



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**  
**CURSO DE MESTRADO EM FISIOTERAPIA**



**CAMILA FERNANDES PONTES DOS SANTOS**

**Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo  
Sanguíneo sobre Variáveis Respiratórias, Hemodinâmicas e Força Muscular Periférica  
em Sujeitos com DPOC**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2024**

**CAMILA FERNANDES PONTES DOS SANTOS**

**Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo sobre Variáveis Respiratórias, Hemodinâmicas e Força Muscular Periférica em Sujeitos com DPOC**

Trabalho de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia em Fisioterapia da UFPB (PPG-Fis/UFPB) requerido como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Fisioterapia.

**Orientador: Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Eduardo Eriko Tenório de França**

**Área de Concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia**

**Linha de Pesquisa: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia na Funcionalidade Humana**

**JOÃO PESSOA – PB**

**2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S237e Santos, Camila Fernandes Pontes dos.

Efeitos agudos do treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo sobre variáveis respiratórias, hemodinâmicas e força muscular periférica em sujeitos com DPOC / Camila Fernandes Pontes dos Santos. - João Pessoa, 2024.

122 f. : il.

Orientação: Heleodório Honorato dos Santos.

Coorientação: Eduardo Eriko Tenório de França.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Doença pulmonar. 2. Treinamento respiratório. 3. Treinamento de força. 4. Terapia RFS. I. Santos, Heleodório Honorato dos. II. França, Eduardo Eriko Tenório de. III. Título.

UFPB/BC

CDU 616.24(043)

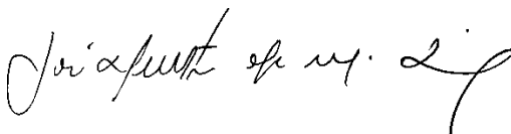
**CAMILA FERNANDES PONTES DOS SANTOS**

**Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo sobre Variáveis Respiratórias, Hemodinâmicas e Força Muscular Periférica em Sujeitos com DPOC**

**Banca Examinadora**



Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos  
Orientador (UFPB)



Prof. Dr. José Heriston de Moraes Lima  
Membro interno (UFPB)



Profª. Dra. Armèle de Fátima Dornelas de Andrade  
Membro externo (UFPE)

## DEDICATÓRIA

Primeiramente, à Deus por me abençoar e me  
guiar durante essa jornada. À Nossa Senhora  
por sua intercessão nos momentos mais  
difíceis. À família e amigos, por todo amor,  
apoio e cuidado.

**Dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à Deus por ser meu sustento e guia. Ao Senhor que me destes o dom da vida e ilumina diariamente os meus caminhos, sou extremamente grata por sempre estar cuidando e zelando por mim (“cuida das coisas de Deus, que Ele cuidará das suas”);

À minha querida mãezinha, minha Maria, Nossa Senhora, obrigada por toda intercessão, colo e proteção, que por meio do meu coração inteiramente consagrado, possas constantemente me indicar os melhores passos;

À minha amiga do Céu e fiel intercessora, Santa Teresinha, que possas me ensinar ainda mais a fazer tudo com muita humildade, simplicidade e amor;

Aos meus pais, Maria de Fátima Pontes dos Santos e José Nilson dos Santos Araújo, que nunca mediram esforços para me oferecer o melhor conforto e ensino. Vocês que vivem junto comigo as lutas e conquistas, e me ajudam a realizá-las, ofertando seu fiel apoio, amor e carinho. Gratidão, pois sem vocês, o fardo seria mais pesado, e as realizações não teriam esse doce e suave sabor;

Ao meu irmão, Lucas Fernandes, dono de um coração de ouro e que no silêncio me ofertou sempre o melhor apoio e cuidado. És parte de mim e cada conquista tem um toque seu;

Ao meu namorado, gratidão por toda a paciência, colo, carinho, amor e cuidado. Sei que o caminho foi árduo e você assim como vive comigo meus sonhos, também partilha das minhas dores. Fostes um pilar essencial para que eu conseguisse chegar até aqui e que isso se perpetue eternamente;

Aos meus familiares e amigos, agradeço por todo incentivo e apoio. Cada palavra de conforto, sorriso de cuidado e abraço de consolo foram reflexos do amor de Cristo e cuidado de Maria durante o processo. Vocês são fundamentais em minha vida;

Ao meu orientador. Dr. Heleodório Honorato e coorientador Dr. Eduardo Ériko por todos os ensinamentos e incentivos durante essa caminhada, foi um prazer tê-los ao meu lado e um privilégio aprender com vocês;

Aos professores Dr. José Heriston e Dra. Armèle de Fátima, pelas contribuições e por se disporem a participar da construção dessa pesquisa;

Aos meus amigos da pós-graduação por toda a parceria durante esses anos, em especial, Patrick Chaves, Tainá Cordeiro e Renata Martins, pois mesmo nos moldes virtuais, conseguimos ser apoio um para o outro;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPGFis/UFPB) por todo conhecimento transmitido;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo financeiro concedido as pesquisas científicas;

Aos colegas do LEEDE, por toda ajuda nas coletas, parceria e aprendizado ao longo desse processo. Vocês foram um sustento fundamental para que no final desse tudo certo. Agradeço, também, a parceria do pessoal do LAFIPCARE;

E por fim, de forma especial, aos voluntários que participaram da minha pesquisa. Sem vocês, nada disso teria acontecido.

## **EPÍGRAFE**

“Nada é pequeno se feito com amor!”

(Santa Teresinha do Menino Jesus e da Sagrada Face)



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Valores de Referência para a Classificação da DPOC.....	19
<b>Quadro 2</b> – Caracterização dos grupos experimentais.....	27

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Fluxograma da amostra.....	24
<b>Figura 2</b> – Desenho experimental.....	28
<b>Figura 3</b> – Escala de percepção subjetiva de esforço.....	32
<b>Figura 4</b> – Escala visual analógica modificada de <i>Borg</i> .....	33
<b>Figura 5</b> – Dinamometria isométrica dos flexores do cotovelo.....	34
<b>Figura 6</b> – Dinamometria isométrica dos extensores do joelho.....	34
<b>Figura 7</b> – Treinamento Resistido (MMSS e MMII) com (A e B) e sem RFS (C e D).....	36
<b>Figura 8</b> – Treinamento Muscular Inspiratório (TMI).....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Caracterização da amostra em média e desvio padrão.....	23
<b>Tabela 2</b> – Análise comparativa da pressão inspiratória máxima ( $P_{i\text{máx}}$ ) e força muscular periférica entre os sujeitos antes e após cada protocolo do estudo.....	39
<b>Tabela 3</b> – Respostas hemodinâmicas (FC, PAS e PAD) pré, imediatamente após e 10 minutos após diferentes protocolos experimentais.....	40
<b>Tabela 4</b> – Respostas respiratórias (FR, $SpO_2$ e Dispneia) pré, imediatamente após e 10 minutos após diferentes protocolos experimentais.....	41
<b>Tabela 5</b> – Comparação da percepção subjetiva do esforço (PSE) entre as 3 séries nos 3 protocolos experimentais.....	42
<b>Tabela 6</b> – Correlação entre pressão de oclusão arterial (POA) e a pressão inspiratória máxima ( $P_{i\text{máx}}$ ) após cada protocolo.....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ACSM** – *American College of Sports Medicine*

**AC** – Água corporal

**ANOVA** – Análise de variância

**AVDs** – Atividades de vida diária

**CIVM** – Contração isométrica voluntária máxima

**CNS** – Conselho Nacional de Saúde

**CVF** – Capacidade vital forçada

**CCS** – Centro de ciências da saúde

**DAOP** – Doença arterial obstrutiva periférica

**DPOC** – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

**FC** – Frequência cardíaca

**FR** – Frequência respiratória

**GCT** – Percentual de gordura corporal total

**GH** – Hormônio do crescimento

**GOLD** – Estratégia global para o diagnóstico, manejo e prevenção da DPOC

**HULW** – Hospital Universitário Lauro Wanderley

**IM** – Idade metabólica

**IMT** – *Inspiratory Muscle Trainer*

**IMC** – Índice de massa corporal

**ITB** – Índice tornozelo-braquial

**MB** – Metabolismo basal

**MC** – Massa corporal

**MMT** – Massa muscular total

**MMII** – Membros inferiores

**MMSS** – Membros superiores

**MO** – Massa óssea

**MS** – Ministério da Saúde

**NOS** - Óxido nítrico sintase

**PA** – Pressão arterial

**PAD** – Pressão arterial diastólica

**PAS** – Pressão arterial sistólica

**Pi<sub>máx</sub>** – Pressão inspiratória máxima

**POA** – Pressão de oclusão arterial

**PRP** – Programas de reabilitação pulmonar

**PSE** – Percepção subjetiva de esforço

**ReBEC** – Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos

**RFS** – Restrição de fluxo sanguíneo

**RFSC** – Restrição de fluxo sanguíneo contínuo

**RFSI** – Restrição de fluxo sanguíneo intermitente

**1RM** – 1 repetição máxima

**SPSS** – *Statistical Package for the Social Science*

**SpO<sub>2</sub>** – Saturação periférica de oxigênio

**TCLE** – Termo de consentimento livre e esclarecido

**TE** – Tamanho do efeito

**TR** – Treinamento resistido

**TRAC** – Treinamento resistido com alta carga

**TRBC** – Treinamento resistido com baixa carga

**TR+RFS** – Treinamento resistido com restrição de fluxo sanguíneo

**TRMC** – Treinamento resistido de moderada carga

**TME** – Treinamento muscular expiratório

**TMI** – Treinamento muscular inspiratório

**TMR** – Treinamento muscular respiratório

**UFPB** – Universidade Federal da Paraíba

**VEF<sub>1</sub>** – Volume expiratório forçado no primeiro segundo

**VO<sub>2</sub>** – Volume de oxigênio máximo inspirado

**VR** – Volume residual

## RESUMO

**Introdução:** A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é uma limitação crônica do fluxo aéreo e que apresenta dispneia e redução da capacidade funcional. Para tanto, o treinamento muscular inspiratório (TMI) e o treinamento resistido (TR), com restrição de fluxo sanguíneo surgem para melhorar a força muscular e o desempenho funcional. **Objetivo:** Avaliar os efeitos agudos do treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo sobre as variáveis respiratórias, hemodinâmicas e força muscular periférica em sujeitos com DPOC. **Método:** A amostra constituída por 14 sujeitos ( $67,50 \pm 1,76$  anos;  $67,67 \pm 3,39$  kg;  $1,58 \pm 0,02$  m;  $26,88 \pm 1,28$  kg/m<sup>2</sup>), com DPOC leve, moderada ou grave, que participaram dos 3 protocolos experimentais, com *wash-out* de 48h-72h, aleatoriamente: 1) TR com baixa carga (30% 1RM) + TMI (30%  $P_{i\text{máx}}$ ); 2) TR com baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo/50% da pressão de oclusão arterial (POA) + TMI e 3) TR com moderada carga (50% 1RM) + TMI (50%  $P_{i\text{máx}}$ ). A avaliação foi composta por: composição corporal, Índice Tornozelo/Braquial (ITB), determinação da POA, avaliação da força inspiratória, dinamometria e teste de 1RM. Foram registradas as variáveis: pressão inspiratória máxima ( $P_{i\text{máx}}$ ) e força muscular (FM), previamente na avaliação e após cada sessão; além da frequência cardíaca (FC); respiratória (FR), pressão arterial (PA), saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ), percepção subjetiva do esforço (PSE) e dispneia, nos momentos: pré, imediatamente após e 10 minutos após as sessões. Foi utilizado, para análise estatística, o SPSS (26.0) e, para verificar a normalidade, homogeneidade e esfericidade dos dados, os testes de *Shapiro-Wilk*, *Levene* e *Mauchly*, respectivamente. Nos dados paramétricos foi utilizada Anova *One-Way*, seguido do *post-hoc* de *Tukey*, e de medidas repetidas, seguido do *post-hoc* de *Bonferroni*, e para dados não paramétricos, realizado o teste Anova de *Friedman*, seguido do teste de *Wilcoxon*, além do teste de *Pearson* para correlacionar a POA e  $P_{i\text{máx}}$ , adotando-se um nível de significância de  $P \leq 0,05$ . **Resultados:** Houve redução significativa da PAS ( $P < 0,01$ ), FC ( $P < 0,05$ ), FR ( $P < 0,05$ ) e dispneia ( $P < 0,05$ ) nos protocolos no momento 10' e aumento da FR, imediatamente após, no TRBC+TMI ( $P < 0,01$ ) e TRMC+TMI ( $P < 0,05$ ); da dispneia no TRBC+RFS+TMI ( $P < 0,05$ ) e TRMC+TMI ( $P < 0,01$ ), e da  $SpO_2$  nos protocolos ( $P < 0,01$ ), no entanto, apenas o TRBC+RFS+TMI apresentou efeito hipotensor da PAD ( $P < 0,05$ ). Houve aumento significativo também da PSE ( $P < 0,05$ ) nos protocolos e treinos; da força periférica de MMSS e MMII ( $P < 0,01$ ) nos protocolos; e da força inspiratória, apenas no TRBC+RFS+TMI ( $P < 0,01$ ), porém não houve correlação entre a POA e  $P_{i\text{máx}}$  ( $P > 0,05$ ). **Conclusão:** O TMI associado ao TR, com ou sem RFS, promoveu efeito hipotensor na PAS, diminuição da FC; FR e dispneia, além de aumentos da  $SpO_2$ , força muscular periférica e respiratória, e PSE, em todos os protocolos analisados, entretanto, o TRBC+RFS+TMI foi mais efetivo por ter sido o único a apresentar aumento da força inspiratória e efeito hipotensor na PAD.

**Palavras-chave:** Doença pulmonar. Treinamento de força. Terapia RFS.

## ABSTRACT

**Introduction:** Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a chronic limitation of airflow that presents dyspnea and reduced functional capacity. To this end, inspiratory muscle training (IMT) and resistance training (RT), with blood flow restriction, appear to improve muscle strength and functional performance. **Objective:** To evaluate the acute effects of respiratory and resistance training with blood flow restriction on respiratory variables, hemodynamics and peripheral muscle strength in subjects with COPD. **Methodology:** The sample consisted of 14 subjects ( $67.50 \pm 1.76$  years;  $67.67 \pm 3.39$  kg;  $1.58 \pm 0.02$  m;  $26.88 \pm 1.28$  kg/m<sup>2</sup>), with mild, moderate or severe COPD, who participated in the 3 experimental protocols, with a wash-out 48h-72h, randomly: 1) RT with low-load (30% 1RM) + IMT (30% MIP); 2) RT with low-load + blood flow restriction/50% of arterial occlusion pressure (AOP) + IMT and 3) TR with moderate load (50% 1RM) + IMT (50% MIP). The assessment consisted of: body composition, Ankle-Brachial Index (ABI), determination of OAP, assessment of inspiratory strength, dynamometry and 1RM test. The following variables were recorded: maximum inspiratory pressure (MIP) and muscle strength (MS), previously during the assessment and after each session; in addition to heart rate (HR); respiratory rate (RR), blood pressure (BP), peripheral oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), subjective perception of exertion (SPE) and dyspnea, at the moments: before, immediately after and 10 minutes after the sessions. SPSS (26.0) was used for statistical analysis and, to verify the normality, homogeneity and sphericity of the data, the Shapiro-Wilk, Levene and Mauchly tests, respectively. One-Way Anova was used for parametric data, followed by Tukey's post-hoc, and repeated measures, followed by Bonferroni's post-hoc, and for non-parametric data, Friedman's Anova test was used, followed by the Wilcoxon test. The Pearson test was also performed to correlate POA and Pimax, adopting a significance level of  $P \leq 0.05$ . **Results:** There was a significant reduction in SBP ( $P < 0.01$ ), HR ( $P < 0.05$ ), RR ( $P < 0.05$ ) and dyspnea ( $P < 0.05$ ) in the protocols at moment 10' and an increase in RR, immediately after, in LLRT+IMT ( $P < 0.01$ ) and MLRT+IMT ( $P < 0.05$ ); dyspnea in LLRT+BFR+IMT ( $P < 0.05$ ) and MLRT+IMT ( $P < 0.01$ ), and SpO<sub>2</sub> in the protocols ( $P < 0.01$ ), however, only LLRT+BFR+IMT showed a hypotensive effect on DBP ( $P < 0.05$ ). There was also a significant increase in SPE ( $P < 0.05$ ) in protocols and training; the peripheral strength of upper limbs and lower limbs ( $P < 0.01$ ) in the protocols; and inspiratory strength, only in LLRT+BFR+IMT ( $P < 0.01$ ), but there was no correlation between OAP and MIP ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** IMT associated with TR, with or without BFR, promoted a hypotensive effect on SBP and decreased HR; RR and dyspnea, in addition to increases in SpO<sub>2</sub>, peripheral and respiratory muscle strength, and SPE, in all protocols analyzed; however, LLRT+BFR+IMT was more effective as it was the only one to present an increase in inspiratory strength and a hypotensive effect at DBP.

**Keywords:** Lung disease. Resistance training. BFR Therapy.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1	Geral.....	17
2.2	Específicos.....	17
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
4.1	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC).....	18
4.2	Treinamento resistido e sua influência na hemodinâmica.....	19
4.3	Treinamento de resistido como forma de tratamento na DPOC.....	20
4.4	Treinamento resistido da musculatura periférica com restrição de fluxo sanguíneo (RFS).....	21
4.5	Treinamento muscular respiratório (TMR) no DPOC.....	22
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
5.1	Caracterização do estudo.....	22
5.2	População e amostra .....	23
5.3	Crítérios de inclusão.....	25
5.4	Crítérios de exclusão.....	25
5.5	Procedimentos éticos.....	25
5.6	Variáveis do estudo.....	26
5.7	Instrumentos e metodologia da coleta de dados.....	26
5.8	Procedimentos para coleta de dados.....	28
5.8.1	Antropometria e composição corporal.....	28
5.8.2	Índice Tornozelo-Braquial (ITB).....	29
5.8.3	Determinação da Pressão de Oclusão Arterial (POA).....	30
5.8.4	Avaliação da força muscular inspiratória.....	30
5.8.5	Teste de uma repetição máxima (1RM).....	31
5.8.6	Avaliação da pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC).....	31
5.8.7	Percepção subjetiva de esforço (PSE).....	31
5.8.8	Avaliação da dispneia.....	32
5.9.9	Avaliação da frequência respiratória e saturação periférica de oxigênio.....	33

5.8.10	Avaliação da força muscular.....	33
5.9	Protocolos de treinamento.....	35
5.10	Análise de dados.....	37
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	38
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	43
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	51
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51
	<b>APÊNDICES</b> .....	61
	A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	61
	B – Questionário de anamnese.....	63
	C - Ficha de avaliação e coleta de dados.....	64
	D – Artigo 1.....	66
	E – Artigo 1 (tradução).....	85
	F – Artigo 2.....	103
	<b>ANEXOS</b> .....	120
	A - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do CCS/UFPB - Campus I - João Pessoa.....	120
	B – Registro Brasileiro De Ensaios Clínicos (ReBEC).....	122
	C – Comprovante de submissão do artigo 1.....	123

## 1 - JUSTIFICATIVA

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é reconhecida como uma limitação crônica do fluxo aéreo e sistema respiratório persistentes, prevenível e tratável, geralmente progressiva, associada a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões à inalação de partículas ou gases tóxicos que causam alterações nas vias aéreas ou alvéolos (GOLD, 2023).

