Moreno³, Daniella Cunha Brandão¹, Shirley Lima Campos¹, Armèle Dornelas de Andrade¹

¹Laboratório de Fisiologia e Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil;

²Hospital das Clínicas, Departamento de Cardiologia, Recife, PE, Brasil;

³Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira, Departamento de Cardiologia, Recife, PE, Brasil.

Correspondência do autor:

Armèle Dornelas de Andrade

armeledornelas@yahoo.com

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Fisioterapia

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n, Cidade Universitária

CEP: 50740-560, Recife, PE, Brasil

Fontes de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE (IBPG-1045-4.08/13), e Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior - CAPES.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a influência da função cardíaca na prescrição da carga de TMI em indivíduos com IC. **Métodos e resultados:** Estudo transversal que avaliou indivíduos de ambos os sexos com IC através da ecocardiografia, espirometria, manovacuometria e ergoespirometria. Os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão, coeficiente de correlação de Pearson e regressão linear multivariada, com $p < 0,05$. Foram avaliados 37 indivíduos. O SLG apresentou correlação com a carga de TMI calculada pelos métodos convencional ($r=0,367$;

$p=0,030$) e eletrônico ($r=0,397$; $p=0,018$) e, o VO_{2max} , com a carga de TMI calculada pelo método convencional ($r=0,395$; $p=0,015$). Na análise de regressão, o SLG e o VO_{2max} apresentaram influência estatisticamente significativa sobre pressão inspiratória máxima. **Conclusão:** O strain longitudinal global e o consumo máximo de oxigênio podem ser úteis para determinar a pressão inspiratória máxima e orientar os protocolos de treinamento muscular inspiratório em pacientes com insuficiência cardíaca.

Palavras-chave: ecocardiografia; teste de esforço; músculos respiratórios; insuficiência cardíaca.

Introdução

Os mecanismos fisiopatológicos da insuficiência cardíaca (IC) estão associados às disfunções dos músculos inspiratórios. A atrofia muscular diafragmática, a mudança da distribuição tipo de fibra e a perda de proteínas contráteis são apontadas como justificativas para a perda de força muscular inspiratória (YAMADA et. al., 2016; VAN HEES et al, 2010; VAN HEES et al, 2008; VAN HEES et al, 2007). Nessas condições, o treinamento muscular inspiratório (TMI) é utilizado como uma estratégia de tratamento fisioterapêutica que apresenta benefícios adicionais ao protocolo convencional de reabilitação cardiopulmonar.

Embora seja preconizado que um programa de TMI melhora a PI_{max} , não existe um consenso sobre a carga que deve ser utilizada para obtenção seus efeitos, ainda que, na maioria dos pacientes com disfunção muscular inspiratória, o treinamento específico desta musculatura é iniciado com carga a partir de 30% da PI_{max} . Entretanto, com o avanço tecnológico, equipamentos eletrônicos utilizam um método alternativo e automatizado para a prescrição da carga de TMI no início de cada sessão de exercícios inspiratórios.

Através dessa nova modalidade, a determinação automática da carga é iniciada durante as duas primeiras respirações para a calibração do dispositivo e os níveis de intensidade variam de 40 a 80% da PI_{max} . O terceiro e o quarto ciclos respiratórios calculam os parâmetros de treinamento e configuram uma carga variável ideal, não sendo possível aumentá-la ou diminuí-la depois da quinta respiração. Todas as manobras respiratórias dependem da força máxima e da

retroalimentação do aparelho pelo esforço e fluxo inspiratórios desenvolvidos pelo usuário (PowerBreathe International Ltd). Esse método, além de ser mais fisiológico e confortável (Charususin et al, 2013), apresenta-se como uma nova estratégia para quantificar a carga de TMI.

Considerando a estreita relação entre os sistemas cardiovascular e respiratório e a correlação entre a função cardíaca e o déficit da função respiratória, hipotetizamos que as variáveis clínicas que avaliam o comprometimento cardíaco são parâmetros que devem ser considerados para a prescrição da carga de TMI. Sob essa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição da função cardíaca na predição da carga de TMI determinada pelo manovacuômetro digital e pelo dispositivo eletrônico PowerBreathe® KH2 em indivíduos com IC.

Metodologia

Considerações éticas

O estudo foi iniciado após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) sob o número CAAE: 39797414.2.0000.520 e registrado no Clinical Trials sob o protocolo NCT NCT02763982. O estudo obedeceu às diretrizes de pesquisas envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Os indivíduos que preencheram todos os critérios de inclusão foram informados sobre os objetivos do estudo e a não obrigatoriedade de participar do mesmo. No aceite da participação, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), seguindo os princípios da beneficência, autonomia e justiça, e respeitando a vontade do indivíduo, segundo a Declaração de Helsinque.

Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo de corte transversal, conduzido no Laboratório de Fisiologia e Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP), localizado no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (DEFISIO/UFPE). Os participantes foram classificados em três grupos, considerando a fração de ejeção

do ventrículo esquerdo (FEVE), de acordo com a classificação da *American College of Cardiology* (2015): G1 (FEVE \geq 50%); G2 (FEVE = 30-49%); e G3 (FEVE < 30%). Foram incluídos indivíduos com diagnóstico de insuficiência cardíaca sob suas diversas formas etiológicas; de ambos os sexos; na faixa etária de 18 a 65 anos; estáveis hemodinamicamente (PAS \leq 140 mmHg; PAD \leq 90 mmHg; FC = 90 bpm); otimizados medicamentosamente; auto referidos sedentários; assistidos em instituições de referência no manejo dessa afecção pelo Sistema Único de Saúde, no Estado de Pernambuco, oriundos do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP) e Pronto-Socorro Cardiológico de Pernambuco (PROCAPE).

Foram excluídos indivíduos com angina instável; infarto agudo do miocárdio ou cirurgia prévia até três meses antes do início da pesquisa; alterações osteomioarticulares, doenças respiratórias ou metabólicas crônicas; tratamento com esteroides, hormônios ou quimioterapia; gestação; tabagistas e ex-fumantes ativos ou passivos; incapacidade de atender aos comandos verbais do avaliador ou inadaptação aos dispositivos de avaliação.