A DPOC apresenta como quadro clínico: dispneia, tosse e expectoração, e o agravamento dos sintomas ocasiona redução da capacidade de exercício. Além das alterações no sistema respiratório, há implicações sistêmicas como a fraqueza muscular, disfunção dos membros inferiores (MMII) e fadiga, acarretando diminuição da tolerância ao esforço físico o que afeta diretamente a capacidade funcional (Silva *et al.*, 2018).

Esta inflamação crônica generalizada no parênquima e vasos pulmonares desencadeia a produção de marcadores inflamatórios, tais como, leucócitos, fibrinogênio, antitripsina e  $\text{TNF } \alpha$ , que estão associados ao acelerado declínio da função pulmonar promovendo, assim, danos ao sistema cardiovascular, por meio da disfunção endotelial, apoptose de cardiomiócitos e formação de arteriosclerose. Esta disfunção cardiovascular ocasiona uma doença vascular progressiva, resultando em incompetência ventricular, diminuindo sua performance e causando alto impacto na capacidade funcional nos indivíduos portadores de DPOC (Chen, 2016).

Dentre os prejuízos fisiológicos causados pela DPOC, a debilidade muscular ocasiona diminuição da performance e os indivíduos fadigam quando são expostos a condições de sobrecarga no sistema respiratório. Para que isso seja revertido, faz-se necessária a realização de um treinamento muscular respiratório resistido, no qual o indivíduo terá que vencer a carga imposta e assim promover impacto positivo no desempenho da função muscular (Santos; Sena; Costa, 2019). Para tanto, um recurso fisioterapêutico frequentemente utilizado para a recuperação dessa força respiratória é o *Inspiratory Muscle Trainer* (IMT) que é um aparelho incentivador respiratório capaz de proporcionar treinamento muscular inspiratório, com carga isocinética, que tem por finalidade melhorar a performance e a força dos músculos inspiratórios (Gosselink *et al.*, 2019).

Além disso, no que diz respeito à recuperação da força sistêmica, o *American College of Sports Medicine* (ACSM) recomenda que para se adquirir os benefícios máximos do treinamento resistido (TR), ele deve ser realizado com cargas altas, superiores a 65% de 1 repetição máxima (1RM). Todavia, algumas populações, como as de acometidos pela DPOC, principalmente em estágio II, não toleram realizar atividades com cargas intensas devido aos



fatores associados à doença, como fraqueza muscular, fragilidade, entre outros (ACSM, 2017; Araújo *et al.*, 2015).

Portanto, como alternativa em busca do retorno da melhora da capacidade funcional de indivíduos portadores de DPOC e para um treinamento focado no aumento gradual da força muscular surge o Treinamento Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo (TR+RFS) que baseia-se na utilização de cargas baixas (20 a 35% de 1RM) associadas a restrição do fluxo sanguíneo (RFS) para a musculatura exercitada, ocasionando também ganhos de força, hipertrofia e desempenho funcional similares ao treinamento com cargas elevadas (Silva *et al.*, 2015).

Essa população (acometidos por DPOC), devido as características predisponentes da doença, é restringida a exercícios de força com cargas baixas ou moderadas (<60% de 1RM) e acaba não obtendo a totalidade de benefícios possíveis que o TR com cargas elevadas promove. Por isso, a aplicação de um método, como o da RFS, que utiliza cargas baixas, e por proporcionar ganhos de desempenho físico similar ao de altas cargas, irá beneficiar esse grupo. Um estudo de revisão crítica (Thiebaud; Loenneke; Abe, 2014), mostra que mesmo não havendo contração muscular, os efeitos da RFS agem diretamente na musculatura antagonista que não está sendo exercitada devido à modificação no ambiente metabólico causado pela redução do fluxo no membro como um todo, o que iria acarretar ganhos de força na musculatura agonista e antagonista ao mesmo tempo.

Por outro lado, estão sendo estudados os efeitos agudos do exercício resistido com restrição do fluxo sanguíneo sobre o sistema cardiovascular, mostrando resultados semelhantes no aumento das respostas hemodinâmicas cardíacas quando comparado ao TR de alta intensidade. As respostas cardiovasculares durante o TR apresentam relação direta com a carga, e sua magnitude pode variar em função das diferentes variáveis associadas ao próprio treinamento, tais como: intensidade, volume e massa muscular ativa (Lixandrão *et al.*, 2015).

Com base no fato de que o desenvolvimento e empenho em atividades físicas em pessoas com DPOC encontram-se consideravelmente alterados, diante dos diversos fatores sistêmicos que englobam essa enfermidade, a melhora significativa desse desempenho físico é de extrema importância. Por isso, devido as inúmeras causas que mostram que indivíduos com DPOC não suportam treinamento de força com cargas expressivas, justifica-se a proposta desse estudo visando analisar a utilização do TR+RFS e seu potencial ganho de força e melhora da capacidade cardiopulmonar e funcional nessa população, além do fato de incrementar ainda mais os estudos que buscam verificar os efeitos desse tipo de atividade nas variáveis

cardiorrespiratórias, já que continuam existindo lacunas de referências envolvendo essa temática.

Diante do exposto, levanta-se a seguinte questão norteadora: o treinamento respiratório e/ou resistido com restrição de fluxo sanguíneo gera repercussões agudas nas variáveis respiratórias, hemodinâmicas e na força muscular periférica em sujeitos com DPOC?

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - Geral**

Avaliar os efeitos agudos do treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo sobre as variáveis respiratórias, hemodinâmicas e força muscular periférica em sujeitos com DPOC.

### **2.2 - Específicos**

- Comparar o efeito agudo do TRBC+RFS *versus* TRBC sem RFS *versus* TRMC sem RFS nas seguintes variáveis: força muscular periférica e dispneia de sujeitos com DPOC;
- Verificar os efeitos: antes, imediatamente após e 10 minutos após o treinamento sobre a hemodinâmica (pressão arterial e frequência cardíaca);
- Analisar os impactos do treinamento muscular inspiratório (TMI) associado ou não a RFS nas variáveis: pressão inspiratória máxima, frequência respiratória e saturação periférica de oxigênio;
- Averiguar o efeito agudo dos protocolos sobre o esforço percebido dos sujeitos durante a sessão de treinamento;
- Correlacionar as pressões de oclusão arterial (POAs) com os valores da  $P_{i_{máx}}$ .

## **3 - HIPÓTESES**

Levando em consideração como critério de rejeição e aceitação o nível de significância de  $P \leq 0,05$ , as hipóteses estatísticas são enunciadas na forma nula ( $H_0$ ) e experimental ( $H_1$ ):

H<sub>0</sub>: O treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo (TR+RFS) não gera efeitos agudos nas variáveis respiratórias, hemodinâmicas e força muscular periférica em sujeitos com DPOC;

H<sub>1</sub>: O treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo (TR+RFS) gera efeitos agudos nas variáveis respiratórias, hemodinâmicas e força muscular periférica em sujeitos com DPOC.

## **4 - REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1 - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)**

A DPOC é definida por obstrução crônica ao fluxo aéreo que não é totalmente reversível, estando interligada à resposta inflamatória anormal dos pulmões, a inalação de partículas e/ou gases tóxicos, sobretudo a fumaça do cigarro. O processo inflamatório crônico da DPOC pode desencadear deformidades dos brônquios e gerar destruição do parênquima ocasionando o aumento da complacência pulmonar. A presença dessas alterações ocasiona nos pacientes inúmeros sinais e sintomas, como por exemplo, tosse crônica, produção de expectoração e dispneia aos esforços (GOLD, 2023; Torri *et al.*, 2017).

A longo prazo, a DPOC produz um mecanismo fisiopatológico cardiovascular considerável envolvendo a hipertensão pulmonar secundária com hipertrofia do ventrículo direito, associado com o quadro de hipoxemia. Quando relacionada a um transporte limitado de oxigênio devido a uma estenose coronariana, os episódios de hipoxemia podem intensificar a doença isquêmica. Com isso, o risco aumentado de desenvolver doença cardiovascular nos indivíduos com essa enfermidade é evidente e está interligado ao processo inflamatório sistêmico (Sima, 2017).

A DPOC ocasiona prejuízos na mecânica pulmonar e na musculatura periférica, promovendo uma hiperinsulflação pulmonar, que acarreta uma remodelação dos músculos inspiratórios, especialmente do diafragma, que tende a se retificar, diminuindo a zona de aposição e consequentemente, restringido sua excursão. Além da obstrução do fluxo aéreo a DPOC é caracterizada por descondicionamento e inatividade física, que, atualmente, estão sendo considerados como fatores diretamente relacionados ao maior risco de exacerbações agudas e mortalidade precoce (Ortiz, 2015).

Apesar da DPOC afetar os pulmões, há diversas manifestações sistêmicas relacionadas a esta enfermidade, que engloba alterações nutricionais e agravantes recorrentes levando a hospitalizações. Ocorrem modificações na fibra do músculo e no fluxo sanguíneo e acidose láctica precoce no momento dos exercícios, fatos estes que contribuem para a intolerância da atividade física (Ike *et al.*, 2010).

A Estratégia Global para o Diagnóstico, Manejo e Prevenção da DPOC (GOLD) mostra uma forma de classificação, da severidade da doença, tomando como base o valor do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) e pela relação VEF<sub>1</sub> e capacidade vital forçada (CVF), verificados pela espirometria (GOLD, 2023), de acordo com o Quadro 1.

**Quadro 1** – Valores de Referência para a Classificação da DPOC

<b>Estágio da DPOC</b>	<b>Valores de Referência (espirometria)</b>
GOLD I (obstrução leve)	VEF <sub>1</sub> ≥ 80% do previsto
GOLD II (obstrução moderada)	50% ≤ VEF <sub>1</sub> < 80% do previsto
GOLD III (obstrução grave)	30% ≤ VEF <sub>1</sub> < 50% do previsto
GOLD IV (obstrução muito grave)	VEF <sub>1</sub> < 30% do previsto

Fonte: GOLD (2023).

#### **4.2 – Treinamento resistido e sua influência na hemodinâmica**

O treinamento resistido (TR) tem demonstrado, por meio de variadas evidências científicas, efeitos positivos na saúde cardiovascular. A *American Heart Association* (AHA), acredita que o exercício físico é capaz de prevenir e promover redução do risco de doenças cardiovasculares, cerebrovasculares, bem como, morte por todas as causas (Yang *et al.*, 2012; Folsom *et al.*, 2011).

As respostas no sistema cardiovascular, por meio do treinamento tradicional, induzem reações como: aumento da frequência cardíaca e pressão arterial. Além dessas reações, a constância no treinamento pode gerar entre adaptações estruturais e funcionais, benefícios na função endotelial, remodelação das artérias, dentre outros efeitos positivos cardiovasculares (ACSM, 2009; Shimizu *et al.*, 2016; Nascimento *et al.*, 2019).

Tratando-se do treinamento resistido com restrição de fluxo sanguíneo (TR+RFS), observa-se, na literatura, que este não apresenta eventos cardiovasculares adversos. Porém, o que se sabe é que há um elevado aumento da pressão arterial durante o exercício (Pinto; Polito,

2015). Por outro lado, estudos demonstraram que o aumento da pressão arterial de forma aguda, após realização do TR+RFS, provocou diversas alterações positivas no sistema cardiovascular, incluindo melhora da circulação sanguínea periférica e função endotelial (Yasuda *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2021).

#### **4.3 - Treinamento resistido como forma de tratamento na DPOC**

A DPOC, por acometer sistemicamente o organismo, gera algumas sequelas persistentes que necessitam de um cuidado e tratamento interventivo eficaz, especialmente no que diz respeito a parte muscular. Com isso, o treinamento resistido (TR) vem com o objetivo de devolver a essa população a força muscular (periférica e respiratória), além de aumentar a capacidade funcional dos mesmos. A inclusão do TR em programas de exercícios visando essa melhora do desempenho físico em pessoas com DPOC está bem firmada e presente em *guidelines* clínicos internacionais, como o da GOLD e da Sociedade Torácica Americana/Sociedade Respiratória Europeia (GOLD, 2023; Rochester *et al.*, 2015).

O treinamento resistido nos Programas de Reabilitação Pulmonar (PRP) pode resultar em melhora da qualidade de vida, quando comparado ao exercício aeróbico, entretanto quando refere-se a pacientes acometidos por DPOC, nem sempre é viável a indicação de exercícios com cargas elevadas já que eles não suportam a atividade, gerando desconforto e dispneia, principalmente naqueles que estão a partir do estágio II, de acordo com a classificação da GOLD. Afinal, quando é exigido do corpo um esforço maior, é também necessária uma inalação mais acentuada de ar, contudo em pessoas com essa enfermidade há uma redução do fluxo de ar respiratório devido as obstruções, e sua realização forçada pode ocasionar a sensação de falta de ar (Chen, 2016; Rossi *et al.*, 2015; Zambom-Ferraresi *et al.*, 2015).

Considerado a pedra angular da reabilitação pulmonar, o exercício físico (principalmente, o treinamento resistido) é o melhor meio disponível para melhorar a função muscular na DPOC. Melhorias na função do músculo esquelético após o treinamento físico levam a ganhos no desempenho muscular, apesar da ausência de alterações na função pulmonar. Além disso, a melhoria da capacidade oxidativa e da eficiência dos músculos esqueléticos leva a uma redução da necessidade ventilatória para uma determinada taxa de trabalho submáxima; isso pode diminuir a hiperinsuflação dinâmica, aumentando assim a redução da dispneia aos esforços (Spruit *et al.*, 2013).

Devido a isso se faz necessária a realização de estudos que investiguem outras formas de exercício, como a RFS, que sejam apropriadas para a melhora do desempenho físico de pessoas com DPOC, mas sem a utilização de cargas elevadas.

#### **4.4 - Treinamento resistido da musculatura periférica com restrição de fluxo sanguíneo (RFS)**

A RFS é uma metodologia que se baseia na prerrogativa do aumento de força da musculatura periférica e da hipertrofia muscular por meio da hipóxia, podendo ser utilizada com ou sem exercício físico. Levando em consideração esse propósito, o exercício com RFS, isquemia, restrição ou oclusão vascular vem sendo uma alternativa que engloba intensidades baixas, porém, respostas fisiológicas com ganhos significativos de força e massa muscular equivalente a exercícios de intensidades elevadas (Renzi; Tanaka; Sugawara, 2010).

Quando a RFS é associada aos exercícios, promove os mesmos benefícios que os tradicionais protocolos de alta carga, entretanto, usando cargas muito baixas ( $\leq 30\%$  de 1RM), utilizando-se, para a redução desse fluxo sanguíneo na musculatura a ser trabalhada, equipamentos como: elásticos ou manguitos pneumáticos (Bittar *et al.*, 2017; Pereira Neto *et al.*, 2018).

A partir dessa visão, nota-se a existência de alguns mecanismos fisiológicos que cercam o método de RFS, que são: estresse metabólico, acúmulo de metabólitos e íons  $H^+$ , secreção do hormônio do crescimento (GH), hipóxia muscular, inchaço celular, maior expressão do mTOR e inibição dos fatores de degeneração muscular, como a miostatina, que beneficiam os ganhos de força e hipertrofia muscular (Slysz; Stultz; Burr, 2016).

A revisão publicada por Thiebaud, Loenneke e Abe (2014) foi a primeira a apontar a possibilidade de utilização da RFS em pessoas com DPOC, justificando que os benefícios promovidos pelo método, seriam importantes para essa população por serem alcançados utilizando cargas baixas. Portanto, diante do exposto fica claro que o treinamento resistido associado ao método da restrição de fluxo sanguíneo (TR+RFS) torna-se viável para os indivíduos com DPOC, principalmente, em estágios mais avançados da doença, devido à demanda baixa de esforço, promovendo maior conforto aos pacientes, além da utilização de baixas cargas.

#### 4.5 - Treinamento muscular respiratório (TMR) no DPOC

Os músculos recrutados durante a respiração são fundamentais para a realização de todo o processo de excursão respiratória, pois a contração dos mesmos favorece a entrada e a saída de ar dos pulmões. Destes, o diafragma que desempenha um papel importante durante o ciclo respiratório e, devido à insuficiência muscular respiratória ocasionada pela DPOC, encontra-se em desvantagem biomecânica e, dessa maneira, influencia, negativamente, a função pulmonar (Davashi *et al.*, 2014).

Portanto, para minimizar os prejuízos provocados pela DPOC, diferentes estratégias de tratamento são utilizadas, tais como: exclusão dos fatores de risco, interrupção do tabagismo, otimização no suporte nutricional, tratamento farmacológico, uso de ventilação mecânica e aplicação de protocolos de reabilitação pulmonar – RP (Zanchet; Viegas; Lima, 2005).

Dentre os protocolos existentes, encontra-se um programa envolvendo exercícios aeróbios e resistidos combinados, que apresentam melhora na força muscular respiratória e de membros inferiores e na capacidade funcional. Além disso, pacientes que são submetidos a treinamento muscular respiratório (TMR) associado a um protocolo de exercícios para controle motor, quando comparados com aqueles submetidos a um programa de TMR, isoladamente, demonstram melhor resposta na função pulmonar, força muscular respiratória e controle postural (Ambrozin *et al.*, 2013; Balbás-Álvarez *et al.*, 2018).

Para realização do TMR há diferentes equipamentos e um deles é o incentivador inspiratório (*Powerbreathe*®) amplamente utilizado no treinamento da musculatura inspiratória (TMI). Ele é composto por uma válvula, calibrada, com molas para o ajuste de carga, assim permite que o desempenho dos músculos respiratórios seja avaliado e monitorado, sendo capaz de fornecer o índice de força muscular inspiratória global e o fluxo inspiratório (Maurer *et al.*, 2022).

O TMI tem como objetivo aumentar a força muscular inspiratória e/ou *endurance*, promovendo hipertrofia da fibra muscular por meio de uma sobrecarga de trabalho, recrutamento das fibras musculares do tipo II (de contração rápida e pouco resistente à fadiga) para aumento da força, ou fibras musculares tipo I (de contração lenta e à fadiga) quando para melhora da *endurance* (Gosselink *et al.*, 2011).

### 5 - METODOLOGIA

#### 5.1 - Caracterização do estudo

Trata-se de um ensaio clínico de caráter experimental, com delineamento cruzado (crossover), o qual consiste na aplicação de experimentos com grupos amostrais, aleatorizados, com o objetivo de controlar as ações de possíveis fatores intervenientes e investigar graus de mudanças decorrentes de tratamentos específicos nas variáveis dependentes, cuja abordagem é quantitativa (Sousa; Driessnack; Mendes, 2007) tendo, os sujeitos, vivenciados todos os protocolos experimentais.

## 5.2 - População e amostra

A amostra do estudo foi composta por idosos diagnosticados com DPOC leve, moderada ou grave que realizam tratamento no setor de pneumologia do Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba (HULW/UFPB). Para o cálculo amostral foi utilizado o *software* G\* Power 3.1.0 e os procedimentos seguiram as recomendações de Beck (2013). A priori, foi adotada uma potência de 0,8 considerando um nível de significância de 5%, e um tamanho de efeito de 0,4, para analisar 3 grupos, realizando 3 medidas em cada um deles, com taxa de correlação entre medidas de 0,5 e para tanto, foi calculado um “n” total de 12 sujeitos. Considerando uma perda amostral de 20%, o “n” total foi de 14 sujeitos. Esta análise foi realizada para reduzir a probabilidade de erro do tipo II e para determinar o número mínimo de indivíduos necessários para esta investigação. Assim, o tamanho da amostra foi suficiente para fornecer 80% de poder estatístico, tomando como base os desfechos de força muscular inspiratória e periférica.

**Tabela 1** – Caracterização da amostra em média e desvio padrão (n = 14: 8 mulheres e 6 homens)

Variáveis	Média ± DP
Idade (anos)	67,50 ± 1,76
Massa Corporal (kg)	67,67 ± 3,39
Massa Muscular (kg)	23,34 ± 1,20
Massa de Gordura (kg)	24,78 ± 2,46
Estatura (m)	1,58 ± 0,02
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	26,88 ± 1,28
VEF <sub>1</sub> (%)	66,50 ± 5,00
VEF <sub>1</sub> /CVF	0,64 ± 0,01
ITB D (mmHg)	1,00 ± 0,02

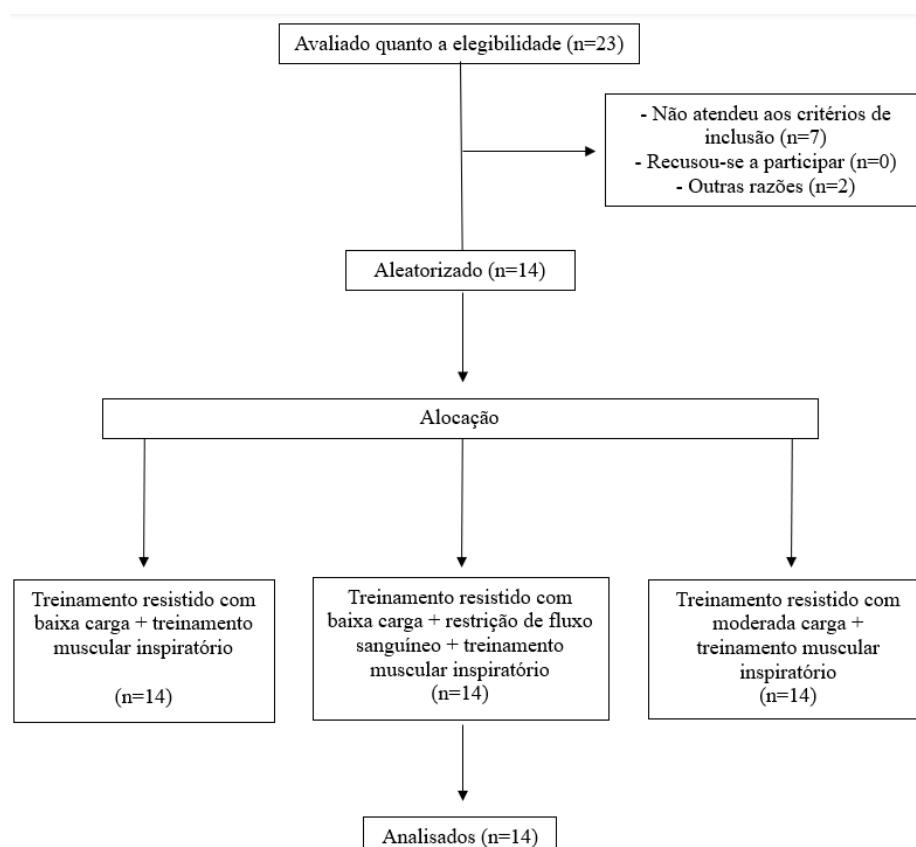


ITB E (mmHg)	1,01 ± 0,02
POA MMSS Dir (mmHg)	332,71 ± 22,04
POA MMSS Esq (mmHg)	318,57 ± 23,80
POA MMII Dir (mmHg)	182,14 ± 11,35
POA MMII Esq (mmHg)	175,29 ± 12,03
1RM MMSS (kg)	10,64 ± 0,99
1RM MMII (kg)	13,36 ± 1,36

Legenda: IMC = índice de massa corporal; VEF<sub>1</sub> = volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF<sub>1</sub>/CVF = razão entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo e capacidade vital forçada; ITB = índice tornozelo braquial; POA = pressão de oclusão arterial; MMSS = membros superiores; MMII = membros inferiores; 1RM = uma repetição máxima.

Esta amostra foi obtida por divulgação, tanto por lista dos pacientes atendidos no setor pneumologia disponibilizada pelo HULW, quanto por captação presencial no mesmo hospital ou em outros locais de referência. Além disso, o primeiro contato com os voluntários foi realizado por telefone com a finalidade de checar os critérios de inclusão para participação na pesquisa e os que se enquadravam nos critérios de elegibilidade foram convidados a participar da mesma.

**Figura 1 – Fluxograma da amostra**



### **5.3 - Critérios de inclusão**

Os sujeitos do estudo obedeceram aos seguintes critérios: a) diagnóstico de DPOC leve, moderada ou grave, ou seja, apresentando VEF<sub>1</sub> pós broncodilatador entre 30% e  $\geq 80\%$  do valor predito (GOLD, 2023), por meio da apresentação do exame da espirometria; b) idade acima de 60 anos; c) ausência de comorbidades locomotoras ou neurológicas que impeçam a realização dos testes e exercícios; d) sem exacerbação de sintomas e regime farmacológico estável há pelo menos dois meses antes do início do treinamento; e) que aceitassem participar, voluntariamente, da pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### **5.4 - Critérios de exclusão**

Foram excluídos do estudo os sujeitos que apresentaram durante o experimento algum agravante cardiovascular e osteomuscular que os impedissem de realizar o tratamento.

### **5.5 - Procedimentos éticos**

O estudo cumpriu as exigências da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) do Ministério da Saúde (MS). Todas as informações obtidas em relação a esse estudo permaneceram em absoluto sigilo, assegurando proteção da imagem e privacidade dos voluntários, respeitando valores morais e culturais, religiosos, sociais e éticos. Além disso, foi explicado, a cada participante, os possíveis riscos, benefícios e procedimentos do estudo, sendo solicitada ao final a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A) elaborado de acordo com a Declaração de Helsinque, garantindo assim o sigilo dos dados coletados. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do CCS/UFPB com parecer de número: 6.466.280 e CAAE: 68316123.7.0000.5188, além de ter sido vinculado ao Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC), com registro: RBR-9yrfyf.

## 5.6 - Variáveis do estudo

---

### VARIÁVEIS INDEPENDENTES

---

- Treinamento resistido com RFS;
  - Treinamento resistido tradicional.
- 

### VARIÁVEIS DEPENDENTES

---

#### ➤ Desfecho Primário:

- Força Muscular Periférica (Dinamometria);
- Força Muscular Respiratória ( $P_{i\text{máx}}$  – *Powerbreathe*®)

#### ➤ Desfechos Secundários:

- Dispneia (Escala Modificada de Borg);
  - Percepção Subjetiva do Esforço (PSE);
  - Níveis de força dinâmica máxima (1RM);
  - Hemodinâmica (Frequência Cardíaca e Pressão Arterial);
  - Frequência Respiratória (Visual) e Saturação Periférica de Oxigênio (Oxímetro).
- 

### VARIÁVEIS INTERVENIENTES

---

- Terapia medicamentosa: ausência ou uso descontrolado de medicação corticoide;
  - Dieta: ingestão de alimentos em quantidades, horários e tipos de refeições ou suplementação nutricional não controlada
- 

## 5.7 - Instrumentos e metodologia da coleta de dados

Inicialmente, no primeiro contato, foi feita uma abordagem aos sujeitos no laboratório para esclarecer o objetivo da pesquisa, seus riscos e benefícios, e os que concordaram em participar da mesma, assinaram o TCLE (Apêndice A). Em seguida, eles responderam ao questionário da Anamnese (Apêndice B) e, além disso, foram realizadas avaliações (Apêndice C) da composição corporal, índice tornozelo-braquial (ITB), determinação da pressão de oclusão arterial (POA), avaliação da força muscular inspiratória (*Powerbreathe*®), dinamometria e teste de 1RM. No segundo contato, foi reavaliado o teste de 1RM, explicada a escala de desconforto (PSE: CR10 de *Borg*) e apresentado aos pacientes os exercícios aos quais eles seriam submetidos, nas sessões de protocolos.

Após esses processos iniciais de entrevista e avaliações, os sujeitos participaram das 3 condições experimentais, em ordem aleatória (*randomization.com*) no modelo *crossover*, com um período de *wash-out* de 48h-72h, que foram as seguintes: TRBC+TMI, TRBC+RFS/50%

da POA+TMI e TRMC+TMI (Andreatta *et al.*, 2018; Rodrigues Neto *et al.*, 2018). A pressão inspiratória máxima (*Powerbreathe*®) e a força muscular periférica (dinamometria) foram avaliadas no primeiro contato e após cada sessão. Além disso, antes, imediatamente após e 10 minutos após cada sessão de protocolo foram avaliadas as seguintes variáveis: dispneia (escala modificada de *Borg*), frequência respiratória, saturação periférica de oxigênio, frequência cardíaca e pressão arterial.

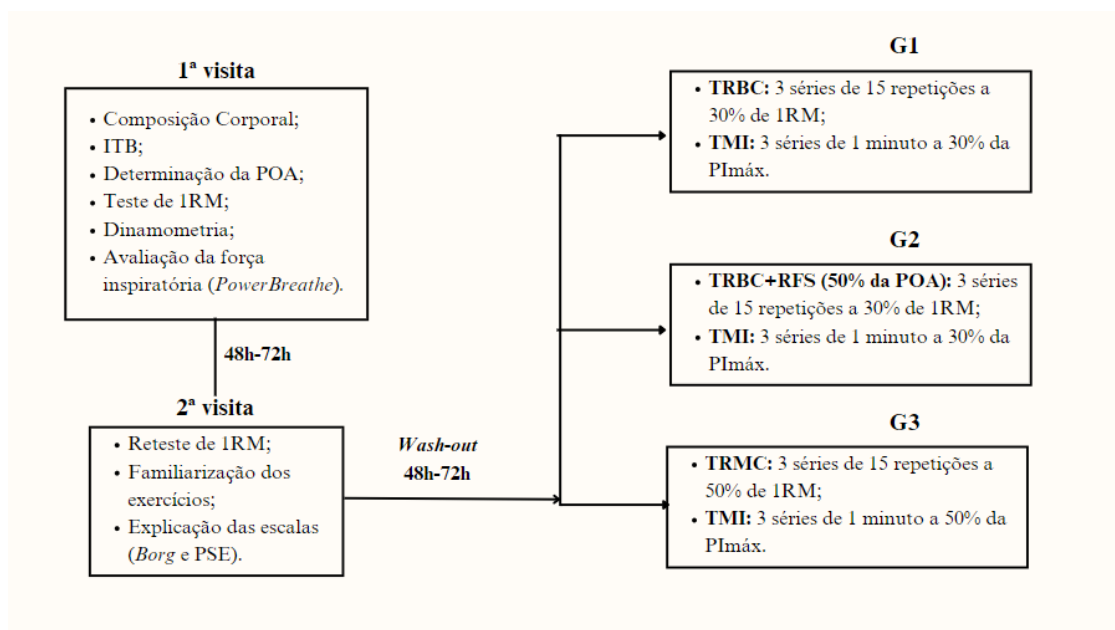
**Quadro 2** – Caracterização dos grupos experimentais

Grupos	Condições	Tipos de Exercícios	Frequência	Intensidade
G1	TRBC+TMI	Flexão de cotovelo e extensão de joelho e TMI	Sessão única	30% de 1RM 30% da $P_{i_{máx}}$
G2	TRBC+RFS (50% da POA)+TMI	Flexão de cotovelo e extensão de joelho e TMI	Sessão única	30% de 1RM 30% da $P_{i_{máx}}$
G3	TRMC+TMI	Flexão de cotovelo e extensão de joelho e TMI	Sessão única	50% de 1RM 50% da $P_{i_{máx}}$

*Legenda:* TRBC+TMI = Treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS = Treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo; TRMC = Treinamento resistido de moderada carga; POA: pressão de oclusão arterial; 1RM = 1 repetição máxima;  $P_{i_{máx}}$  = pressão inspiratória máxima.

Em todos os protocolos foi utilizada a escala de percepção subjetiva do esforço (PSE: CR-10 de *Borg*), com o objetivo de avaliar o esforço subjetivo dos sujeitos, auxiliando, deste modo, na mensuração da intensidade da sessão de treinamento e no estado de fadiga dos participantes (Balsalobre-Fernández *et al.*, 2021).

**Figura 2 – Desenho experimental**



*Legenda:* ITB = índice tornozelo-braquial; POA = pressão de oclusão arterial; 1RM = teste de 1 repetição máxima; PSE = percepção subjetiva de esforço; *Borg* = escala para dispneia; TRBC+TMI = Treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS = Treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo; TRMC = Treinamento resistido de moderada carga.

## 5.8 – Procedimentos para coleta de dados

### 5.8.1 – Antropometria e composição corporal

Para mensurar a estatura dos sujeitos foi utilizado um estadiômetro (modelo 31, Filizola, São Paulo, Brazil), com campo de uso de 0,80 até 2,20 m, com tolerância de  $\pm 2$  mm. Eles foram instruídos a ficar descalços, com os calcanhares unidos e braços relaxados, e permanecerem o mais ereto possível, com a cabeça orientada no plano de *Frankfurt* (Stewart et al., 2011).

A composição corporal foi avaliada por meio de bioimpedanciômetro (InBody 120 – Seul, Coreia do Sul), que utiliza o sistema de eletrodos octapolar, com 8 pontos táteis, sendo 2 em cada pé e 2 em cada mão. Foram mensuradas as variáveis referentes à massa corporal (MC); massa muscular total (MMT) e por cada segmento (membros inferiores, superiores, cabeça e tronco), percentual de gordura corporal total (GCT) e segmentos (membros inferiores, superiores, cabeça e tronco), percentual de água corporal (AC), massa óssea (MO), idade metabólica (IM), metabolismo basal (MB) e índice de massa corporal (IMC).

Os sujeitos receberam as seguintes instruções para a realização desta avaliação: a) estar em jejum há pelo menos 4 horas; b) não consumir bebida alcoólica e cafeinada 48 horas antes

do exame; c) não realizar exercícios físicos com intensidade 12 horas antes; d) não efetuar o exame diante de quadro febril ou de desidratação; e) não utilizar objetos metálicos; f) utilizar o banheiro antes do teste para diminuir os volumes de urina e fezes; g) realizar o exame com trajes de banho e descalços, com a postura ereta na plataforma e segurando os eletrodos a 30° do tronco (Pitanga *et al.*, 2012).

#### 5.8.2 - Índice Tornozelo/Braquial (ITB)

O ITB é um método de fácil realização, simples e não invasivo com baixo custo e elevada sensibilidade (79% - 95%), além de alta especificidade (95% - 100%), sendo assim considerado um exame avaliativo altamente eficaz, possibilitando a detecção precoce da doença arterial obstrutiva periférica (DAOP) na população, incluindo os sintomáticos e os assintomáticos. Seu valor é obtido por meio da razão entre a pressão arterial sistólica dos membros superiores e inferiores, sendo que os parâmetros de normalidade estão entre 0,9 e 1,4 (Resnick *et al.*, 2004). Alguma alteração nesses valores, para mais ou para menos, é alerta de contraindicação a realização de exercícios com restrição de fluxo sanguíneo (Loenneke *et al.*, 2011).

Para a medição desta variável foram coletadas a pressão arterial sistólica (PAS) nos membros superiores (artéria braquial) e inferiores (artéria tibial posterior ou pediosa), utilizando um Doppler Vascular Portátil de alta frequência: 5 a 10 MHz (MedPeg® DV - 2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), e um esfigmomanômetro. Para a realização do teste, os sujeitos foram orientados a: não ingerir bebida cafeinada ou alcoólica, não fumar, não fazer o exame de bexiga cheia, não realizar exercícios físicos nos últimos 30 minutos que antecedem o teste, não cruzar os braços ou pernas e não falar durante o procedimento.