Tamanho da amostra

O recrutamento da amostra foi iniciado após o levantamento de dados nos bancos de informações dos centros de referência coparticipantes desta pesquisa, durante o período de junho de 2015 a abril de 2016. Os pacientes potencialmente elegíveis foram abordados pelo pesquisador no dia da consulta ambulatorial e receberam informações sobre a natureza da pesquisa. O tamanho da amostra foi calculado com base em um estudo piloto com 5 (cinco) pacientes em cada um dos três grupos. O cálculo amostral foi realizado através do programa GPower 3.1.9.2. Para a definição do tamanho da amostra, foi escolhido o percentual predito da pressão inspiratória máxima (%PI_{max}), por ser o principal desfecho do estudo e este foi baseado na média e desvio-padrão dos grupos (G1: 117,60 \pm 13,44; G2: 99,80 \pm 3,89; G3: 76,80 \pm 4,86), sendo necessários 8 pacientes por grupo. Foi considerado um α de 0,05 e um β -1 de 0,90, cujo tamanho do efeito foi de 1,79.

Procedimentos

O diagnóstico de IC foi confirmado através do exame de ecocardiografia e a FEVE foi calculada pelo método Teicholz (Barbosa et al, 2009). Para garantir a padronização, todas as ecocardiografias foram realizadas por um único ecocardiografista. As imagens foram obtidas em repouso, usando um sistema de ultrassom Vivid-I (GE Medical Systems, Horten, Noruega) e um transdutor de 4 MHz. O paciente assumia a posição de decúbito lateral esquerdo, com o braço esquerdo situado acima da altura do ombro (Lang et al, 2005). Para avaliar parâmetros específicos em relação ao ciclo cardíaco, uma monitorização cardíaca contínua com ECG de três derivações foi instalada.

Para análise da técnica de SLG, foi utilizado um software de análise de ecocardiograma (Eco-Pac, GE Medical Systems, Horten, Noruega, versão 7.0.0), após todas as imagens e vídeos serem capturados na realização do ecocardiograma transtorácico convencional. Foram analisadas as imagens nos cortes longitudinais de quatro, três e duas câmaras. O endocárdio foi traçado manualmente a partir do septo para anéis mitral lateral. Uma região de interesse foi aplicada automaticamente pelo software e, se necessário foi ajustada manualmente para assegurar a inclusão de toda a espessura do miocárdio, excluindo-se o pericárdio. O programa de análise de ecocardiograma realizou as análises. Foram excluídos os pacientes nos quais mais do que dois segmentos foram considerados como tendo a qualidade do rastreamento insuficiente pelo software (Kim et al, 2007). Dessa forma, foram obtidos os resultados do strain médio de cada corte analisado, bem como analisado o mapa polar do coração com 17 segmentos.

Todos os sinais vitais foram mensurados com o paciente sentado, braços em repouso no colo e em silêncio. A FC foi avaliada através de um frequencímetro (FT1, Polar) e, a SpO₂, por um oxímetro de pulso digital (PM-50, Mindray). A FR foi avaliada durante um minuto através da observação e contagem do número de incursões respiratórias.

A avaliação antropométrica foi realizada por meio da medida da massa corporal e da altura do participante (Welmy, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil). Na sequência, foram aplicados os questionários de percepção da CF (Duck Activity Status Index) e QV (Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire), traduzidos e validados para a língua portuguesa (Carvalho et al, 2009).

A espirometria foi realizada através do espirômetro portátil (MicroLoop, Cardinal Health, Reino Unido), seguindo o protocolo técnico e os critérios de

reprodutibilidade da ATS/ERS, através do qual foram obtidos os valores de volume forçado no primeiro segundo (VEF1), capacidade vital forçada (CVF) e índice de Tiffeneau (VEF1/CVF) nos seus valores absolutos e relativos (Costa et al, 2010).

Após 5 minutos de repouso, para a avaliação da força muscular inspiratória, foi mensurada a P_{lmax}, utilizando-se um manovacuômetro digital (MD-300, GlobalMed, Brasil). O voluntário foi orientado a realizar uma inspiração máxima sustentada, a partir do volume residual (VR). As manobras foram realizadas de acordo com recomendações da American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS). Foi considerado o melhor valor obtido de até 10 manobras, com variação de até no máximo 10% entre elas.

Após 10 minutos de repouso, a força e a resistência muscular inspiratória foram avaliadas através do PowerBreathe® KH2, adotando as mesmas normas de reprodutibilidade utilizadas no equipamento anterior. Depois de pausa de 10 minutos, foi feita uma nova avaliação da musculatura inspiratória através do software PowerBreathe® Breath-Link 2.1.13a (PowerBreathe® Holdings Ltd).

A carga de TMI foi calculada por dois métodos: (1) digital, a partir de 40% da P_{lmax} obtida na manovacuetria; (2) eletrônico, utilizando a ferramenta de ajuste de carga fornecida PowerBreathe® KH2, que automática e dinamicamente reconhece a carga de TMI a partir dos dados de fluxo e volume inspiratórios gerados numa sessão de exercícios respiratórios. O valor de 40% da P_{lmax} foi utilizado para o cálculo da carga de TMI pela manovacuetria convencional para padronizar com a avaliação eletrônica do PowerBreathe® Breathe-Link.

Foi realizada a ergoespirometria de esforço máximo, sintoma-limitante, e foi utilizado o protocolo de rampa (Silva et al, 2003) em esteira (Centurium 300, Micromed, Brasil) através do software ErgoPC Elite® associado ao eletrocardiograma (Micromed, Brasil) com 12 canais. As variáveis respiratórias como o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), consumo máximo de oxigênio para o primeiro limiar anaeróbico (L1VO_{2max}), tempo transcorrido para atingir o VO_{2max} (TVO_{2max}), equivalente ventilatório de gás carbônico (V_E/V_{CO2}), equivalente ventilatório para o dióxido de carbono (V_E/V_{CO2}) e equivalente ventilatório de gás carbônico no primeiro limiar anaeróbico (L1V_E/V_{CO2}), foram obtidas em condições padrão de temperatura, pressão e umidade (STPD), respiração-por-respiração, estando o paciente respirando em uma máscara facial sem vazamentos acoplada a analisador de gases (Cortex Metalyzer II, Alemanha) durante o exercício. Para assegurar que os

pacientes atingiram o esforço máximo durante o exame, foram considerados os exames em que os pacientes obtiveram uma razão de troca respiratória (R) $\geq 1,1$ (MYERS et al, 2008). Todo o exame foi conduzido e supervisionado pela mesma médica cardiologista.