Os sujeitos se posicionaram sobre uma maca, em decúbito dorsal e foram orientados a permanecer em repouso, durante 10 minutos. Duas medidas, de cada vaso, foram realizadas de maneira rotacional (Resnick *et al.*, 2004), com intervalos de pelo menos de 30 segundos, entre elas, e calculado o ITB, bilateralmente, com base nos maiores valores, por meio das seguintes equações:

$$\text{ITB direito} = \frac{\text{PAS do tornozelo direito}}{\text{PAS do braço direito}}$$

$$\text{ITB esquerdo} = \frac{\text{PAS do tornozelo esquerdo}}{\text{PAS do braço esquerdo}}$$

### 5.8.3 - Determinação da Pressão de Oclusão Arterial (POA)

No TRBC+RFS, foi utilizado o protocolo proposto por Laurentino *et al.* (2012), utilizando um aparelho *doppler* vascular portátil (MedPeg® DV - 2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil) e manguitos pneumáticos adaptados. Os sujeitos permaneceram na mesma posição que realizaram os exercícios e os manguitos foram colocados na porção proximal dos braços e das coxas, para captação do fluxo sanguíneo da artéria tibial posterior ou pediosa e radial, por meio do *doppler*.

Nos MMSS, os sujeitos ficaram em pé, e os manguitos fixados na região da prega axilar, em ambos os braços. Posteriormente, o transdutor do *doppler* foi posicionado sobre a artéria radial e o manguito foi inflado até o pulso auscultatório se tornar inaudível, que é indicativo do ponto de restrição total do fluxo sanguíneo. Já nos MMII, os sujeitos ficaram sentados, e os manguitos foram colocados na região da prega inguinal, em ambas as coxas, e em seguida, a sonda do aparelho *doppler* foi colocada sobre a artéria tibial posterior ou pediosa, com inclinação próxima ao 60° em relação ao eixo longitudinal do vaso, e o manguito foi inflado até o pulso auscultatório se tornar inaudível, tal qual realizado nos MMSS.

Na avaliação pré-treino, foi registrada a pressão necessária para o interrompimento completo do fluxo sanguíneo (POA total – 100% da RFS) do sujeito, e os 50% da POA foram calculadas baseados no valor da POA total.

### 5.8.4 - Avaliação da força muscular inspiratória

Para a avaliação da pressão inspiratória máxima ( $P_{i_{máx}}$ ), foi utilizado um dispositivo eletrônico computadorizado (KH2; *PowerBreathe International Ltd. UK*) junto com um *Breathelink* de feedback. Durante os testes, os sujeitos permaneceram sentados com os braços apoiados e clipe nasal para evitar vazamento de ar para fora do dispositivo. Durante a avaliação da  $P_{i_{máx}}$ , eles foram instruídos a expirar até o volume residual (VR) e realizar uma inspiração máxima mantida pelo maior tempo possível, negligenciada quando menor que 1,5 segundos. Foram realizadas de 3 a 8 repetições buscando variações menores que 10% nos valores, entre elas, sendo considerada a medida de maior valor (Laveneziana *et al.*, 2019), com reavaliações após cada sessão de treino.

### 5.8.5 - Teste de uma repetição máxima (1RM)

Na avaliação da força muscular foi utilizado o teste de 1RM seguindo as recomendações do *American College of Sports Medicine – ACSM* (2017), no qual, inicialmente, foi realizado um aquecimento, da musculatura a ser testada, dividido em duas etapas: 1ª) 8 repetições com 50% da carga estimada para o valor de 1RM e após 2 minutos de descanso; 2ª) 3 repetições a 70% do valor de 1RM seguido de um intervalo de 3 minutos para dar início ao teste propriamente dito.

Após esse processo, a carga foi gradativamente elevada de 1 a 5 kg da carga anterior, com intervalos de 2 minutos entre as tentativas, até o voluntário não ser mais capaz de realizar o movimento completo. Desta maneira, a carga alcançada na tentativa anterior à falha foi considerada como sendo o valor de 1RM, e todas as cargas máximas foram alcançadas em até 5 tentativas.

Para reduzir a margem de erro nos procedimentos de coleta de dados, foram adotadas as seguintes estratégias: 1) todos os testes foram realizados na mesma hora do dia; 2) instruções padronizadas foram dadas antes dos testes, assim, todos estavam cientes da rotina de coleta de dados; 3) também foram instruídos sobre a técnica adequada da execução do exercício e; 4) todos os participantes receberam encorajamento verbal padronizado durante os testes, pelo mesmo avaliador.

### 5.8.6 – Avaliação da pressão arterial (PA) e frequência cardíaca (FC)

As aferições da PA (sistólica e diastólica), foram realizadas, no braço esquerdo, com os sujeitos, sentados, ambos os braços apoiados e relaxados, utilizando um esfigmomanômetro e estetoscópio (Premium - GLICOMED®, São Paulo, SP, Brasil). A medida foi realizada antes e após as sessões de exercício, nos momentos: pré, imediatamente após e 10 minutos após. Assim como a PA, a FC foi avaliada com um oxímetro de dedo (*Oximeter*, Brasil) de acordo com Amamou *et al.* (2017).

### 5.8.7 - Percepção subjetiva de esforço (PSE)

Para mensurar a intensidade da atividade física foi aplicada a escala de esforço percebido (PSE) ou escala de CR10 de *Borg*, na qual 0 (zero) traduz nenhum esforço e 10 (dez) traduz o esforço máximo (Foster *et al.*, 2001), conforme a Figura 3. É uma ferramenta eficaz



para prever o desempenho e definir estratégias para aumentar a intensidade da atividade física, além de servir na mensuração dos níveis de recuperação pós exercício (Kaercher *et al.*, 2019; Loss *et al.*, 2017). A escala CR10 de *Borg* foi previamente apresentada aos sujeitos para esclarecimentos dos critérios e familiarização com o instrumento, sendo esta aplicada ao final das séries de exercícios, e o sujeito mostrava, na mesma, a numeração correspondente a sua sensação de esforço.

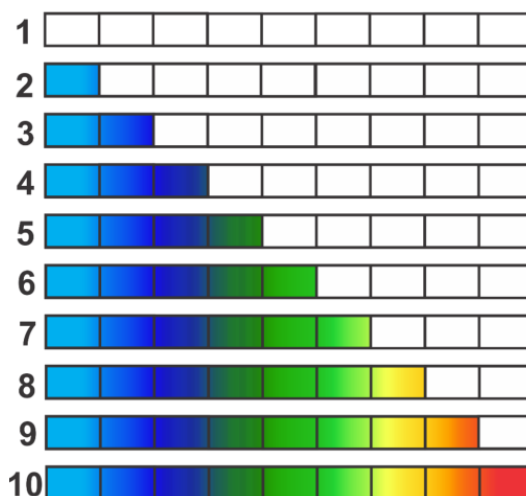
**Figura 3** – Escala de percepção subjetiva de esforço



Fonte: Google Imagens

#### 5.8.8 Avaliação da dispneia

A dispneia é a maior causa de incapacidade e redução da qualidade de vida para pacientes com doenças respiratórias como é o caso da DPOC. Portanto, para a avaliação dos participantes dessa pesquisa foi escolhida a escala visual analógica modificada de *Borg*, que foi utilizada antes, imediatamente após e 10 minutos após cada sessão experimental. Essa escala é caracterizada por quadros que mudam a graduação da coloração e indicam a intensidade da dispneia, na qual o primeiro quadro representa “nenhuma dispneia” e o último “dispneia máxima” (Figura 4). Esta escala foi selecionada para participar da avaliação desse estudo porque a escala de *Borg* modificada para dispneia necessita que os participantes sejam alfabetizados para interpretá-la, enquanto essa analógica visual, as cores facilitam o entendimento dos mais variados voluntários, mesmo sendo analfabetos (Brunetto; Paulin; Yamaguti, 2002).

**Figura 4** – Escala visual analógica modificada de *Borg*

Fonte: Adaptado de Brunetto *et al.* (2002).

#### 5.8.9 – Avaliação da frequência respiratória e saturação periférica de oxigênio

A frequência respiratória (FR) foi avaliada, visualmente, através da observação das incursões respiratórias (inspiração e expiração) durante 1 minuto, enquanto que a saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ) foi mensurada por meio do oxímetro de dedo (*Oximeter*, Brasil), sendo, essas variáveis, analisadas nos momentos: pré, imediatamente após e 10 minutos após, as sessões de exercício.

#### 5.8.10 - Avaliação da força muscular

A mensuração da força dos flexores do cotovelo foi realizada, 3 vezes, com o indivíduo sentado em uma cadeira, o membro superior posicionado sobre uma mesa (estabilizada e com altura ajustável, ao nível do tórax), com o cotovelo e ombro mantidos a 90° de flexão, além do antebraço em supinação. Os sujeitos, segurando uma empunhadura, realizavam uma força tensionando a célula de carga de um dinamômetro digital portátil (modelo DD-300, *Instrutherm Ltd.*, Brasil) utilizado para a medida de Contração Isométrica Voluntária Máxima – CIVM (Figura 5).

**Figura 5** – Dinamometria isométrica dos flexores do cotovelo



Fonte: Arquivo pessoal.

Para a realização do teste de força isométrica dos extensores dos joelhos, os sujeitos permaneceram sentados, com quadril flexionado a  $110^\circ$ , mantendo o joelho avaliado num ângulo de  $60^\circ$  (monitorados por um flexímetro – modelo Pendular Gravitacional, SANNY, São Paulo – Brasil), utilizando uma cadeira de Bonett (adaptada), com dinamômetro digital portátil (modelo DD-300, Instrutherm Ltd., BR) para a medição da CIVM (Figura 6). Durante o teste, para estabilização dos mesmos, foram utilizados cintos: no tronco (diagonal), na pelve e na coxa (transversal), além de uma cinta de couro no tornozelo ligada a célula de carga do dinamômetro, por meio de cabos de aço, formando um ângulo de  $90^\circ$  com a perna.

**Figura 6** – Dinamometria isométrica dos extensores do joelho



Fonte: Arquivo pessoal

As medidas de força para flexão dos cotovelos e extensão dos joelhos, consistiram em uma série de 3 CIVM, cada uma mantida por 5 segundos, com intervalo de 30 segundos de descanso (Vasconcelos *et al.*, 2009), e em cada uma delas os sujeitos receberam um estímulo vocal (“força, força, força”), pelo mesmo avaliador, e para efeito de análise estatística foi considerado o maior valor (Santos *et al.*, 2014).

## 5.9 - Protocolos de treinamento

Os 14 sujeitos (9 hipertensos controlados e 5 normotensos) foram distribuídos, aleatoriamente, em 3 grupos experimentais com intervenções diferentes: 1) TRBC+TMI; 2) TRBC+RFS (50% da POA) +TMI; 3) TRMC+TMI. Os protocolos de treinamento foram realizados em 3 dias diferentes com *Wash-out* de 48h-72h, nos quais cada sujeito passou por todas as intervenções (Andreatta *et al.*, 2018; Rodrigues Neto *et al.*, 2018). Os protocolos do TR foram compostos de 3 séries de 15 repetições, com 1 minuto de intervalo entre as séries, a 30% e 50% de 1RM, sendo eles: TRBC – MMSS e MMII; TRBC+RFS/50% da POA – MMSS e MMII; TRMC – MMSS e MMII (ACSM, 2017; Vilaça-Alves *et al.*, 2016), conforme a Figura 7.

Nos treinamentos com RFS os participantes usaram manguitos pneumáticos adaptados nos MMSS (6 cm de largura e 47 cm de comprimento) e/ou MMII (18 cm de largura e 80 cm de comprimento), que foram desinflados nos intervalos entre as séries e reinflados no início de cada série. No início da sessão de treino a ordem dos exercícios de flexão de cotovelos (rosca direta com barra e anilhas) e extensão de joelhos (cadeira extensora), foi estabelecida de forma aleatorizada, com intervalo de 2 minutos entre os exercícios (Ferraz *et al.*, 2018; Rodrigues Neto *et al.*, 2019).

**Figura 7** – Treinamento Resistido (MMSS e MMII) com (A e B) e sem RFS (C e D)



Fonte: arquivo pessoal

Já no protocolo do TMI, realizado ao início de cada sessão, foi utilizado o incentivador inspiratório (KH2; *PowerBreathe International Ltd. - UK*), levando em consideração as recomendações de Gosselink *et al.* (2011) e Göhl *et al.* (2016), para cargas de 30% de  $P_{i_{máx}}$  no G1 e G2, e 50% de  $P_{i_{máx}}$  no G3, com 3 séries de 1 minuto e 1 minuto de repouso, entre as séries, igualando-se aos percentuais de carga adotadas no treinamento resistido. Após a definição da resistência a ser aplicada (cmH<sub>2</sub>O), os sujeitos utilizavam um clipe nasal, e inspirando através do bocal, gerando uma pressão capaz de abrir a válvula. Quando a pressão gerada era maior que a pressão exercida pela mola, o ar era inspirado através do aparelho, conforme a Figura 8 (Britto; Brant; Parreira, 2009).

**Figura 8** – Treinamento Muscular Inspiratório (TMI)



Fonte: arquivo pessoal

### 5.10 - Análise de dados

Os dados foram analisados no *Statistical Package for the Social Science* (SPSS – 26.0). Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória para verificar a normalidade, a homogeneidade e a esfericidade dos dados por meio dos testes de *Shapiro-Wilk*, *Levene* e *Mauchly*, respectivamente. E, em casos do pressuposto violado, foi adotada a correção de graus de liberdade de *Greenhouse-Geisser* e os que não atenderam os pressupostos da normalidade foram logaritmizados.

Em seguida, foi realizado o teste da ANOVA (*One-Way*) para comparação, intergrupos, nos momentos pré e pós cada protocolo experimental, dos valores de pressão inspiratória máxima ( $P_{i_{máx}}$ ) e força muscular periférica (MMSS e MMII), seguido do *post-hoc* de *Tukey*.

Utilizou-se, também, o teste de ANOVA (*Two-Way*) de medidas repetidas (3 momentos x 3 protocolos), para analisar possíveis diferenças entre os protocolos experimentais: 1) TRBC+TMI; 2) TRBC+RFS+TMI; 3) TRMC+TMI e para comparar as variáveis FC, PAS, PAD, FR,  $SpO_2$ , Dispneia e PSE, seguido pelo *post-hoc* de *Bonferroni*. Nos casos em que os pressupostos de normalidade não foram atendidos foi utilizado o teste de *Friedman* ( $\chi^2$ ) - com comparações múltiplas (3 tempos x 3 condições) para amostras dependentes, seguido do teste de *Wilcoxon*.

Para analisar a correlação entre as variáveis  $P_{i_{máx}}$  e POA, foi realizado o teste de *Pearson*, com base na seguinte classificação: nula = 0,0; fraca = 0,01 a 0,3; regular = 0,31 a 0,6; forte = 0,61 a 0,9; muito forte = 0,91 a 0,99 e plena = 1,0 (Araújo *et al.*, 2014).

O tamanho do efeito foi utilizado para analisar a magnitude das mudanças entre os momentos das seguintes variáveis: FC, PAS, PAD, FR, SpO<sub>2</sub>, grau de Dispneia e PSE. O TE de *Cohen's d* foi estimado utilizando a calculadora *Psychometrica "Effect size estimates in repeated measures designs"* (Lenhard; Lenhard, 2016) e interpretando como Cohen (1988): insignificante ( $\leq 0,19$ ), pequeno (0,20 – 0,49), médio (0,50 – 0,79), grande (0,80 – 1,29) e muito grande ( $\geq 1,30$ ), adotando-se um nível de significância de  $P \leq 0,05$ , para todas as comparações.

## 6 - RESULTADOS

Na comparação da  $P_{i\text{máx}}$ , o teste da ANOVA mostrou que não houve diferença significativa entre os valores pré e pós, em todos os protocolos experimentais ( $P > 0,05$ ). Entretanto, na análise interprotocolos, verificou-se diferença significativa na comparação pós-intervenção entre TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,010$ ), com valores médios maiores para o protocolo TRBC+RFS+TMI (Tabela 2).

Com relação as análises da força muscular, pré-intervenção *versus* pós-intervenção, interprotocolos, notou-se diferença significativa no MS Direito quando comparado TRBC+TMI *versus* TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), com médias menores para o TRBC+TMI e maiores para o TRMC+TMI. Além disso, quando comparados os valores pós-intervenção, houve diferença significativa entre: TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,001$ ), média maior para o TRBC+RFS+TMI; TRBC+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,047$ ), média superior para TRMC+TMI; e TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), com média maior para o TRMC+TMI (Tabela 2).

Quanto ao MS Esquerdo, também houve aumento significativo no comparativo pré-intervenção *versus* pós-intervenção, nos protocolos: TRBC+TMI e TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,001$ ). Comparando TRBC+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), houve média maior para o protocolo de baixa carga; e TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI ( $P=0,001$ ), média superior no protocolo de moderada carga (Tabela 2).

Na comparação do MI Direito, observou-se aumento significativo na análise pré-intervenção *versus* pós-intervenção dos protocolos TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ). Na comparação interprotocolos (TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI:  $P = 0,001$  e TRBC+TMI vs. TRMC+TMI:  $P = 0,001$ ), também houve aumento nos protocolos com restrição de fluxo sanguíneo e de moderada carga, respectivamente (Tabela 2).

Por fim, ao analisar a força muscular do MI Esquerdo, pré-intervenção *versus* pós-intervenção, verificou-se diferença significativa em todos os protocolos: TRBC+TMI,

TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), com médias maiores, pós-intervenção (Tabela 2).

**Tabela 2** – Análise comparativa da pressão inspiratória máxima ( $P_{i\text{máx}}$ ) e força muscular periférica entre os sujeitos antes e após cada protocolo do estudo

Variáveis	Pré	Pós		
		TRBC+TMI	TRBC+RFS+TMI	TRMC+MI
<b>P<sub>i</sub>máx</b>	60,77±19,22 <sup>◇</sup>	54,13±19,48 <sup>◇,d</sup>	62,28±21,32 <sup>◇,d</sup>	56,35±19,49 <sup>◇</sup>
<b>MS Direito</b>	12,73±4,46 <sup>◇,a,c</sup>	12,04±4,64 <sup>◇,a,d,e</sup>	13,16±5,86 <sup>◇,d,f</sup>	13,31±5,35 <sup>◇,c,e,f</sup>
<b>MS Esquerdo</b>	11,18±4,89 <sup>◇,a,b</sup>	12,78±6,90 <sup>◇,a,e</sup>	12,12±5,36 <sup>◇,b,f</sup>	12,14±6,04 <sup>◇,e,f</sup>
<b>MI Direito</b>	22,23±7,94 <sup>◇,b,c</sup>	23,18±6,51 <sup>◇,d,e</sup>	25,85±8,01 <sup>◇,b,d</sup>	24,50±6,98 <sup>◇,c,e</sup>
<b>MI Esquerdo</b>	21,29±8,20 <sup>◇,a,b,c</sup>	26,09±6,98 <sup>◇,a</sup>	26,76±8,18 <sup>◇,b</sup>	26,07±9,17 <sup>◇,c</sup>

Legenda: P<sub>i</sub>máx = pressão inspiratória máxima; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório; MS = membro superior; MI = membro inferior.

Nota: (◇) ANOVA (*one-way*); (a) # pré x TRBC+TMI; (b) # pré x TRBC+RFS+TMI; (c) # pré x TRMC+TMI; (d) # TRBC+TMI x TRBC+RFS+TMI; (e) # TRBC+TMI x TRMC+TMI; (f) # TRBC+RFS+TMI x TRMC+TMI.

A respeito da FC (Tabela 3), foi encontrada uma redução entre os momentos nos protocolos TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI ( $P < 0,05$ ). O teste *post hoc* de *Bonferroni* observou diminuição significativa, na comparação pré-intervenção *vs.* 10' após ( $P = 0,042$ ;  $d = 0,50$ ) e imediatamente após *vs.* 10' após ( $P = 0,012$ ;  $d = 0,18$ ) no protocolo TRBC+RFS+TMI; e também, 10' após, em comparação a pré-intervenção, no TRMC+TMI ( $P = 0,014$ ;  $d = 0,33$ ), sem terem sido observadas diferenças entre os protocolos analisados ( $P > 0,05$ ).

Quanto a PAS (Tabela 3), apesar de não ter havido diferença significativa, intergrupos ( $P > 0,05$ ), na comparação intragrupo (pré-intervenção *versus* pós-intervenção), no TRBC+TMI houve diminuição no momento pré-intervenção *vs.* 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 3,22$ ) e imediatamente após *vs.* 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 4,23$ ) e no TRBC+TMI+RFS no momento pré-intervenção *vs.* 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,58$ ) e imediatamente após *vs.* 10' após ( $P = 0,002$ ;  $d = 4,35$ ). Por outro lado, no TRMC+TMI ( $P = 0,002$ ;  $d = 0,54$ ), houve aumento, imediatamente após comparado a pré-intervenção, além de redução no momento 10' após, comparado ao imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,12$ ).



Na análise da PAD (Tabela 3), não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Em contrapartida, a ANOVA de *Friedman*, observou uma redução significativa no protocolo TRBC+RFS+TMI, pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,014$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,025$ ).

**Tabela 3** – Respostas hemodinâmicas (FC, PAS e PAD) pré, imediatamente após e 10 minutos após diferentes protocolos experimentais

Variáveis	Momentos	Protocolos experimentais		
		TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
FC	Pré	80,50 ± 12,22 <sup>◇</sup>	81,93 ± 11,61 <sup>◇,b</sup>	81,87 ± 12,60 <sup>◇,b</sup>
	Imed. após	82,50 ± 12,98 <sup>◇</sup>	77,14 ± 13,22 <sup>◇,c</sup>	79,50 ± 12,24 <sup>◇</sup>
	10' após	80,00 ± 10,79 <sup>◇</sup>	73,79 ± 12,23 <sup>◇,b,c</sup>	75,79 ± 11,47 <sup>◇,b</sup>
PAS	Pré	120,00 (2,25) <sup>+,b</sup>	120,00 (2,29) <sup>+,b</sup>	118,57 ± 9,49 <sup>◇,a</sup>
	Imed. após	125,00 (2,57) <sup>+,c</sup>	130,00 (2,50) <sup>+,c</sup>	125,71 ± 6,46 <sup>◇,a,c</sup>
	10' após	110,00 (1,18) <sup>+,b,c</sup>	115,00 (1,21) <sup>+,b,c</sup>	115,71 ± 9,37 <sup>◇,c</sup>
PAD	Pré	80,00 (1,79) <sup>+</sup>	80,00 (2,25) <sup>+,b</sup>	80,00 (2,04) <sup>+</sup>
	Imed. após	80,00 (2,14) <sup>+</sup>	80,00 (2,14) <sup>+,c</sup>	80,00 (2,04) <sup>+</sup>
	10' após	80,00 (2,07) <sup>+</sup>	80,00 (1,61) <sup>+,b,c</sup>	80,00 (1,93) <sup>+</sup>

Legenda: FC = frequência cardíaca; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

Nota: (◇) ANOVA de medidas repetidas; (±) ANOVA de *Friedman*; (a) # pré x imed. após; (b) # pré x 10' após; (c) # imed. após x 10' após.

Na Tabela 4, observa-se que, na FR houve uma diferença significativa na comparação intergrupos (TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI:  $P = 0,001$  e TRBC+TMI vs. TRMC+TMI:  $P = 0,001$ ).

Nos dados intragrupo, no protocolo TRBC+TMI, comparado aos valores pré-intervenção, houve aumento, imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,40$ ) e redução 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,40$ ), e na comparação, imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,49$ ). No TRBC+RFS+TMI, houve redução, significativa, na comparação pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,007$ ;  $d = 0,43$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,58$ ), enquanto que, no TRMC+TMI houve aumento, significativa, entre pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,006$ ;  $d = 0,75$ ) e redução, significativa, entre o pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,023$ ;  $d = 0,18$ ) e o imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,62$ ).

Em relação a SpO<sub>2</sub> (Tabela 4), não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Já na análise intragrupo, observou-se aumento significativo no protocolo TRBC+TMI comparando pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,09$ ) e também 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,28$ ). No TRBC+RFS+TMI, na comparação pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,04$ ), pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,74$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,034$ ;  $d = 0,32$ ), e no TRMC+TMI, pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,35$ ) e pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,69$ ).

E quanto ao grau de dispneia analisado pela escala de *Borg* (Tabela 4), houve diferença, significativa, intergrupos: TRBC+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ) e o TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ). Na análise intragrupo, no TRBC+TMI, foi encontrada uma diminuição significativa ao comparar o momento imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,022$ ;  $d = 0,44$ ); no TRBC+RFS+TMI, um aumento na comparação pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,017$ ;  $d = 0,43$ ) e diminuição no imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,010$ ;  $d = 0,40$ ), enquanto que no TRMC+TMI, houve um aumento quando comparados: pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,64$ ) e diminuição entre o imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,66$ ).

**Tabela 4** – Respostas respiratórias (FR, SpO<sub>2</sub> e Dispneia) pré, imediatamente após e 10 minutos após diferentes protocolos experimentais

Variáveis	Momentos	Protocolos experimentais		
		TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
FR	Pré	17,00 (1,79) <sup>†,a,b</sup>	17,21 ± 1,80 <sup>◊,b</sup>	17,00 (1,93) <sup>†,a,b</sup>
	Imed. após	18,00 (2,96) <sup>†,a,c</sup>	18,00 ± 2,32 <sup>◊,c</sup>	19,00 (2,89) <sup>†,a,c</sup>
	10' após	16,00 (2,04) <sup>†,b,c</sup>	16,14 ± 1,23 <sup>◊,b,c</sup>	16,50 (1,23) <sup>†,b,c</sup>
SpO <sub>2</sub>	Pré	95,29 ± 1,13 <sup>◊,a,b</sup>	95,50 (1,04) <sup>†,a,b</sup>	95,00 (1,07) <sup>†,a,b</sup>
	Imed. após	97,00 ± 1,35 <sup>◊,a</sup>	97,00 (2,25) <sup>†,a,c</sup>	97,00 (2,39) <sup>†,a</sup>
	10' após	97,29 ± 1,26 <sup>◊,b</sup>	98,00 (2,71) <sup>†,b,c</sup>	97,50 (2,54) <sup>†,b</sup>
Borg	Pré	3,57 ± 1,39 <sup>◊</sup>	3,43 ± 1,78 <sup>◊,a</sup>	3,43 ± 1,60 <sup>◊,a</sup>
	Imed. após	4,50 ± 1,87 <sup>◊,c</sup>	4,50 ± 1,78 <sup>◊,a,c</sup>	4,86 ± 1,79 <sup>◊,a,c</sup>
	10' após	3,36 ± 1,27 <sup>◊,c</sup>	3,50 ± 1,22 <sup>◊,c</sup>	3,21 ± 1,18 <sup>◊,c</sup>

Legenda: FR = frequência respiratória; SpO<sub>2</sub> = saturação periférica de oxigênio; *Borg* = Escala de Dispneia; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

Nota: (◊) ANOVA de medidas repetidas; (†) ANOVA de *Friedman*; (a) # pré x imed. após; (b) # pré x 10' após; (c) # imed. após x 10' após.

Na análise intergrupos da PSE, na  $Pi_{\text{máx}}$  (Tabela 5), a ANOVA (*two-way*) mostrou diferença significativa entre o TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,05$ ). Na comparação intragrupo, o teste *post hoc* de Bonferroni mostrou aumento significativo, entre as séries, de todos os grupos analisados. No TRBC+TMI, observou aumento significativo entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,007$ ;  $d = 0,30$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,002$ ;  $d = 0,61$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,007$ ;  $d = 0,27$ ). No TRBC+RFS+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,42$ ) e 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,42$ ), e por fim, no TRMC+TMI na comparação entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,009$ ;  $d = 0,52$ ), 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,005$ ;  $d = 0,89$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,043$ ;  $d = 0,28$ ).

Na comparação, intergrupos, da PSE no treinamento dos MMSS (Tabela 5), não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). Entretanto, na análise intragrupo, observou-se um aumento significativo, apenas no TRBC+RFS+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,26$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,59$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,003$ ;  $d = 0,31$ ).

Com relação a PSE no treinamento dos MMII, houve diferença significativa, intergrupos entre TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,02$ ), enquanto que, na comparação intragrupo houve aumento significativo em todas as séries, de todos os protocolos analisados. No TRBC+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,046$ ;  $d = 0,54$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,015$ ;  $d = 0,80$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,039$ ;  $d = 0,22$ ); no TRBC+RFS+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,43$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,74$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,26$ ) e; no TRMC+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,015$ ;  $d = 0,47$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,02$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,63$ ).

**Tabela 5** – Comparação da percepção subjetiva do esforço (PSE) entre as 3 séries nos 3 protocolos experimentais

Variáveis	Momentos	Protocolos experimentais		
		TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
$Pi_{\text{máx}}$	1ª série	$3,86 \pm 1,51^{\diamond,a,b}$	$3,50 \pm 1,60^{\diamond,a,b}$	$3,00 \pm 1,10^{\diamond,a,b}$
	2ª série	$4,50 \pm 1,69^{\diamond,a,c}$	$4,43 \pm 1,95^{\diamond,a}$	$3,79 \pm 1,47^{\diamond,a,c}$
	3ª série	$5,14 \pm 2,10^{\diamond,b,c}$	$4,43 \pm 1,82^{\diamond,c}$	$4,36 \pm 1,73^{\diamond,b,c}$
MMSS	1ª série	$3,29 \pm 1,32^{\diamond}$	$3,57 \pm 1,74^{\diamond,a,b}$	$3,64 \pm 1,27^{\diamond}$
	2ª série	$3,71 \pm 1,26^{\diamond}$	$4,21 \pm 1,80^{\diamond,a,c}$	$4,07 \pm 1,14^{\diamond}$
	3ª série	$4,43 \pm 1,98^{\diamond}$	$5,00 \pm 1,61^{\diamond,b,c}$	$4,50 \pm 1,50^{\diamond}$

<b>MMII</b>	1ª série	3,71 ± 1,43 <sup>◊,a,b</sup>	4,29 ± 1,54 <sup>◊,a,b</sup>	4,07 ± 1,32 <sup>◊,a,b</sup>
	2ª série	4,79 ± 1,62 <sup>◊,a,c</sup>	5,21 ± 1,76 <sup>◊,a,c</sup>	4,93 ± 1,14 <sup>◊,a,c</sup>
	3ª série	5,29 ± 1,9 <sup>◊,b,c</sup>	5,86 ± 1,79 <sup>◊,b,c</sup>	5,93 ± 1,32 <sup>◊,b,c</sup>

Legenda: P<sub>máx</sub> = pressão inspiratória máxima; MMSS = membros superiores; MMII = membros inferiores; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

Nota: (◊) ANOVA de medidas repetidas; (a) # 1ª série x 2ª série; (b) # 1ª série x 3ª série; (c) # 2ª série x 3ª série.

Na análise da correlação entre a pressão de oclusão arterial (POA) e as pressões inspiratórias máximas (P<sub>máx</sub>), o teste de correlação de *Pearson*, não mostrou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os protocolos experimentais avaliados (TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI), conforme a Tabela 6.

**Tabela 6** – Correlação entre pressão de oclusão arterial (POA) e a pressão inspiratória máxima (P<sub>máx</sub>) após cada protocolo

POA	Pressões inspiratórias máximas (Pós)		
	TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
<b>MMSS Dir</b>	(r = - 0,075; P = 0,799)	(r = - 0,097; P = 0,742)	(r = - 0,086; P = 0,770)
<b>MMSS Esq</b>	(r = - 0,278; P = 0,336)	(r = - 0,377; P = 0,184)	(r = - 0,247; P = 0,394)
<b>MMII Dir</b>	(r = 0,341; P = 0,233)	(r = 0,325; P = 0,256)	(r = 0,249; P = 0,391)
<b>MMII Esq</b>	(r = 0,170; P = 0,561)	(r = 0,011; P = 0,971)	(r = - 0,013; P = 0,965)

Legenda: POA = pressão de oclusão arterial; P<sub>máx</sub> = pressão inspiratória máxima; MMSS = membros superiores; MMII = membros inferiores; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

## 7 – DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo foram: a) redução da PAS, FC, FR e dispneia em todos os protocolos no momento 10' após, enquanto que na PAD aconteceu apenas no TRBC+RFS+TMI; b) aumento da FR imediatamente após no TRBC+TMI e TRMC+TMI; da dispneia no TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI e da SpO<sub>2</sub> em todos os protocolos; da PSE em todos os treinos respiratórios e resistidos de MMII, e no TRBC+RFS+TMI de MMSS; da força muscular periférica em todas as comparações, intragrupos, nos MMSS e MMII, enquanto que

a força muscular inspiratória aumentou no TRBC+RFS+TMI, porém não houve correlação entre a POA e  $Pi_{máx}$ .

Apesar de nenhum estudo ter buscado analisar as respostas agudas da hemodinâmica, variáveis respiratórias e força periférica antes e após exercícios com e sem RFS em MMSS e MMII associado ao TMI em sujeitos com DPOC, alguns deles verificaram essas respostas isoladas. Rodrigues Neto *et al.* (2015; 2016a; 2016b) investigaram o efeito agudo do TR com RFS contínua (RFSC) ou intermitente (RFSI) sobre a hemodinâmica de normotensos, e Witt *et al.* (2007) realizaram um estudo de 5 semanas de TMI no intuito de aumentar a força muscular respiratória e reduzir ou retardar a fadiga muscular respiratória.

O estudo de Rodrigues Neto *et al.* (2015) analisou o efeito de 4 protocolos diferentes sobre a PAS: TR a 80% 1RM; TR a 20% 1RM; TR com RFS a 20% 1RM e grupo controle, compostos por exercícios, bilaterais, de MMSS (extensão e flexão de cotovelos) e MMII (extensão e flexão de joelhos), nos momentos: imediatamente após, 10'; 20'; 30'; 40'; 50'; e 60' após cada protocolo, e observaram que todos os programas de exercícios resultaram num efeito hipotensor significativo da PAS. Assim como Rodrigues Neto *et al.* (2016a) que compararam o efeito agudo do TR com RFS contínua ou intermitente sobre a PAS e PAD em homens normotensos que realizaram fortalecimento de MMSS (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps e rosca bíceps direta, bilateralmente), de forma cruzada, em 3 protocolos distintos: TRBC+RFSC, TRBC+RFSI, Treinamento resistido de alta carga (TRAC), observando aumentos imediatamente após o exercício e efeito hipotensivo após os repousos em todos os protocolos.

O presente estudo corrobora os resultados pós-treinamento, pois foram observadas reduções significantes na PAS no momento 10' após em todos os protocolos, enquanto que, na PAD, apenas no TRBC+RFS+TMI. Anderson e Wozniak (2004); McArdle (2013) e Viaro, Nobre e Evora (2000) explicam que isso pode ser devido ao aumento da óxido nítrico sintase (NOS) que é capaz de promover alterações no endotélio, tal qual, vasodilatação resultando numa cascata de fatores relaxantes que elevam o fluxo sanguíneo muscular e, consequentemente, reduzem a resistência vascular periférica.

Rodrigues Neto *et al.* (2016b) compararam os efeitos agudos do TR nos MMSS com RFSC e RFSI sobre a FC em normotensos, realizando medições antes e após cada sessão (*crossover* com três protocolos) e, ao final de cada exercício, aumento dessa variável ao final de cada sessão/exercício. O presente estudo contrapõe esses achados já que demonstrou redução significativa da FC no momento 10' após os protocolos com RFS e moderada carga. Uma possível explicação para essa divergência foi que no estudo de Rodrigues Neto *et al.* (2016b),

a medição foi realizada apenas pré e após a sessão, enquanto no presente estudo foi nos momentos pré-intervenção, imediatamente após e 10' após, o que fez gerar diferenças significantes devido ao tempo de recuperação fisiológica de cada sujeito.

Outra explicação para a diminuição da FC no presente estudo, está descrita no estudo de Witt *et al.* (2007), que ao realizarem 5 semanas de TMI em homens jovens e saudáveis, divididos em dois grupos (experimental: 50%  $Pi_{máx}$  e controle: 10%  $Pi_{máx}$ ), também observaram redução da FC que, normalmente, aumenta com o elevado trabalho da respiração durante o exercício. O presente estudo corrobora esse achado, pois 10' após a sessão, mostrou a contribuição da TMI na diminuição dos valores dessa variável.