Análise estatística

A análise estatística foi realizada através do SPSS versão 20.0. A normalidade e a homogeneidade dos dados foram avaliadas pelos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente, e os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão. Calculou-se a correlação (Pearson, Spearman e Kendall) das variáveis independentes (FEVE, SLG e VO2max) entre si e, destas, com a resposta mensurada (PI_{max}). No sistema *stepwise backward*, foram excluídas as variáveis independentes sem significância estatística ($p > 0,05$), observando-se a capacidade de determinação (r^2) do modelo. Depois da definição do poder explicativo de cada modelo, eles foram verificados para cada um dos seus efeitos quadráticos e as suas possíveis influência mútua. Medidas de correlação entre a FEVE, o SLG e o VO2max e a carga de TMI foram feitas pelo coeficiente de Pearson para variáveis com distribuição normal e Spearman para distribuição não normal. Para todos os testes, o nível de significância estatística definido foi $p < 0,05$.

Resultados

Trinta e sete participantes aceitaram participar da pesquisa. Todas as variáveis analisadas tiveram distribuição normal. As características antropométricas, clínicas, espirométricas, ecocardiográficas e ergoespirométricas dos participantes estão sumarizadas nas **Tabelas 1 e 2**. Os resultados da **Tabela 1** mostram que o grupo estudado se encontrava na quarta década de vida e apresentou IMC classificado como pré-obesidade (Godoy-Matos et al, 2009) e redução dos valores relativos do VEF1 e do CVF.

Tabela 1. Dados antropométricos, clínicos e espirométricos da amostra

Variáveis	Média \pm DP	IC95%
-----------	----------------	-------

n (%homem)	37 (57%)	-
Idade (anos)	47,32 ± 12,24	43,24 - 51,41
IMC (kg/m ²)	29,40 ± 5,30	27,64 - 31,17
FC (bpm)	75,57 ± 13,27	71,14 - 79,99
FR (rpm)	20,08 ± 4,65	18,53 - 21,63
PAS (mmHg)	125,41 ± 19,09	119,04 - 131,77
PAD (mmHg)	83,03 ± 10,70	79,46 - 86,60
SatO ₂ (%)	97,03 ± 1,46	96,54 - 97,51
%VEF1	67,51 ± 17,82	61,57 - 73,46
%CVF	66,89 ± 16,11	61,52 - 72,27
%VEF1/CVF	101,03 ± 9,69	97,79 - 104,26

n: número de participantes; DP: desvio-padrão; IC: intervalo de confiança; kg: quilograma; m: metro; IMC: índice de massa corpórea; kg/m²: quilograma por metro ao quadrado; FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; mmHg: milímetro de mercúrio; SpO₂: saturação periférica de oxigênio; VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo; %VEF1: percentual predito do volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; %CVF: percentual predito da capacidade vital forçada; VEF1/CVF: índice de Tiffeneau; %VEF1/CVF: percentual predito do índice de Tiffeneau

Os dados da **Tabela 2** mostram que a amostra é composta por pacientes com FEVE reduzida, com cardiomegalia associada. De acordo com o VO₂max atingido durante o exercício, a população do estudo foi classificada como classe B (Pereira et al, 2012).

Tabela 2. Dados ecocardiográficos e ergoespirométricos da amostra

Variáveis	Média ± DP	IC95%
n (%homem)	37 (57%)	-
FEVE (%)	31,89 ± 11,37	28,10 - 35,68
DDVE (mm)	6,84 ± 1,05	6,49 - 7,19
DSVE (mm)	5,85 ± 1,26	5,43 - 6,27
VDVE (ml)	247,97 ± 88,09	218,60 - 277,34

VSVE (ml)	180,19 ± 85,47	151,69 - 209,69
SLG	-7,75 ± 4,04	-9,14 - -6,36
VO2max	19,37 ± 8,23	16,62 - 22,11
TVO2max	435,13 ± 166,91	379,48 - 490,78
VO2maxLV1	15,78 ± 4,82	14,17 - 17,39
TLV1 (s)	310,65 ± 101,53	276,80 - 344,50
VE/VCO2slope	39,19 ± 8,73	36,28 - 42,11
VE/VCO2LV1	34,71 ± 7,05	32,36 - 37,06
T½ (s)	162,76 ± 42,73	148,51 - 177,00
Potência	3,06 ± 2,04	2,37 - 3,74

n: número de participantes; DP: desvio-padrão; IC: intervalo de confiança; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; DDVE: diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo; DSVE: diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo; VDVE: volume diastólico do ventrículo esquerdo; VSVE: volume do sistólico do ventrículo esquerdo; SLG: strain longitudinal global; VO2máx: consumo máximo de oxigênio; TVO2máx: tempo para alcançar o máximo de consumo de oxigênio; VO2máxLV1: consumo máximo de oxigênio no primeiro limiar anaeróbico; TLV1: tempo para alcançar o primeiro limiar anaeróbico; s: segundo; VE/VCO2slope: relação entre o volume minuto a o volume de gás carbônico eliminado no primeiro limiar ventilatório; VE/VCO2LV1: relação entre o volume minuto a o volume de gás carbônico eliminado no primeiro limiar anaeróbico; T½ : tempo após o exercício em que o VO2máx reduz em 50%; Potência: produto do VO2máx pela pressão arterial sistólica

Na **Tabela 3**, foram apresentados os resultados da avaliação da força muscular inspiratória pelo manovacuômetro digital e eletrônico. Foi observado que 27% da amostra apresentou disfunção muscular inspiratória (Ribeiro et al, 2012).