Segundo Witt *et al.* (2007), a diminuição da resposta cardiovascular se deu por redução da resposta dos nervos aferentes de tipo III e IV (que inervam os músculos respiratórios) aos estímulos químicos condicionada à exposição repetida ao acúmulo de metabólitos associados às TMI. Cole *et al.* (1999) e Jouven *et al.* (2005) ressaltam que, com a realização do TMI, ocorre aumento da modulação vagal e diminuição da modulação simpática, possivelmente, explicando a redução da FC no período de recuperação.

Por fim, Lizardo e Simões (2005) mostraram que a realização de exercícios para MMSS e MMII, na mesma sessão, podem promover maiores efeitos hipotensores do que, apenas, um segmento corporal, devido a quantidade de massa muscular envolvida. Assim, a menor PAS, PAD e FC observada no presente estudo pode ter ocorrido também devido à maior quantidade de cadeias musculares envolvidas.

Dentre os dados analisados, as variáveis respiratórias de FR e  $SpO_2$  são as que têm sido menos estudadas utilizando protocolo *crossover*, com RFS, entretanto, alguns estudos mostraram respostas isoladas delas no TR e no TMI. Silva *et al.* (2016) analisaram a eficácia da durabilidade do programa de reabilitação por 12 semanas com pacientes com DPOC envolvendo treinamento de MMSS convencional (musculação) e com carga elástica e obtiveram melhora da desobstrução das vias aéreas e aumento da ventilação e FR, com maior efetividade no protocolo convencional. O presente estudo corrobora, em parte, esse achado, quando se analisa apenas o aumento da FR no momento imediatamente após no TRBC+TMI e TRMC+TMI. Uma possível explicação foi dada por Powers e Howley (2000), relatando que o aumento da atividade do sistema nervoso autônomo libera mediadores adrenérgicos que promovem esses aumentos, além da fadiga diafragmática que, também, exige um aumento do trabalho da musculatura acessória. Em contrapartida, o presente estudo se contrapõe a este, já que a FR diminuiu no momento 10' após em todos os protocolos, e isso pode ser explicado pelo

maior tempo de recuperação que reduz: o trabalho respiratório, a hiperinsuflação pulmonar e a ação do ácido láctico, na musculatura respiratória.

O estudo de Oliveira, Schneider e Winkelmann (2017) verificou as repercussões hemodinâmicas e respiratórias em indivíduos com Doença Renal Crônica e hígidos, submetidos a uma sessão de TMI com Threshold® a 30% da  $P_{i\text{máx}}$  e não mostrou diferenças significantes nos valores da FR, entretanto, o presente estudo contrapõe a esse achado. Uma hipótese que justifica essa divergência é que o estudo supracitado utilizou cargas baixas e um equipamento diferente, afinal o Threshold® apresenta limitação no ajuste de cargas e molas menos resistentes que o Powerbreathe® e, possivelmente, não tenha sido capaz de gerar repercussões respiratórias.

Já, Petrovic *et al.* (2012), avaliaram a eficácia do TMI, por 8 semanas, na hiperinsuflação dinâmica em pacientes com DPOC, em dois grupos: intervenção e o controle, mostrando diminuição dessa hiperinsuflação e da FR, melhorando, assim, o padrão respiratório, no grupo intervenção. O presente estudo corrobora esses resultados ao apresentarem redução dos valores de FR, que também pode ser explicado por Ramirez-Sarmiento *et al.* (2002) e Villafranca *et al.* (1998), afirmando que o TMI encurta o tempo inspiratório, permitindo mais tempo para expiração e relaxamento, reduzindo, assim, a hiperinsuflação dinâmica e facilitando o esvaziamento do pulmão. Além disso, o aumento da capacidade muscular ofertada por esse treinamento leva a melhores respostas dos padrões respiratórios, ocasionando a diminuição da FR.

Com relação a  $SpO_2$ , o estudo de Rodrigues Neto *et al.* (2016c) analisou o efeito agudo do TRBC com RFS, TRBC e TRAC em homens normotensos, mostrando uma redução significativa na  $SpO_2$ , nos protocolos de TRBC+RFS e TRBC, diferindo do presente estudo, que demonstrou aumentos em todos os protocolos, tanto no momento imediatamente após, quanto 10' após. Uma possível explicação para esse fato foi que Rodrigues Neto *et al.* (2016c) realizou 4 tipos de exercícios de fortalecimento da musculatura periférica (2 de MMSS e 2 de MMII), gerando um maior volume de treino, enquanto o presente estudo realizou apenas um exercício de cada segmento corporal.

Oliveira *et al.* (2021) investigaram os efeitos do TRBC com diferentes % de POAs sobre marcadores de estresse cardiovascular e se estas diferentes pressões afetam os níveis de  $SpO_2$ , em homens treinados. Os sujeitos realizaram exercício de flexão do cotovelo, unilateralmente, em quatro condições: 1) 20% de 1 RM + 40% da POA; 2) 20% de 1 RM + 80% da POA; 3) 20% de 1 RM + 120% da POA e; 4) 70% de 1RM, e não foram encontradas alterações na  $SpO_2$ , em nenhuma das condições. Assim como, no estudo de Picon *et al.* (2018), que também

analisou o nível de SpO<sub>2</sub> em sujeitos normotensos, após sessão única de TR com RFS a 30% de 1RM, e constatou que os valores permaneceram-se constantes (em torno de 97%).

Em contrapartida, o estudo de Mehani (2017) que comparou 2 diferentes protocolos de treinamento respiratório (TME e TMI) com cargas progressivas de 15%-60%, em pacientes idosos com DPOC, por dois meses, observou um aumento significativo da SpO<sub>2</sub> após o treinamento, principalmente no grupo TMI, semelhante aos resultados do presente estudo, que apesar de não ter trabalhado com carga progressiva, aumentou os valores da SpO<sub>2</sub>.

Chien *et al.* (2013), Gosselink *et al.* (2011) e Petrovic *et al.* (2012) explicam que pelo fato do TMI melhorar a assincronia toracoabdominal, notada em pacientes com DPOC após a ocorrência de fadiga muscular inspiratória, a força, a resistência muscular respiratória e a capacidade funcional, além de diminuir a hiperinsuflação dinâmica e a dispneia, o TMI associado de ao treinamento resistido (com e sem RFS), pode ter contribuído quanto aos ganhos hemodinâmicos e respiratórios, apresentados no presente estudo.

Para avaliar os efeitos do treinamento resistido na dispneia, a escala modificada de Borg tem sido muito utilizada nos mais variados ensaios clínicos. O estudo de Velloso *et al.* (2013) analisou os efeitos do treinamento resistido de MMSS, a 50% de 1RM, por 8 semanas, sobre a força e o desempenho das AVD's em pacientes com DPOC, e notou uma redução significativa da dispneia após o protocolo de treinamento. Assim como, McKeough, Bye e Alison (2012) que avaliaram os efeitos de diferentes TR de MMSS (treinamento para resistência, treinamento para força, treinamento combinado e controle) em indivíduos com DPOC, também por 8 semanas, e observaram uma diminuição significativa da dispneia no grupo treinamento combinado. O presente estudo corrobora os achados dessas duas pesquisas, ao apresentar, também, uma diminuição da sensação de dispneia após 10' em todas as sessões.

Beaumont *et al.* (2018) e Sívori e Rhodius (2013) mostram que o efeito do treinamento resistido sobre a dispneia, pode ser explicado pelo fato da força exigida pela musculatura durante o fortalecimento promover um maior volume de oxigênio máximo inspirado (VO<sub>2</sub>). Ou seja: durante o treino resistido, o aumento dessas variáveis, servem para suprir as demandas metabólicas, promovendo, no indivíduo, maior resistência à dispneia. Além disso, a musculatura dos MMSS e MMII e a inspiratória estão interligadas. Sendo assim, se há aumento da força muscular periférica, consequentemente haverá, também, aumento da força muscular inspiratória, gerando maior resistência nesses indivíduos.

Ainda neste sentido, o estudo de Langer *et al.* (2018) identificou os mecanismos fisiológicos que melhoram a dispneia e a resistência ao exercício após o TMI em pacientes com DPOC, após um protocolo de 8 semanas, e verificou que o TMI melhorou a sensação de



dispneia. Também, Beaumont *et al.* (2018), que analisaram os efeitos do TMI na dispneia em pacientes com DPOC grave, comparando um grupo de reabilitação pulmonar (RP), com RP associada ao TMI (RP+TMI), mostraram melhora significativa para o grupo RP+TMI. O presente estudo, também, corrobora os achados dessas pesquisas, que segundo Dourado (2011), pelo fato do treinamento dos músculos respiratórios promoverem melhora da força e resistência do grupo trabalhado, contribue para a redução dos sintomas de dispneia e melhora da capacidade funcional.

Embora, na análise da PSE dos MMSS, Rodrigues Neto *et al.* (2016b) mostraram aumento significativo desta variável no grupo TRAC comparado ao de baixa carga, com e sem RFS (BC+RFSC e BC+RFSI). O presente estudo contrapõe esse achado, pois encontrou aumento significativo da PSE no grupo de treinamento de baixa carga (TRBC+RFS+TMI). Loenneke, Wilson e Wilson (2010) relatam que, pelo fato da RFS promover aumento da hiperemia, íons H<sup>+</sup> e lactato na musculatura envolvida, isto pode ocasionar níveis elevados do esforço mesmo com baixo volume de exercício. Por outro lado, os resultados do presente estudo corroboram os de Vieira *et al.* (2014) que, ao comparar dois grupos (TRBC+RFS e TRAC) que realizaram flexão unilateral de cotovelo, também observaram aumento significativo no grupo com RFS, mesmo utilizando baixa carga.

Com relação a PSE dos MMII, Rodrigues Neto *et al.* (2016c), avaliaram um protocolo com 4 exercícios (2 de MMSS e 2 de MMII) em diferentes intensidades, com e sem RFS, observando que as respostas da PSE foram significativamente maiores para os MMII, no protocolo de BC+RFS em comparação ao de AC. Assim como, Loenneke *et al.* (2010) que, também, observaram aumentos da PSE após as séries de exercícios de extensão bilateral dos joelhos mostrando aumento dessa variável para o grupo com RFS. O presente estudo corrobora, em parte, esses achados, pois foi observado, também, aumento significativo da PSE no grupo com RFS, embora tenha se equiparado aos outros grupos sem RFS. Uma hipótese para esse acontecimento, se dá pelo fato do público analisado, no presente estudo, se tratar de idosos com DPOC, intensificando a sensação da sobrecarga nos exercícios devido à fraqueza muscular apresentada e a demanda respiratória exigida.

Em contrapartida, Wernbom *et al.* (2009), investigaram a PSE no exercício de baixa carga, na extensão bilateral dos joelhos, com e sem RFS, sendo a restrição aplicada apenas em um membro, e observaram que a PSE foi semelhante em ambos os protocolos (com e sem RFS), sugerindo que as alterações na PSE não se baseiam exclusivamente nos efeitos da RFS, mas também podem estar relacionadas à intensidade do exercício.

Analisando, especificamente, a PSE no TMI, apesar de não haver pesquisas com o mesmo protocolo do presente estudo, alguns a analisaram em outros contextos. Enright *et al.* (2006) analisou se o TMI de alta intensidade resulta em alterações na função ventilatória e na capacidade de exercício em 2 grupos de sujeitos saudáveis: TMI (80% da  $Pi_{máx}$  e controle), por 8 semanas, sem mudança significativa na PSE. Segundo eles, sujeitos saudáveis, têm a capacidade de sustentar níveis mais elevados de trabalho sem, necessariamente, ter aumento da falta de ar e do esforço. Os resultados do presente estudo contrapõem esses achados, pois observou aumento significativo da PSE ao longo das séries do TMI, em todos os protocolos, pelo fato dos indivíduos, com DPOC, apresentarem função muscular ventilatória prejudicada, limitando a tolerância e a capacidade ao exercício, também confirmado por Nyberg, Saey e Maltais (2015).

Apesar de, na literatura, nenhum estudo ter analisado, também, as respostas agudas da força muscular respiratória e periférica, antes e após exercícios com e sem RFS em MMSS e MMII associado ao TMI em sujeitos com DPOC, alguns deles verificaram isso, isoladamente. Vonbank *et al.* (2012) compararam os efeitos de 3 diferentes protocolos (treinamento de resistência, de força - progressivo e combinado) para MMSS e MMII em pacientes com DPOC, por 12 semanas, e observaram ganhos de força em todos os protocolos, mas, principalmente, nos de: força progressiva e combinado. O presente estudo corrobora esse achado, uma vez que apresentou aumento da força nos MMSS e MMII, em todos os protocolos. Para Mitchell *et al.* (2018), ganhos de força em programas tradicionais de treinamento podem ocorrer devido as adaptações neuromusculares, ocasionadas pelo aumento da capilaridade muscular que é essencial para o transporte de oxigênio e está relacionada ao nível alcançável de estabilidade metabólica.

Apesar de não ter sido realizado com sujeitos fisicamente ativos, o presente estudo corrobora também o de Counts *et al.* (2016), que investigou as respostas agudas e crônicas do músculo esquelético em diferentes níveis de pressão e observou que, após 8 semanas de exercício de flexão do cotovelo, houve ganho na força muscular, independente da pressão aplicada e, em ambos os protocolos. Loenneke; Wilson; Wilson (2010), relatam que tais resultados podem ser explicados pelo fato da RFS gerar um estímulo metabólico maior que o TR convencional, devido as respostas fisiológicas causadas pela restrição, como a hipóxia local que é capaz de aumentar o recrutamento de fibras musculares.

Do mesmo modo, Fahs *et al.* (2015) após realizarem um estudo com treinamento de força (extensão de joelhos), por 8 semanas, com sujeitos de meia-idade, com RFS apenas em

um dos membros, observaram que ambos os protocolos (com e sem RFS), apresentaram aumentos semelhantes da força muscular, achado esse que se assemelha ao presente estudo.

Já o estudo de Vechin *et al.* (2015) analisou os efeitos do TRBC+RFS e do TRAC no quadríceps, em 3 grupos de idosos: TRAC, TRBC+RFS e controle, durante 12 semanas, e observou ganho de força, apenas no grupo TRAC. Na contra-mão desses resultados, o presente estudo constatou ganhos de força em todos os protocolos experimentais. Isso pode ser explicado pela diferença da amostra, pois, apesar do estudo de Vechin *et al.* (2015), também ser com idosos, eles não eram portadores de DPOC, com consequente diminuição mais acentuada do condicionamento físico, fazendo com que, como mostra Barreiro e Gea (2015), um menor volume de treino já seja suficiente para promover melhorias expressivas no desempenho físico.

Acerca da força muscular inspiratória, o estudo de Vilaça *et al.* (2019) avaliou, em idosos, o impacto de 6 semanas de TMI sobre a qualidade de vida, resposta imune e força muscular inspiratória, em dois grupos: TMI com *Powerbreathe* a 60% da  $Pi_{máx}$  e controle, mostrando ganho da força muscular inspiratória após o protocolo de treinamento. O presente estudo corrobora, em parte, esses resultados, pois, também, mostrou ganho de força, mesmo que tenha sido apenas no grupo TRBC+RFS+TMI.

Em outro estudo, Trevisan, Porto e Pinheiro (2010), verificaram a eficácia de um treinamento da musculatura respiratória e de quadríceps no desempenho funcional de indivíduos com DPOC, por 2 meses, e revelaram que há correlação entre o ganho de força muscular do quadríceps e o aumento da  $Pi_{máx}$ , o que pode explicar o achado do presente estudo, pois o grupo TRBC+RFS+TMI apresentou ganhos superiores da força de MMII, podendo ter contribuído no desempenho da força muscular inspiratória.

Por fim, apesar de não haver nenhum estudo correlacionando a influência da RFS na força muscular inspiratória, indivíduos com DPOC apresentam qualidade de vida prejudicada, com diminuição da tolerância ao exercício e perda de força da musculatura respiratória. De acordo com Lazio (2009), essa redução, decorrente dos danos na mecânica pulmonar e da obstrução crônica, acarreta o deslocamento do ponto de igual pressão para as vias aéreas que não possuem cartilagem, favorecendo o aprisionamento de ar (hiperinsuflação), diminuindo a capacidade respiratória aos grandes esforços. Resumindo, esses indivíduos apresentam perda de peso significativa, fraqueza dos músculos respiratórios e periféricos.

Conforme, Gea, Agusti e Roca (2013) e Ike *et al.* (2010), esse descondicionamento da musculatura esquelética é justificada pelos distúrbios metabólicos causados pela DPOC, que podem levar ao aumento das espécies reativas de oxigênio, perda da capacidade oxidativa do

músculo esquelético, alterações mitocondriais, diminuição das enzimas oxidativas associadas ao metabolismo da fosfocreatina e redução das fibras tipo II.

Por esse motivo, embora a utilização do treinamento com RFS para o ganho de força muscular respiratória, ainda seja pouco explorada, Dankel *et al.* (2017) e Libardi *et al.* (2015) mostraram que esta técnica promove o aumento da força e massa muscular periférica, ocasionada pela compressão do manguito, gerando um estresse induzido pelo acúmulo de metabólitos, levando a um recrutamento e ativação maior das fibras musculares, e que pode ser um aliado para ganho de força da musculatura acessória da respiração.

Desta forma, a quantidade de exercícios da musculatura periférica realizada (apenas um), tanto para MMSS como para MMII, aponta que os achados desse estudo não podem ser comparados com outros de maior volume de treino. Também, o fato dos sujeitos com DPOC, em três graus de comprometimento (leve, moderado e grave), pode ter interferido nas diferentes respostas ao treinamento e se apresentam como limitações no presente estudo. Portanto, sugere-se que próximos estudos limitem os graus de acometimento dessa doença, na amostra, e diversifiquem: tipos de exercícios e outros modos de treinamento (ex: aeróbio).

## 8 – CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que o TMI, associado a um treinamento resistido, com ou sem RFS promoveu efeito hipotensor na PAS, diminuição da FC; FR e dispneia, além de aumentos da saturação, força muscular periférica e respiratória, e percepção subjetiva do esforço, em todos os protocolos analisados, em portadores de DPOC. No entanto, o TRBC+RFS+TMI foi mais efetivo e promissor na melhora das respostas cardiorrespiratórias e musculares, sendo o único que apresentou aumento da força muscular inspiratória e efeito hipotensor na PAD.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE POSITION STAND. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687- 708, 2009.

ACSM. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 10 ed. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2017.