Tabela 3. Função muscular inspiratória e carga de treinamento muscular inspiratório da amostra

Variáveis	Média ± DP	IC95%
n (%homem)	37 (57%)	-
MVD-300		
Plmax (cmH ₂ O)	87,27 ± 25,90	78,63 - 95,91

%P _I max)	93,65 ± 20,77	86,73 - 100,58
Snip (cmH ₂ O)	83,76 ± 26,16	75,03 - 92,48
%Snip	77,99 ± 21,63	70,77 - 85,20
KH2		
P _I max (cmH ₂ O)	88,27 ± 28,33	78,82 - 97,72
%P _I max	94,31 ± 22,75	86,72 - 101,89
Carga de TMI pelo MVD-300 (%40 P_Imax)	34,90 ± 10,36	31,45 - 38,36
Carga de TMI pelo KH2 (%40 P_Imax)	30,07 ± 11,23	26,33 - 33,82

n: número de participantes; DP: desvio-padrão; IC95%: intervalo de confiança; MVD-300: manovacuômetro digital; P_Imax: pressão inspiratória máxima; cmH₂O: centímetro de água; %P_Imax: pressão inspiratória máxima predita; Snip: pressão inspiratória nasal; %Snip: pressão inspiratória nasal predita

Correlação entre a função cardíaca e a pressão inspiratória máxima

Na classificação da amostra pela FEVE, pelo SLG e pelo VO₂max, não foram observadas diferenças relacionadas à P_Imax entre os grupos (p=0,343; p=0,099; p=0,433, respectivamente). O SLG correlacionou-se com a P_Imax (r=0,367; p=0,030), assim como o VO₂max (r=0,409; p=0,012).

Influência da função cardíaca sobre a pressão inspiratória máxima

Na análise de regressão linear, o coeficiente de correlação r=0,543 (p=0,012) evidenciou a existência de uma relação linear entre a FEVE, o SLG e o VO₂max e a P_Imax. Contudo, o grau de força da correlação múltipla do modelo aumentou quando foram considerados apenas o SLG e o VO₂max, tornando-se mais significativo após a remoção da FEVE (**Tabela 4**).

Tabela 4. Análise de regressão linear entre a função cardíaca e a pressão inspiratória máxima da amostra

Mode	R	R	Adjuste	Std.	Change Statistics
------	---	---	---------	------	-------------------

I		Square	d	R	Error of	R	F	df	df	Sig.	F
		e	Square	the	Estimate	Square	Change	1	2	Change	
				e	e	Change	e			e	
1	,543 a	,295	0,227	21,734	,295	4,320	3	31	,012		
2	,543 b	,295	0,251	21,391	,000	,000	1	31	,987		

a. Predictors: (Constant), FEVE, SLG, VO2max

b. Predictors: (Constant), SLG, VO2max

c. Dependent Variable: PImax

Função cardíaca e carga de treinamento muscular inspiratório

A carga de TMI não apresentou diferenças estatísticas entre os grupos quando calculada pelo método digital ($p=0,337$) e pelo modelo de regressão linear ($p=0,919$). No entanto, foi observado que a carga de TMI apresentou diferença estatisticamente significativa no grupo G3 ($p=0,004$) quando determinada pelo método digital e pela equação da regressão linear (**Tabela 5**). A equação de predição da carga de TMI de acordo com a função cardíaca foi:

Carga de TMI (cmH₂O) = 81,44 + 2,22 (strain) + 1,17 (VO2max)

Tabela 5. Carga de treinamento muscular inspiratório Função muscular inspiratória e carga de treinamento muscular inspiratório da amostra

Variáveis	TMI (40%) Média ± DP (EP)	TMI (Função cardíaca) Média ± DP (EP)	p-valor
G1 (n=7)	35,37 ± 13,06 (4,93)	40,75 ± 4,45 (1,68)	0,429
G2 (n=9)	38,48 ± 9,52 (3,17)	39,98 ± 3,26 (1,08)	0,681
G3 (n=19)	32,56 ± 8,67 (1,99)	40,41 ± 3,69 (0,84)	0,004

n: número de participantes; DP: desvio-padrão; EP: erro padrão; p-valor (Test t): <0,05

Discussão

Principais achados

O presente estudo foi o primeiro a avaliar a influência da FEVE, do SLG e do VO₂max sobre a determinação da pressão inspiratória máxima e a predição da carga de TMI em pacientes com IC de todas as etiologias, sob a perspectiva de serem parâmetros importantes para a sua prescrição do TMI. O principal resultado do presente estudo foi a influência do SLG e do VO₂max sobre a P_Imax e a necessidade de ajuste de carga de TMI em pacientes com IC e FEVE reduzida.

Implicações clínicas

O grande papel do TMI no tratamento de pacientes com IC está na melhora da sintomatologia respiratória e contribuição objetiva no aumento da tolerância aos esforços. Pouco se sabe ainda sobre qual seria a carga de treinamento ideal a ser prescrita a um paciente cardiopata com o intuito de provocar essa melhora de maneira crônica. A avaliação da função cardíaca e a determinação da carga de TMI, principalmente em pacientes com FEVE reduzida, passam a ser fundamentais no processo de prescrição do protocolo de treinamento desses indivíduos.

Função cardíaca e pressão inspiratória máxima

Apesar da FEVE ser um marcador clínico de gravidade e diagnóstico da IC, não foram observadas correlações com a P_Imax e a carga de TMI em nosso trabalho. Apenas o SLG e o VO₂max correlacionaram-se positivamente com a P_Imax e a carga de TMI.

Nossos resultados corroboram com os achados de Meyer et al (2001), que não encontraram correlação entre a P_Imax e a FEVE ($r=0,01$) de pacientes com IC de etiologia isquêmica e cardiomiopatia dilatada idiopática. Esses autores também observaram uma correlação fraca com o VO₂max ($r=0,32$; $p=0,005$), porém a natureza dessas correlações ainda é um tema controverso. Vieira et al (2014) encontraram uma correlação significativa entre P_Imax e FEVE ($r=0,524$, $p=0,037$), em pacientes com IC de etiologia chagásica. Chua et al (1995) avaliaram 20 homens

com IC de FEVE reduzida e reportaram correlação entre P_Imax e o VO₂max ($r=0,59$; $p=0,006$).

A P_Imax no paciente com IC ainda é um tema controverso. Yamada et al (2016) estudaram 45 pacientes, diagnosticados com IC e FEVE preservada ($\geq 45\%$) e identificaram uma prevalência de fraqueza muscular inspiratória (FMI) em 27,5% dos voluntários. Veríssimo et al (2015) avaliaram 63 pacientes admitidos em um hospital, que apresentaram FEVE reduzida (33%) e FMI em 69,5%, 76% e 71% da amostra durante a admissão, após a estabilização clínica e na alta hospitalar, respectivamente, e não observaram diferenças estatísticas quando foram comparados os valores de P_Imax nos três momentos ($p=0,806$). No estudo de Meyer et al (2001), indivíduos com IC ($n=244$) e FEVE reduzida (22 ± 10) foram comparados a um grupo controle ($n=25$), e foi identificada a redução da P_Imax em 23% dos cardiopatas.

Como a P_Imax, a FEVE e o VO₂max são variáveis utilizadas pelos estudos para caracterizar pacientes com IC (Yamada et al, 2016; Veríssimo et al, 2015; Vieira et al, 2014; Brandão et al, 2012) e estabelecer comparações do tipo antes e depois, confrontando as mudanças obtidas após o TMI (Palau et al, 2014; Laoutaris et al, 2008; Laoutaris et al, 2004; Martínez et al, 2001; Mancini et al, 1995), frequentemente tais correlações não são reportadas para o esclarecimento dessa evidência.

Em relação ao SLG, a técnica de avaliação evoluiu nos últimos anos e sua superioridade prognóstica em relação à FEVE, relacionada à mortalidade e capacidade funcional, tem sido descrita na literatura (Hasselberg et al, 2015; Marvick et al, 2015). Contudo, não foram encontrados estudos que correlacionaram o SLG com a P_Imax e a carga de TMI em pacientes com IC. Em nosso modelo de regressão, foi observada a influência do SLG e do VO₂max sobre a P_Imax e a carga de TMI em indivíduos com insuficiência cardíaca.

Hasselberg et al (2015) avaliaram 100 pacientes com doença arterial coronariana, cardiomiopatia dilatada, cardiomiopatia hipertrófica e insuficiência cardíaca. Os autores observaram correlação entre SLG e o VO₂max em pacientes com FEVE reduzida e preservada. Krishnasamy et al (2015) investigaram o valor prognóstico do SLG em 183 pacientes com doença renal crônica avançada e concluíram que o SLG é um preditor de mortalidade mais sensível que a FEVE.

Apesar de ser uma variável clinicamente importante, nem sempre a FEVE preservada significa que a função ventricular esteja normal, e novas investigações sobre o valor clínico do SLG ainda são necessárias, inclusive, sobre a sua interação com o sistema pulmonar. O SLG quantifica a contratilidade miocárdica e pode ser utilizada para identificar a disfunção ventricular subclínica nas cardiomiopatias, sendo mais sensível que a FEVE (Smiseth et al, 2015), uma vez que esta é mantida em seus níveis normais em decorrência de sucessivas adaptações fisiológicas. A longo prazo, estas adaptações perdem o seu efeito benéfico, levando o indivíduo à via final da disfunção cardíaca, o que poderia justificar o fato do grupo G3 ter sido mais sensível à apresentação de diferenças na carga de TMI em nosso estudo.

Um fator que poderia explicar a ligação entre o SLG e a P_Imax seria a hipoperfusão tecidual encontrada em pacientes com IC. A hipóxia dos músculos inspiratórios contribui para o aumento do trabalho ventilatório devido à demanda metabólica durante a realização dos esforços físicos e, até mesmo, das atividades da vida diária (AVD). A incapacidade do coração para aumentar a perfusão destes músculos reduz o suprimento de oxigênio e nutrientes para o seu funcionamento (Guyton et al, 2011). Diante da derivação da carga de TMI a partir da P_Imax, acreditamos ser possível extrapolar este raciocínio.

Limitações

A diversidade etiológica da IC, a heterogeneidade da amostra, as comorbidades associadas e a população relativamente pequena podem ter influenciado nossos achados.

Conclusão

O strain longitudinal global e o consumo máximo de oxigênio influenciam a pressão inspiratória máxima e podem modificar a carga de treinamento muscular inspiratório, sobretudo em indivíduos com insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida. Na prática clínica dos profissionais de saúde, pode-se direcionar atenção a possíveis alterações da resposta respiratória relacionadas à deterioração da contratilidade miocárdica e comprometimento do desempenho cardiopulmonar de pacientes com insuficiência cardíaca. Sugere-se a realização de novos estudos que

utilizem o strain longitudinal global como parâmetro para a avaliação respiratória em pacientes com IC.

Conflitos de interesse

Os autores declararam não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

Agostini, P. et al Cardiomegaly as a possible cause of lung dysfunction in patients with heart failure. **Am Heart J.** 2000; p. 140-144.

American Thoracic Society /European Respiratory Society. Standardisation of measurement of lung volumes. Am J Resp Crit Car Med. v.26, p. 511-522, 2005.

Barbosa, M. M.; Nunes, M. C. P.; Campos Filho, O.; Camarozano, A; Rabischoffsky, A; Maciel, B. C. et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes das Indicações da Ecocardiografia. **Arq Bras Cardiol.** 2009;93(6 supl.3): e265-e302;

Brandão, D. C. et al. Chest wall regional volume in heart failure patients during inspiratory loaded breathing. **Resp Phys Neur.** 2012; v. 180, p. 269– 274;

Carvalho, V. O.; Guimarães, G. V.; Carrara, D; Bacal, F.; Bocchi, E. A. Validation of the Portuguese Version of the Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire. **Arq Bras Cardiol.** 2009;93(1):36-41

Costa, D.; Gonçalves, H. A.; Lima, L. P.; Ike, D.; Cancelliero, K. M.; Montebelo, M. I. L. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. **J Bras Pneumol.** 2010;36(3):306-312;

He, J. et al Risk factors for congestive heart failure in US men and women: NHANES I epidemiologic follow-up study. **Arch Int Med.** v. 161, n. 7, p. 996-1002, 2001;

Kasaharam, Y.; Izawa, K. P.; Watanabe, S.; Osada, N; Omiya, K. The Relation of Respiratory Muscle Strength to Disease Severity and Abnormal Ventilation During Exercise in Chronic Heart Failure Patients. **Res Cardiovasc Med.** 2015: 15;4(4): e28944;

Kim, H. K. et al. Assessment of left ventricular rotation and torsion with two-dimensional speckle tracking echocardiography. **J Am Soc Echocardiogr.** 2007 Jan;20(1):45-53.

Kommuri, N.V.; Koelling, T. M.; Hummel, S.L. The impact of prior heart failure hospitalizations on long-term mortality differs by baseline risk of death. **Am J Med.** v. 125, p. 209-215, 2012.

Lang, R. M. et al Recommendations for Chamber Quantification: A Report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, Developed in Conjunction with the

European Association of Echocardiography, a Branch of the European Society of Cardiology. **J Am Soc Echocardiogr**, Chicago, v. 18, n.12, p. 1440-1463, 2005.