AMAMOU, T. et al. Effect of a high-protein energy-restricted diet combined with resistance training on metabolic profile in older individuals with metabolic impairments. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 21, n. 1, p. 67-74, 2017.

AMBROZIN, A. R. P. et al. Associação do treinamento resistido e aeróbico em pacientes com doença pulmonar crônica. **Revista Terapia Manual**, v. 11, n. 53, p. 327–332, 2013.

ANDERSON, J. E.; WOZNIAK, A. C. Satellite cell activation on fibers: Modeling events in vivo—an invited review. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 82, n. 5, p. 300–310, 2004.

ANDREATTA, M. V. et al. Exercício de força combinado à restrição de fluxo sanguíneo induz aumentos agudos na pressão arterial sistólica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 26, n. 4, p. 35-44, 2018.

ARAÚJO, J. P. et al. The effects of water-based exercise in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. **Age**, v. 37, n. 6, p. 110-119, 2015.

ARAÚJO, A. G. F. et al. Fidedignidade das medidas inter e intratestes com goniômetro universal e artrômetro podálico da amplitude ativa de eversão e inversão do tornozelo. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 21, n. 4, p. 339-345, 2014.

BALBÁS-ÁLVAREZ, L. et al. Effect of manual therapy, motor control exercise, and inspiratory muscle training on maximum inspiratory pressure and postural measures in moderate smokers: a randomized controlled trial. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 41, n. 5, p. 372-382, 2018.

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. et al. Repetitions in reserve and rate of perceived exertion increase the prediction capabilities of the load-velocity relationship. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 3, p. 724-730, 2021.

BARREIRO, E.; GEA, J. Respiratory and limb muscle dysfunction in COPD. **COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 12, n. 4, p. 413-426, 2015.

BEAUMONT, M. et al. Effects of inspiratory muscle training on dyspnoea in severe COPD patients during pulmonary rehabilitation: Controlled randomised trial. **European Respiratory Journal**, v. 51, n. 1, p. 1701107, 2018.

BITTAR, S. T. et al. The benefits of physical activity on climacteric women. *In*: RODRÍGUEZ-LANDA, J. F. **A multidisciplinary look at menopause**. London: IntechOpen, p. 111-126, 2017.

BRITTO, R. R.; BRANT, T. C. S.; PARREIRA, V. F. **Recursos manuais e instrumentais em fisioterapia respiratória**. 1 ed. Barueri: Manole, 2009.

BRUNETTO, A. F.; PAULIN, E.; YAMAGUTI, W. P. S. Comparação entre a escala de Borg modificada e a escala de Borg modificada análogo visual aplicadas em pacientes com dispneia. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 6, n. 1, p. 41-45, 2002.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.

CHEN, W. Risk of cardiovascular comorbidity in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. **Lancet Respiratory Medicine**, v. 3, n. 8, p. 631-639, 2016.

CHEN, R. C. et al. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for the rehabilitation of moderate-to-severe COPD: a meta-analysis. **International Journal of COPD**, v. 11, n. 1, p. 2965-2975, 2016.

CHIEN, J. Y. et al. Asynchronous thoraco-abdominal motion contributes to decreased 6-minute walk test in patients with COPD. **Respiratory Care**, v. 58, n. 2, p. 320-326, 2013.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. United States of America: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

COLE, C. R. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **The New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 18, p. 1351-1357, 1999.

COUNTS, B. R. et al. Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation. **Muscle & Nerve**, v. 53, n. 3, p. 438– 445, 2016.

DAVASHI, B. et al. The relationship between diaphragmatic movements in sonographic assessment and disease severity in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Journal of Cardi-Thoracic Medicine**, v. 2, n. 1, p. 187-192, 2014.

DOURADO, V. Z. **Exercício físico aplicado à reabilitação pulmonar: princípios fisiológicos, prescrição e avaliação dos resultados**. Rio de Janeiro: Revinter, 2011.

DANKEL, S. J. et al. Do metabolites that are produced during resistance exercise enhance muscle hypertrophy? **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 11, p. 2125-2135, 2017.

ENRIGHT, S. J. et al. Effect of highintensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. **Physical Therapy**, v. 86, n. 3, p. 345-354, 2006.

FAHS, C. A. et al. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 3, p. 167-176, 2015.

FERRAZ, R. B. et al. Benefits of resistance training with blood flow restriction in knee osteoarthritis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 50, n. 5, p. 897-905, 2018.

FOLSOM, A. R. et al. Community prevalence of ideal cardiovascular health, by the american heart association definition, and relationship with cardiovascular disease incidence. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 57, n. 16, p. 1690–1696, 2011.

FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.

GEA, J; AGUSTI, A.; ROCA, J. Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. **Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 9, p. 1222-1234, 2013.

KAERCHER, P. L. K. et al. Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 12, n. 80, p. 1180-1185, 2019.

GLOBAL INITIATIVE for CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE. Global strategy for diagnosis, management and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2023 REPORT. Disponível em: <<https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/>>. Acesso em: 06 de setembro de 2023.

GÖHL, O. et al. Respiratory muscle training: state of the art. **Pneumologie**, v. 70, n. 1, p. 37–38, 2016.

GOSSELINK, R. et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? **European Respiratory Journal**, v. 37, n. 2, p. 416-425, 2011.

HOROWITZ, J. F. Regulation of lipid mobilization and oxidation during exercise in obesity. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 29, n. 1, p. 42-46, 2001.

HURLEY, B. F. et al. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. **Journal of Applied Physiology**, v. 60, n. 2, p. 562-567, 1986.

IKE, D. et al. Efeitos do exercício resistido de membros superiores na força muscular periférica e na capacidade funcional do paciente com DPOC. **Fisioterapia em Movimento**, v. 23, n. 3, p. 429-437, 2010.

JOUVEN, X. et al. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. **The New England Journal of Medicine**, v. 352, n. 19, p. 1951-1958, 2005.

KAERCHER, P. L. K. et al. Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 12, n. 3, p. 1180-1185, 2018.

LANGER, D. et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. **Journal of Applied Physiology**, v. 125, n. 2, p. 381-392, 2018.

LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 3, p. 406-412, 2012.

LAVENEZIANA, P. et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. **European Respiratory Journal**, v. 53, n. 6, p. 1-34, 2019.

LAZIO, A. Doença pulmonar obstrutiva crônica – uma revisão. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, v. 15, n. 6, p. 1157-1166, 2009.

LENHARD, W.; LENHARD, A. Calculation of effect sizes. **Psychometrica: Dettelbach**, Germany, 2016.

- LIBARDI, C. A. et al. Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 5, p. 395-399, 2015.
- LIU, Y. et al. Resistance training with blood flow restriction on vascular function: a meta-analysis. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 7, p. 577–587, 2021.
- LIXANDRÃO, M. E. et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 12, p. 2471-2480, 2015.
- LIZARDO, J. H. F.; SIMÕES, H. G. Effects of different resistance exercise sessions on post-exercise hypotension. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 9, n.1, p. 249-255, 2005.
- LOSS, L. C. et al. A systematic review of cross-cultural adaptation and validation of Borg's rating of perceived exertion scale. **Journal of Physical Education**, v. 28, n.1, p. 1-13, 2017.
- LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, J. M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International Journal Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 1–4, 2010.
- LOENNEKE, J. P. et al. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2831– 2834, 2010.
- LOENNEKE, J. P. et al. Potential safety issues with blood flow restriction training. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 21, n. 4, p. 510-518, 2011.
- MAURER, L. C. et al. Treino muscular inspiratório: threshold ou powerbreathe? uma revisão sistemática. **Saúde [livro eletrônico]: aspectos gerais: volume 2/organizadora Andréa Kedima Diniz Cavalcanti Tenorio. - Triunfo, PE: Omnis Scientia, p. 209, 2022.**
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- MCKEOUGH, Z. J.; BYE, P. T. P.; ALISON, J. A. Arm exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial. **Chronic Respiratory Disease**, v. 9, n. 3, p. 153–162, 2012.
- MEHANI, S. H. M. Comparative study of two different respiratory training protocols in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Clinical Interventions in Aging**, v. 12, n.1, p. 1705-1715, 2017.
- MITCHELL, E. A. et al. Critical power is positively related to skeletal muscle capillarity and type I muscle fibers in endurance – trained individuals. **Journal of Applied Physiology**, v. 125, n. 3, p. 737-745, 2018.
- NASCIMENTO, D. D. C. et al. Effects of blood flow restriction exercise on hemostasis: A systematic review of randomized and non-randomized trials. **International Journal of General Medicine**, v. 12, n. 1, p. 91–100, 2019.



NYBERG, A.; SAEY, D.; MALTAIS, F. Why and how limb muscle mass and function should be measured in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 12, n. 9, p. 1269-1277, 2015.

OLIVEIRA, L. D.; SCHNEIDER, J.; WINKELMANN, E. R. Efeito agudo da sessão de treinamento muscular inspiratório: indivíduos com doença renal crônica vs. hígidos. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 7, n. 1, p. 13-19, 2017.

OLIVEIRA, R. S. et al. Efeito agudo do treinamento de força com e sem restrição do fluxo sanguíneo sobre variáveis cardiovasculares e a saturação de oxigênio no sangue em homens adultos. **Colloquium: health and education**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2021.

ORTIZ, G. P. **Pilates na atenção básica**: um tratamento conservador para usuários com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. 2015. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Gestão de Organização Pública de Saúde) – Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul – RS, 2015.

PEREIRA NETO, E. A. et al. Walking with blood flow restriction improves the dynamics strength of women with osteoporosis. **Brazilian Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 2, p. 135-139, 2018.

PETROVIC, M. et al. Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 7, n. 1, p. 797-805, 2012.

PICON, M. M. et al. Acute Cardiovascular Responses after a Single Bout of Blood Flow Restriction Training. **International Journal of Exercise Science**, v. 11, n. 2, p. 20-31, 2018.

PINTO, R. R.; POLITO, M. D. Haemodynamic responses during resistance exercise with blood flow restriction in hypertensive subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 5, p. 407-413, 2015.

PITANGA, C. P. S. et al. Nível de atividade física para prevenção do excesso de gordura visceral em mulheres pós menopáusicas: quanto é necessário? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 56, n. 6, p. 358-363, 2012.

POWERS, S.; HOWLEY, E. **Fisiologia do exercício**: teoria e aplicação ao condicionamento físico e ao desempenho. São Paulo: Manole, 2000.

RAMIREZ-SARMIENTO, A. et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 11, p. 1491-1497, 2002.

RENZI, C. P.; TANAKA, H.; SUGAWARA, J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular Function. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 4, p. 726-732, 2010.

RESNICK, H. E. et al. Relationship of high and low ankle brachial index to all cause and cardiovascular disease mortality: the strong heart study. **Circulation**, v. 109, n. 6, p. 733-739, 2004.

ROCHESTER, C. L. et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society policy statement: enhancing implementation, use, and delivery of pulmonary rehabilitation. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 192, n. 11, p. 1373-1386, 2015.

ROSSI, A. et al. Mechanisms, assessment and therapeutic implications of lung hyperinflation in COPD. **Respiratory Medicine**, v. 109, n. 7, p. 785-802, 2015.

RODRIGUES NETO, G. et al. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1064-1070, 2015.

RODRIGUES NETO, G. et al. Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. **Motriz: Journal of Physical Education**, v. 22, n. 3, p. 198-204, 2016a.

RODRIGUES NETO, G. et al. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 1, p. 277-292, 2016b.

RODRIGUES NETO, G. et al. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 1, p. 53-59, 2016c.

RODRIGUES NETO, G. et al. Effects of strength training with continuous or intermittent blood flow restriction on the hypertrophy, muscular strength and endurance of men. **Acta Scientiarum Health Sciences**, v. 41, n. 1, p. 1-10, 2019.

RODRIGUES NETO, G. et al. Efeito agudo e crônico do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente sobre as medidas hemodinâmicas e percepção subjetiva de esforço em homens saudáveis. **Motricidade**, v. 14, n. S1, p. 71-82, 2018.

SANTOS, H. H. et al. Efeito do treino isocinético excêntrico sobre a razão I/Q do torque e EMGs em sujeitos saudáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 3, p. 227-232, 2014.

SANTOS, I. G. D.; SENA, J. T. S.; COSTA, A. C. S. M. Fortalecimento muscular respiratório nos portadores da doença pulmonar obstrutiva crônica. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 2, p. 2206-2214, 2019.

SHIMIZU, R. et al. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 4, p. 749-757, 2016.

SILVA, B. S. A. et al. Effects of a resistance training with elastic tubing in strength, quality of life and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Journal of Physical Education**, v. 27, n. 1, p. 1-14, 2016.

SILVA, A. L. G. et al. Associação entre variáveis respiratórias e capacidade de exercício em portadores de DPOC. **Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção**, v. 8, n. 4, p. 385-391, 2018.

SILVA, J. et al. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. **Journal of Exercise Physiology**, v. 18, n. 4, p. 33-41, 2015.

SIMA, C. A. **Resting heart rate and arterial stiffness relationship in patients with chronic obstructive pulmonary disease**. 2017. Thesis (Doctorate in Philosophy) – Faculty of Rehabilitation Sciences, University of British Columbia, Vancouver, 2017.

SÍVORI, M.; RHODIUS, E. Respuesta ventilatoria al ejercicio post-entrenamiento de miembros superiores en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. **Medicina (Buenos Aires)**, v. 73, n. 1, p. 1–8, 2013.

SLYSZ, J.; STULTZ, J.; BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review & meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 8, p. 669-675, 2016.

SOUSA, V. D.; DRIESSNACK, M.; MENDES, I. A. C. An overview of research designs relevant to nursing: Part 1: quantitative research designs. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 502-507, 2007.

SPRUIT, M. A. et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 188, n. 8, p. 13-64, 2013.

STEWART, A. et al. **International standards for anthropometric assessment**. 3 ed. New Zealand: ISAK, 2011.

THIEBAUD, R. S.; LOENNEKE, J. P.; ABE, T. COPD and muscle loss: is blood flow restriction a potential treatment? **Journal of Trainology**, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2014.

TORRI, B. G. et al. O método Pilates melhora a função pulmonar e a mobilidade torácica de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Fisioterapia Brasil**, v. 18, n. 1, p. 56-62, 2017.

TREVISAN, M. E.; PORTO, A.; PINHEIRO, T. Influência do treinamento da musculatura respiratória e de membros inferiores no desempenho funcional de indivíduos com DPOC. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 17, n. 3, p. 209-13, 2010.

VASCONCELOS, R. A. et al. Análise da correlação entre pico de torque, desempenho funcional e frouxidão ligamentar em indivíduos normais e com reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 44, n. 2, p. 134-142, 2009.

VECHIN, F. C. et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. **The Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association**, v. 29, n. 4, p. 1071-1076, 2015.

VELLOSO, M. et al. Evaluation of effects of shoulder girdle training on strength and performance of activities of daily living in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 8, p. 187–192, 2013.

VIARO, F.; NOBRE, F.; EVORA, P. R. B. Expression of nitric oxide synthases in the pathophysiology of cardiovascular diseases. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 74, n. 4, p. 380-393, 2000.

VIEIRA, A. et al. Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 5, p. 323-327, 2014.

VILAÇA, A. F. et al. O efeito do treinamento muscular inspiratório em idosos sobre a qualidade de vida, resposta imune, força muscular inspiratória e de membros inferiores: um ensaio clínico randomizado. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 22, n. 6, p. 1-11, 2019.

VILAÇA-ALVES, J. et al. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. **Journal of Exercise Physiology**, v. 19, n. 3, p. 100-109, 2016.

VILLAFRANCA, C. et al. Effect of inspiratory muscle training with an intermediate load on inspiratory power output in COPD. **European Respiratory Journal**, v. 11, n. 1, p. 28-33, 1998.

VONBANK, K. et al. Strength training increases maximum working capacity in patients with COPD – randomized clinical trial comparing three training modalities. **Respiratory Medicine**, v. 106, n. 4, p. 557-563, 2012.

WERNBOM, M. et al. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2389–2395, 2009.

WITT, J. D. et al. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. **The Journal of Physiology**, v. 584, n. 3, p. 1019-1028, 2007.

YANG, Q. et al. Trends in cardiovascular health metrics and associations with all-cause and CVD mortality among US adults. **JAMA**, v. 307, n. 12, p. 1273–1283, 2012.

YASUDA, T. et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow restricted low-intensity resistance training in older adults. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 24, n. 5, p. 799–806, 2013.

ZAMBOM-FERRARESI, F. et al. Effects of combined resistance and endurance training versus resistance training alone on strength, exercise capacity, and quality of life in patients with COPD. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 35, n. 6, p. 446-453, 2015.

ZANCHET, R. C.; VIEGAS, C. A. A.; LIMA, T. A eficácia da reabilitação pulmonar na capacidade de exercício, força da musculatura inspiratória e qualidade de vida de portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 31, n. 2, p. 118–124, 2005.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

##### **Título do Projeto: Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo sobre Variáveis Respiratórias, Hemodinâmicas e Força Muscular Periférica em Sujeitos com DPOC**

##### **Equipe de Pesquisadores**

Camila Fernandes Pontes dos Santos (acadêmico/ pesquisador)

Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos (Orientador)

Prof. Dr. Eduardo Eriko Tenório de França (Co-orientador)

Eu, \_\_\_\_\_, R.G.: \_\_\_\_\_, declaro, por meio deste termo, que concordo em participar da pesquisa intitulada: **“Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo sobre Variáveis Respiratórias, Hemodinâmicas e Força Muscular Periférica em Sujeitos com DPOC”**. Fui informado, ainda, de que a pesquisa é [coordenada] pela mestranda Camila Fernandes Pontes dos Santos, ao qual poderei contatar ou consultar a qualquer momento que julgar necessário, pelo telefone: (83) 98754-8953, e que está habilitada para responder a qualquer questionamento. Afirmo que aceito participar de forma voluntária, sem receber qualquer incentivo financeiro e com a finalidade exclusiva de colaborar para o desenvolvimento da pesquisa. Fui informado dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais é avaliar os efeitos agudos do treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo sobre as variáveis respiratórias, hemodinâmicas e força muscular periférica em sujeitos com DPOC. Na primeira visita ao laboratório serão realizados: avaliações da composição corporal, índice tornozelo-braquial (ITB), determinação da pressão de oclusão arterial (POA), *Powerbreathe*®, dinamometria e teste de 1RM. Já na segunda visita, será reavaliado o teste de 1RM, explicado as escalas de dor/desconforto (PSE e *Borg*) e apresentar aos pacientes os exercícios que eles serão submetidos nas próximas 3 sessões. Após esses processos iniciais de entrevista e avaliações, os sujeitos participarão das 3 condições experimentais, em ordem aleatória que são as seguintes: treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório, treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular

inspiratório e treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório. Em relação aos riscos e desconfortos, posso afirmar que são mínimos para os indivíduos do presente estudo, que deverão sentir apenas um leve desconforto físico devido a exigência dos exercícios utilizando manguitos de pressão para a restrição do fluxo sanguíneo, durante a realização dos testes de força muscular, devido ao esforço máximo, mas, sem nenhum dano à saúde dos sujeitos da pesquisa. Na condição de sujeito pesquisado, fui informado dos meus direitos: garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta; liberdade de abandonar a pesquisa a qualquer momento sem prejuízo para si ou para meu tratamento (se for o caso); garantia de privacidade à minha identidade e do sigilo das informações e garantia de que os gastos adicionais serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Assino abaixo, tendo recebido todos os esclarecimentos acima citados, e cientes dos meus direitos, e por intermédio deste, dou livremente meu consentimento para participar desta pesquisa, bem como autorizo toda documentação necessária, a divulgação e a publicação em periódicos, revistas, bem como apresentação em congressos, workshop e quaisquer eventos de caráter científico.