Larson, J. L.; Kim, M. J.; Sharp, J. T.; Larson, D. A. Inspiratory muscle training with pressure threshold breathing device in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Am Rev Respir Dis**. 1988; 138:689-696.

Mortara, A. et al Abnormal awake respiratory patterns are common in chronic heart failure and may prevent evaluation of autonomic tone by measures of heart rate variability. **Circ**. v. 96, n. 1, p:246-52, 1997.

Mortara, A. et al Association between hemodynamic impairment and Cheyne-Stokes respiration and periodic breathing in chronic stable congestive heart failure secondary to ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. **Am J Card**, v. 84, n.8, p:900-4. 1999

Myers, J., Arena, R., Dewey, F., Bensimhon, D., Abella, J., Hsu, L., Chase, P., Guazzi M., Peberdy, M.A. Cardiopulmonary exercise testing is a score assessment for patients with heart failure. **Am Heart J**. 2008, 156(6), 1177-83.

Pereira, D. A. G. et al. Functional capacity of heart failure patients evaluated by cardiopulmonary exercise test and New York Heart Association class. **Fisioter. Pesqui**. 2012;19(1);

Pessoa, I. M. B. S; Houry Neto, M.; Montemezzo, D.; Silva, L. A. M; Andrade, A. D.; Parreira, V. F. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. **Braz J Phys Ther**.

Silva, O. B.; Filho, D. C. A new proposal to guide velocity and inclination in the ramp protocol for the treadmill ergometer. **Arq Bras Cardiol** 2003; 81:48-53

Smiseth, O. A.; Torp, H.; Opdahl, A.; Haugaa, K. H.; Urheim, S. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *European Heart Journal* (2016) 37, 1196–1207.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (Org.). Revisão das II Diretrizes para o Diagnóstico e Tratamento da IC. **Arq Bras Cardiol**, v. 79, 2002. Suplemento IV. **Timerman, A.; Bertolami, M. C.; Ferreira, J. F. M.** Manual de Cardiologia. **São Paulo: Editora Atheneu, 2012.**

Van, H. et al. Impaired isotonic contractility and structural abnormalities in the diaphragm of congestive heart failure rats. **Int J Cardiol**. 2008;128(3):326-335.

Van, H. et al. Diaphragm single-fiber weakness and loss of myosin in congestive heart failure rats. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**. 2007;293(1):H819-28.

Van, H. Heart failure decreases passive tension generation of rat diaphragm fibers. **Int J Cardiol**. 2010; 141(3):275-283.

Yamada, K.; Kinugasa, Y.; Sota, T.; Miyagi, M.; Sugihara, S.; Kato, M.; Yamamoto,

K. Inspiratory Muscle Weakness Is Associated With Exercise Intolerance in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Preliminary Study. 2016; 22(1):38-47.

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÃO CARDÍACA E DESEMPENHO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, VOLUMES PULMONARES E QUALIDADE DE VIDA EM INDIVÍDUOS COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA**, que está sob a responsabilidade do pesquisador **PETERSON FILIPE PINHEIRO DE LIMA**, com endereço Rua Cala dos Pântanos, 56, Jardim Atlântico, Olinda, Pernambuco, CEP 53060-110, telefone: 81 9818-6292, e está sob a orientação de: **ARMÊLE DE FÁTIMA DORNELAS DE ANDRADE**, telefones: 81 2126-8496, e-mail: armeledornelas@hotmail.com. Também participam desta pesquisa: **SHIRLEY LIMA CAMPOS**, telefones: 81 2126-8496 e 81 9941-3087, e-mail: shirleylcampos@uol.com.br.

Este Termo de Consentimento pode conter informações que o/a senhor/a não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que o/a senhor/a esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, caso aceite em fazer parte do estudo, rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o (a) Sr. (a) não será penalizado (a) de forma alguma. Também garantimos que o (a) Senhor (a) tem o direito de retirar o consentimento da sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

- O objetivo desta pesquisa é analisar se há uma ligação entre a capacidade de o coração bombear sangue para o corpo e força muscular respiratória, distribuição do ar durante a respiração e qualidade de vida em indivíduos adultos com insuficiência cardíaca (IC), bem como investigar se a carga de treinamento muscular inspiratório pode ser influenciada pelo nível de comprometimento do trabalho do coração. Todas as pessoas que aceitarem participar do estudo, após receber esclarecimentos sobre a pesquisa e assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, serão submetidos à avaliação da força muscular respiratória, da distribuição do ar durante a respiração e da qualidade de vida, no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFPE. Todos os testes serão

realizados em um único encontro. O tempo de avaliação será de aproximadamente 1 hora.

- Inicialmente, coletaremos informações sobre seus dados pessoais (nome, sexo, estado civil, endereço, contato telefônico), dados corporais (peso e altura), uso de medicações, prática de atividade física e doenças atuais. Para avaliar a força muscular respiratória, o paciente estará sentado, com os braços livres e será orientado a prender à sua boca um bocal (tipo mergulhador) que estará conectado a um equipamento tradicional, chamado manovacuômetro. O indivíduo será orientado a puxar o ar por rapidamente por, pelo menos 1,5 segundo, para que a força muscular respiratória seja medida. Depois, uma nova medida da força muscular respiratória será realizada através de uma sonda que será colocada em uma das entradas do nariz. O participante será instruído a puxar o ar pela narina com sonda, enquanto a outra é rapidamente fechada para a realização da manobra. Em seguida, um aparelho moderno medirá a força muscular respiratória, seguindo os mesmos procedimentos adotados no primeiro teste. A seguir, será realizada uma filmagem de seu peito, barriga e costas, capturando a sua respiração, através de um equipamento chamado pletismógrafo optoeletrônico, utilizado para visualizar a imagem de seu tórax em movimento respiratório. Durante essas avaliações o senhor será solicitado a respirar normalmente. Para finalizar, o senhor responderá a 21 perguntas de marcar sobre a sua qualidade de vida.
- Riscos e desconfortos: Todos os procedimentos deste estudo são simples e não invasivos e, portanto, não oferecem grandes riscos à sua saúde. O (a) senhor (a) estará acompanhado (a) por um profissional de saúde devidamente preparado durante toda a avaliação. Dentre os riscos que podem acontecer, são a não adaptação a algum equipamento ou a realização incorreta dos testes pelo voluntário pela incompreensão dos comandos do pesquisador. Para minimizar esta situação, o pesquisador dará instruções utilizando-se de linguagem simplificada e permitirá que o voluntário conheça o equipamento, oferecendo a oportunidade de executar algumas manobras antes de serem feitas as medidas oficiais dos testes. A aplicação do questionário de qualidade de vida poderá oferecer pequenos riscos, como quadro de ansiedade, não entendimento ou desconforto emocional, a partir do conteúdo e do nível das perguntas realizadas. Para amenizar estes riscos, o pesquisador aplicará individualmente o questionário, utilizando uma linguagem simplificada, explicando ao voluntário o propósito da pergunta. Caso o paciente solicite a interrupção do estudo por qualquer motivo e em qualquer momento, os pesquisadores responsáveis pela pesquisa darão todo suporte necessário, bem como o ressarcimento de despesas, se for o caso.
- Benefícios: Os principais benefícios diretos deste estudo consistem em oferecer, ao voluntário, melhor conhecimento sobre sua patologia e suas limitações para a realização

das atividades da vida diária, além do recebimento de uma avaliação respiratória completa, com equipamentos digitais modernos. Estas informações poderão facilitar a tomada de decisão pelo voluntário para realizar futuras intervenções fisioterapêuticas baseada em evidências, como também, disponibilizá-las para a equipe multi e interdisciplinar do ambulatório cardiológico que acompanha estes indivíduos, enriquecendo seus bancos de dados e fornecendo subsídio adicional para decisões clínicas. Diante dos impactos clínicos, econômicos e sociais da insuficiência cardíaca, estudos que visem investigar a eficácia de estratégias de intervenção são relevantes no contexto acadêmico.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em papel e computador pessoal, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos.

O (a) senhor (a) não pagará nada para participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação). Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br.

(Assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÃO CARDÍACA, VOLUMES PULMONARES, DESEMPENHO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS E QUALIDADE DE VIDA EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA

CARDÍACA, como voluntário (a).

Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data: _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE D - Ficha de registro dos dados de adultos saudáveis

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA
NÍVEL: MESTRADO

Nome:			ID:		
Endereço:					
Data de nascimento:		Idade:	Estado civil:	Cor/raça:	
Peso:	Altura:	IMC:	Escolaridade:	Profissão:	
Telefone:				E-mail:	

HDA e HDP:

Sinais vitais	PAS	PAD	FC	FR	SpO2

Espirometria	1	2	3
VEF1			
CVF			
PFE			
VEF1/CVF			
FEF75			
FEF25-75			
FEF25-75/CVF			
MVV			
TEF			
Idade Pulmonar			

Manovacuometria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PI _{max}										
Snip										
PE _{max}										

MIP Test	1	2	3	4	5
MIP					
Press					
PNV					

PIF Test	1	2	3	4	5
PIF					

APÊNDICE E - Ficha de registro dos dados de cardiopatas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA
NÍVEL: MESTRADO

Nome:			ID:	
Endereço:				
Data de nascimento:		Idade:	Estado civil:	Cor/raça:
Peso:	Altura:	IMC:	Escolaridade:	Profissão:
Telefone:		E-mail:		

HDA e HDP:

Medicamentos em uso	Dosagem	Posologia

Sinais vitais	PAS	PAD	FC	FR	SpO2

Ecocardiograma	FEVE	DDVE	DSVE	VDVE	VSVE	Strain 2C	Strain 3C	Strain 4C

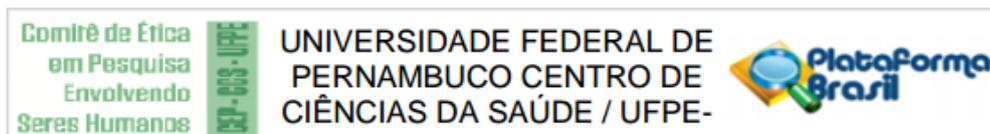
Duke Activity Status Index Questionnaire											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Espirometria	1	2	3
VEF1			
CVF			
PFE			
VEF1/CVF			
FEF75			
FEF25-75			
FEF25-75/CVF			
MVV			
TEF			

ANEXOS

ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFPE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÃO CARDÍACA E DESEMPENHO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, VOLUMES PULMONARES E QUALIDADE DE VIDA EM INDIVÍDUOS COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

Pesquisador: PETERSON FILIPE PINHEIRO DE LIMA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 39797414.2.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 947.614

Data da Relatoria: 03/02/2015

Apresentação do Projeto:

Trata-se de Projeto de dissertação de Mestrado do discente Peterson Filipe Pinheiro de Lima, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco. Orientadora: Profª. Drª. Armêla de Fátima Dornelas de Andrade.

Co-orientadora: Profª. Drª. Shirley Lima Campos.

Objetivo da Pesquisa:

Correlacionar a função cardíaca e a pressão inspiratória máxima, pressão inspiratória nasal, volumes da caixa torácica total e regional e qualidade de vida em indivíduos com insuficiência cardíaca.

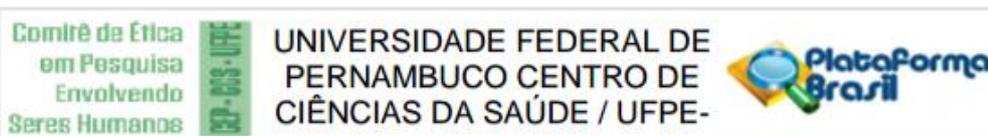
Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não serão realizados procedimentos invasivos. Os riscos são baixos aos participantes.

Como benefícios o estudo trará mais conhecimento a respeito da insuficiência cardíaca. E cada participante saberá mais sobre sua condição cardíaco-pulmonar.

Após a aprovação no CEP, o pesquisador principal, inicialmente, realizará a divulgação do projeto no serviço escolhido para triagem dos voluntários (IMIP), com o objetivo de esclarecer o propósito

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 947.614

do estudo e, dessa forma, ter acesso ao registro de prontuários dos pacientes cadastrados. Ao identificar o paciente elegíveis, convidá-los para a participação na pesquisa e esclarecê-los sobre os objetivos da mesma, será solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A avaliação da função cardíaca será feita pelo ecocardiograma no IMIP. Em seguida, uma ficha de avaliação será preenchida com dados de identificação do voluntário (nome, data de nascimento, endereço, telefone), sociodemográficos, antropométricos (peso, altura), assim como os parâmetros obtidos através do ecocardiograma, manovacuometria, POWERbreathe® K5, pletismografia optoeletrônica e o questionário Minnesota Living With Heart Failure.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa adequada

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Estão presentes todos os termos exigidos pelo Comitê de Ética. O TCLE está apresentado de forma clara

Recomendações:

Não há

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

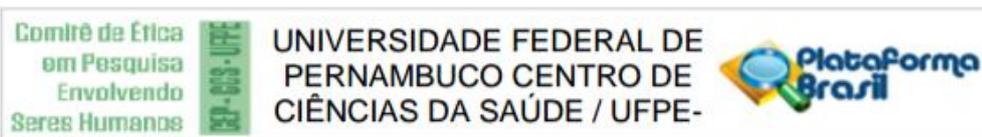
Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Colegiado aprova o parecer do protocolo em questão e o pesquisador está autorizado para iniciar a coleta de dados.

Projeto foi avaliado e sua APROVAÇÃO definitiva será dada, após a entrega do relatório final, na PLATAFORMA BRASIL, através de "Notificação" e, após apreciação, será emitido Parecer Consubstanciado.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



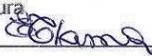
Continuação do Parecer: 947.614

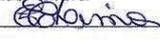
RECIFE, 07 de Fevereiro de 2015

Assinado por:
GERALDO BOSCO LINDOSO COUTO
(Coordenador)

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do IMIP

	Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira Escola de Pós-Graduação em Saúde Instituição Civil Filantrópica	
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do IMIP		
<u>Comprovante de Entrega do Projeto</u>		
Projeto:		
Nº Entrada:	4724	Nº CAAE: 39797414.2.3001.5201
		Protocolo: 1.888
Título: CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÃO CARDÍACA E DESEMPENHO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, VOLUMES PULMONARES E QUALIDADE DE VIDA EM INDIVÍDUOS COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA		
Data de Entrega:	09/02/2015	
Data Prevista p/ Retorno:	11/03/2015	
Pesquisador Responsável		
Nome Completo:		
PETERSON FILIPE PINHEIRO DE LIMA		
CPF:	081.594.184-69	
Operador(a) do CEP:	Assinatura	  Elisângela Cristina de Lima Secretária do Comitê de Ética em Pesquisa CEP-IMIP
ELISÂNGELA CRISTINA DE LIMA		

	Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira Escola de Pós-Graduação em Saúde Instituição Civil Filantrópica	
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do IMIP		
<u>Comprovante de Entrega do Projeto</u>		
Projeto:		
Nº Entrada:	4724	Nº CAAE: 39797414.2.3001.5201
		Protocolo: 1.888
Título: CORRELAÇÃO ENTRE FUNÇÃO CARDÍACA E DESEMPENHO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS, VOLUMES PULMONARES E QUALIDADE DE VIDA EM INDIVÍDUOS COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA		
Data de Entrega:	09/02/2015	
Data Prevista p/ Retorno:	11/03/2015	
Pesquisador Responsável		
Nome Completo:		
PETERSON FILIPE PINHEIRO DE LIMA		
CPF:	081.594.184-69	
Operador(a) do CEP:	Assinatura	  Elisângela Cristina de Lima Secretária do Comitê de Ética em Pesquisa CEP-IMIP
ELISÂNGELA CRISTINA DE LIMA		

ANEXO C – Resgistro no Clinical Trials

ANEXO D - Questionário Duck Activity Status Index

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: _____

Versão brasileira do Duck Activity Status Index			
Você consegue?	Peso (MET)	Sim	Não
1. Cuidar de si mesmo, isto é, comer, vestir-se, tomar banho ou ir ao banheiro?	2,75		
2. Andar em ambientes fechados, como sua casa?	1,75		
3. Andar um quarteirão ou dois em terreno plano?	2,75		
4. Subir um lance de escadas ou subir um morro?	5,50		
5. Correr uma distância curta?	8,00		
6. Fazer tarefas domésticas leves como tirar pó ou lavar a louça?	2,70		
7. Fazer tarefas domésticas moderadas como passar o aspirador de pó, varrer o chão ou carregar as compras de supermercado?	3,50		
8. Fazer tarefas domésticas pesadas como esfregar o chão com as mãos usando uma escova ou deslocar móveis pesados do lugar?	8,00		
9. Fazer trabalhos de jardinagem como recolher folhas, capinar ou usar um cortador de grama?	4,50		
10. Ter relações sexuais?	5,25		
11. Participar de atividades recreativas moderadas como vôlei, boliche, dança, tênis em dupla, andar de bicicleta ou fazer hidroginástica?	6,00		
12. Participar de esportes extenuantes como natação, tênis individual, futebol, basquetebol ou corrida?	7,50		
Pontuação total			
Pontuação DASÍ: o peso das respostas positivas é somado para se obter uma pontuação total que varia de 0 a 58,2. Quanto maior a pontuação, maior a capacidade funcional.			

ANEXO E - Questionário Minnesota Living with Heart Failure

Nome: _____

Idade: _____ Sexo: _____

Durante o último mês, seu problema cardíaco o impediu de viver como você queria por quê?						
	0	1	2	3	4	5
1. Causou inchaço em seus tornozelos e pernas						
2. Obrigou você a sentar ou deitar para descansar durante o dia						
3. Tornou sua caminhada e subida de escadas difícil						
4. Tornou seu trabalho doméstico difícil						
5. Tornou suas saídas de casa difícil						
6. Tornou difícil dormir bem à noite						
7. Tornou seus relacionamentos ou atividades com familiares e amigos difícil						
8. Tornou seu trabalho para ganhar a vida difícil						
9. Tornou seus passatempos, esportes e diversão difícil						
10. Tornou sua atividade sexual difícil						
11. Fez você comer menos as comidas que você gosta						
12. Causou falta de ar						
13. Deixou você cansado, fatigado ou com pouca energia						
14. Obrigou você a ficar hospitalizado						
15. Fez você gastar dinheiro com cuidados médicos						
16. Causou a você efeitos colaterais das medicações						
17. Fez você sentir-se um peso para familiares e amigos						
18. Fez você sentir uma falta de auto controle na sua vida						
19. Fez você se preocupar						
20. Tornou difícil você concentrar-se ou lembrar-se das coisas						
21. Fez você sentir-se deprimido						
Pontuação total						

NÃO 0	MUITO POUCO 1	2	3	4	DEMAIS 5
------------------	------------------------------	----------	----------	----------	---------------------