### **Dúvidas e Esclarecimentos:**

Pesquisador (a) responsável: Camila Fernandes Pontes dos Santos.

Fone: (83) 98754-8953.

E-mail: pontescamila6@gmail.com.

Endereço: Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Estudos do Equilíbrio, Dinamometria e Eletromiografia (LEEDE).

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba - (UFPB).

Fone: (83) 3216-7791

João Pessoa-PB, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do (a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do (a) pesquisador (a): \_\_\_\_\_

**APÊNDICE B – Questionário de Anamnese**

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Idade (anos): \_\_\_\_\_

**1) Faz uso de medicamentos?**

( ) Sim ( ) Não

**2) Se sim, quais os tipos de medicamentos você utiliza?**  

---

**3) Você fuma?**

( ) Sim ( ) Não

**4) Há quanto tempo você foi diagnosticado com DPOC? \_\_\_\_\_****5) Faz uso de qual broncodilatador? \_\_\_\_\_****6) Além da DPOC, possui diagnóstico de alguma outra doença?**

( ) Cardiovasculares ( ) Lesão musculoesquelética ( ) Infectocontagiosas ( ) Hipertensão

**7) Pratica alguma atividade física de força?**

( ) Sim ( ) Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_ Que frequência? \_\_\_\_\_

Quanto tempo (dia)? \_\_\_\_\_ Há quanto tempo pratica? \_\_\_\_\_

João Pessoa-PB, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do (a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do (a) pesquisador (a): \_\_\_\_\_



## APÊNDICE C – Ficha de Avaliação e Coleta de Dados

Nº do participante: \_\_\_\_\_

- **Índice Tornozelo-Braquial (ITB):**

Pressão Arterial Sistólica (PAS) do membro superior direito: \_\_\_\_\_

Pressão Arterial Sistólica (PAS) do membro superior esquerdo: \_\_\_\_\_

Pressão Arterial Sistólica (PAS) do membro inferior direito: \_\_\_\_\_

Pressão Arterial Sistólica (PAS) do membro inferior esquerdo: \_\_\_\_\_

ITB direita: \_\_\_\_\_

ITB esquerda: \_\_\_\_\_

- **Pressão de Oclusão Arterial (POA):**

POA de MMSS: \_\_\_\_\_ POA de MMII: \_\_\_\_\_

- **Espirometria:**

Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo (VEF<sub>1</sub>): \_\_\_\_\_

VEF<sub>1</sub>/CVF: \_\_\_\_\_

- **Powerbreathe®:**

P<sub>Imáx</sub> (pré na avaliação): \_\_\_\_\_

P<sub>Imáx</sub> (pós cada sessão): \_\_\_\_\_

- **Teste de 1RM:**

DATA	MOVIMENTOS	CARGA MÁXIMA		CARGA DE TREINAMENTO	
		MMSS	MMII	MMSS	MMII
	Flexão de cotovelo (1º)				
	Extensão de joelho (1º)				
	Flexão de cotovelo (reteste)				
	Extensão de joelho (reteste)				

- **Avaliação da Dispneia:**

Pré: \_\_\_\_\_

Imediatamente após: \_\_\_\_\_

10 minutos após: \_\_\_\_\_

- **Sinais Vitais:**

PA (pré): \_\_\_\_\_

PA (imediatamente após): \_\_\_\_\_

PA (10' após): \_\_\_\_\_

FC (pré): \_\_\_\_\_

FC (imediatamente após): \_\_\_\_\_

FC (10' após): \_\_\_\_\_

FR (pré): \_\_\_\_\_

FR (imediatamente após): \_\_\_\_\_

FR (10' após): \_\_\_\_\_

SpO<sub>2</sub> (pré): \_\_\_\_\_

SpO<sub>2</sub> (imediatamente após): \_\_\_\_\_

SpO<sub>2</sub> (10' após): \_\_\_\_\_

- **Avaliação da Força Muscular (pico):**

<b>Contração Isométrica Voluntária Máxima – CIVM</b>		
<b>DATA (pré na avaliação e após cada sessão)</b>	<b>FLEXORES DE COTOVELO</b>	<b>EXTENSORES DE JOELHO</b>

João Pessoa-PB, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

## APÊNDICE D – Artigo 1

### Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo sobre Variáveis Respiratórias e Hemodinâmicas em Sujeitos com DPOC

Camila Fernandes Pontes dos Santos<sup>1,3</sup>; Wanessa Kelly Vieira de Vasconcelos<sup>3,5,6</sup>; Maria Heloisa de Queiroz Silva<sup>2,3</sup>; Dyego Tavares de Lima<sup>1,4</sup>; Marlon Alexandre de Albuquerque<sup>2,3</sup>; Eduardo Ériko Tenório de França<sup>1,2,4</sup>; Heleodório Honorato dos Santos<sup>1,2,3,5</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

<sup>2</sup>Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

<sup>3</sup>Laboratório do estudo do equilíbrio, dinamometria e eletromiografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

<sup>4</sup>Laboratório de fisioterapia em pesquisa cardiorrespiratória, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

<sup>5</sup>Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade de Pernambuco e Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

<sup>6</sup>Graduação em Educação Física, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

## RESUMO

**Introdução:** A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é uma limitação crônica do fluxo aéreo, que causa alterações no sistema cardiorrespiratório, fraqueza muscular e diminuição da capacidade funcional. Para tanto, o treinamento muscular inspiratório (TMI) e o treinamento resistido (TR), associados a restrição de fluxo sanguíneo (TR+RFS) surgem para melhorar a força muscular e o desempenho funcional. **Objetivo:** Analisar o efeito agudo do treinamento respiratório e resistido, com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) sobre variáveis respiratórias e hemodinâmicas, em sujeitos com DPOC. **Método:** Trata-se de um ensaio clínico cruzado e aleatorizado, no qual 14 idosos com DPOC ( $67,50 \pm 1,76$  anos;  $67,67 \pm 3,39$  kg;  $1,58 \pm 0,02$  m;  $26,88 \pm 1,28$  kg/m<sup>2</sup>), foram submetidos a 3 protocolos: 1) Treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório (TRBC+TMI); 2) Treinamento resistido de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo/50% da POA + treinamento muscular inspiratório (TRBC+RFS+TMI) e; 3) Treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório (TRMC+TMI). **Resultados:** Houve redução significativa da PAS ( $P < 0,01$ ), FC ( $P < 0,05$ ), FR ( $P < 0,05$ ) e dispneia ( $P < 0,05$ ) em todos os protocolos no momento 10' e aumento da FR, imediatamente após, no TRBC+TMI ( $P < 0,01$ ) e TRMC+TMI ( $P < 0,05$ ); da dispneia no TRBC+RFS+TMI ( $P < 0,05$ ) e TRMC+TMI ( $P < 0,01$ ), e da SpO<sub>2</sub> em todos os protocolos ( $P < 0,01$ ), no entanto, apenas o TRBC+RFS+TMI apresentou efeito hipotensor da PAD ( $P <$

0,05). **Conclusão:** O TMI associado ao TR, com ou sem RFS, promoveu efeito hipotensor na PAS, diminuição da FC; FR e dispneia, além de aumentos da saturação, em todos os protocolos analisados, entretanto, o TRBC+RFS+TMI foi mais efetivo por ter sido o único que apresentou efeito hipotensor na PAD.

**Palavras-chave:** Exercício Físico, Oclusão Terapêutica, Pneumopatias.

## 1 - INTRODUÇÃO

A DPOC é definida como obstrução crônica ao fluxo aéreo, que não é totalmente reversível, estando interligada à resposta inflamatória anormal dos pulmões, a inalação de partículas e/ou gases tóxicos, sobretudo a fumaça do cigarro. O processo inflamatório crônico da DPOC pode desencadear deformidades dos brônquios e gerar destruição do parênquima ocasionando o aumento da complacência pulmonar<sup>1,2</sup>.

Em longo prazo, a DPOC produz um mecanismo fisiopatológico cardiovascular, considerável, envolvendo a hipertensão pulmonar secundária com hipertrofia do ventrículo direito, associada a hipoxemia que se intensificar, quando relacionada a um transporte limitado de oxigênio, devido a uma estenose coronariana. Com isso, o risco aumentado de desenvolver doença cardiovascular nos indivíduos com essa enfermidade é evidente e está interligado ao processo inflamatório sistêmico<sup>3</sup>.

Para minimizar esses efeitos, dentre os protocolos existentes, encontra-se um programa envolvendo exercícios aeróbios e resistidos combinados, que apresentam melhora na força muscular respiratória e de membros inferiores e na capacidade funcional. Além disso, pacientes que são submetidos a treinamento muscular respiratório (TMR) associado a um protocolo de exercícios para controle motor, quando comparados a um programa de TMR, isoladamente, demonstram melhor resposta na função pulmonar, força muscular respiratória e controle postural<sup>4,5</sup>.

Com isso, o treinamento resistido nos Programas de Reabilitação Pulmonar (PRP) pode resultar na melhora da qualidade de vida, comparado ao exercício aeróbio, entretanto, quando refere-se a sujeitos acometidos por DPOC, nem sempre é viável a indicação de exercícios com cargas elevadas já que eles não suportam a atividade, gerando desconforto e dispneia, principalmente, a partir do estágio II, de acordo com a classificação da GOLD. Afinal, em pessoas com DPOC, há uma redução do fluxo de ar respiratório devido as obstruções, e sua realização forçada pode ocasionar a sensação de falta de ar<sup>6-8</sup>.

Como alternativa para essa população surge a restrição de fluxo sanguíneo (RFS) associada aos exercícios físicos, que promove os mesmos benefícios dos tradicionais protocolos de alta carga, entretanto, usando cargas muito baixas:  $\leq 30\%$  de 1RM<sup>9-11</sup>.

Além disso, o treinamento resistido com restrição de fluxo sanguíneo (TR+RFS), não apresenta eventos cardiovasculares adversos, mesmo havendo um elevado aumento da pressão arterial durante o exercício. Por outro lado, estudos demonstraram que o aumento da pressão arterial de forma aguda, após realização do TR+RFS, provocou diversas alterações positivas no sistema cardiovascular, incluindo melhora da circulação sanguínea periférica e função endotelial<sup>12-14</sup>.

Nessa perspectiva, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo do treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo sobre variáveis respiratórias e hemodinâmicas em sujeitos com DPOC.

## 2 - MÉTODO

Participaram deste estudo, 14 idosos, diagnosticados com DPOC leve, moderada ou grave que realizam tratamento no setor de pneumologia do Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba (HULW/UFPB) ou em outro hospital/clínica de referência (idade =  $67,50 \pm 1,76$  anos; massa corporal =  $67,67 \pm 3,39$  kg; estatura =  $1,58 \pm 0,02$  m; IMC =  $26,88 \pm 1,28$  kg/m<sup>2</sup>). A dimensão amostral foi realizada utilizando o *software* G\*Power 3.1.0, seguindo as recomendações de Beck<sup>15</sup>. A priori, foi adotada uma potência de 0,8 considerando um nível de significância de 5%, e um tamanho de efeito de 0,4, para analisar 3 grupos, realizando 3 medidas, em cada um deles, com taxa de correlação entre medidas de 0,5 e, para tanto, foi calculado um “n” total de 12 sujeitos. Considerando uma perda amostral de 20%, o “n” total foi de 14 sujeitos. Esta análise foi realizada para reduzir a probabilidade de erro do tipo II e para determinar o número mínimo de indivíduos necessários para esta investigação, com tamanho suficiente para fornecer 80% de poder estatístico.

Foram incluídos no estudo, idosos (> 60 anos), diagnosticados com DPOC leve, moderada ou grave – VEF<sub>1</sub> pós broncodilatador entre 30% e  $\geq 80\%$  do valor predito<sup>1</sup>, sem histórico de comorbidades locomotoras ou neurológicas, sem exacerbação de sintomas e regime farmacológico estável, há pelo menos, 2 meses. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do CCS/UFPB com parecer de número: 6.466.280 e CAAE: 68316123.7.0000.5188, além de ter sido vinculado ao Registro Brasileiro de Ensaios

Clínicos (ReBEC): RBR-9yrfyf, seguido da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), pelos sujeitos.

No primeiro contato, os participantes assinaram o TCLE, responderam ao questionário de anamnese e, em seguida, foram registrados: composição corporal, índice tornozelo-braquial (ITB), pressão de oclusão arterial (POA), força muscular inspiratória (*Powerbreathe®*) e teste de 1RM. Após, 48h a 72h, foi reavaliado o teste de 1RM, explicada a escala modificada de *Borg* e apresentados os exercícios das sessões experimentais.

Nos dias seguintes, os sujeitos compareceram ao laboratório, em 3 ocasiões, com um período de *wash-out* de 48h a 72h<sup>16</sup>, para executar, em ordem aleatória (*randomization.com*) no modelo *crossover*, um dos 3 protocolos seguintes: 1) Treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório – TRBC+TMI; 2) Treinamento resistido de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo/50% da POA + treinamento muscular inspiratório – TRBC+RFS+TMI; 3) Treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório – TRMC+TMI<sup>17</sup>. Medidas de variáveis hemodinâmicas e respiratórias foram realizadas: antes, imediatamente após e 10 minutos após cada sessão experimental: frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA), dispneia (escala modificada de *Borg*), frequência respiratória (FR) e saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>).

Os protocolos do TR foram compostos de 3 séries de 15 repetições, com 1 minuto de intervalo entre elas, a 30% e 50% de 1RM, nos MMSS (flexão de cotovelos: rosca direta com barra e anilhas) e MMII (extensão de joelhos: cadeira extensora), conforme a Figura 1, sendo eles: TRBC; TRBC+RFS/50% da POA; TRMC<sup>18,19</sup>. Nos treinamentos com RFS os participantes usaram manguitos pneumáticos adaptados nos MMSS (6 X 47 cm) e MMII (18 X 80 cm), que foram desinflados nos intervalos entre as séries e, reinflados, no início de cada série.

**Figura 1** – Treinamento Resistido (MMSS e MMII) com (A e B) e sem RFS (C e D)



Já no TMI foi utilizado o PowerBreathe® (KH2; PowerBreathe International Ltd. - UK), levando em consideração as recomendações de Gosselink *et al.*<sup>20</sup>, para cargas de 30% de  $P_{i_{máx}}$  nos protocolos 1 e 2, e 50% de  $P_{i_{máx}}$  no 3, e com 3 séries de 1 minuto e 1 minuto de repouso, entre elas, nos mesmos exercícios do TR (Figura 2).

**Figura 2** – Treinamento Muscular Inspiratório (TMI)



As mensurações da FC e SpO<sub>2</sub> foram realizadas por meio do oxímetro de dedo (*Oximeter*, Brasil), a PA com o esfigmomanômetro e estetoscópio (Premium - GLICOMED®, São Paulo, SP, Brasil) e a FR visualmente, por meio da observação das incursões respiratórias (inspiração e expiração), durante 1 minuto. A dispneia foi avaliada pela escala visual analógica (EVA) modificada de *Borg* (Brunetto; Paulin; Yamaguti, 2002), caracterizada por quadros que mudam a graduação da coloração e indicam a intensidade da dispneia, na qual os sujeitos, mostravam a classificação na EVA.

Na mensuração da estatura dos sujeitos foi utilizado um estadiômetro (modelo 31, Filizola, São Paulo, Brazil), com campo de uso de 0,80 até 2,20 m, com tolerância de  $\pm 2$  mm. Eles foram instruídos a ficar descalço, com os calcanhares unidos e braços relaxados, e permanecer o mais ereto, com a cabeça orientada no plano de *Frankfurt*<sup>21</sup>, enquanto a massa corporal, massa muscular esquelética, massa de gordura, percentual de gordura e o índice de massa corporal (IMC) foram avaliados no bioimpedanciômetro (InBody 120 – Seul, Coreia do Sul), utilizando 8 pontos táteis (2 em cada pé e 2 em cada mão), cumprindo as seguintes instruções: a) estar em jejum há pelo menos 4 horas; b) não consumir bebida alcoólica e cafeinada 48 horas antes do exame; c) não realizar exercícios físicos com intensidade 12 horas antes; d) não efetuar o exame diante de quadro febril ou de desidratação; e) não utilizar objetos metálicos; f) utilizar o banheiro antes do teste para diminuir os volumes de urina e fezes; g) realizar o exame com trajes de banho e descalços, com a postura ereta na plataforma e segurando os eletrodos a 30° do tronco<sup>22</sup>.

O ITB foi registrado com um esfigmomanômetro aneróide (Premium - GLICOMED®, São Paulo, SP, Brasil) e um Doppler Vascular Portátil (MedPeg® DV - 2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com a finalidade de verificar a predisposição dos sujeitos a doença arterial obstrutiva periférica (DAOP), de acordo com Resnick *et al.*<sup>23</sup>, enquanto que a pressão de oclusão arterial (POA) foi medida conforme protocolo proposto por Laurentino *et al.*<sup>24</sup>, no qual, o manguito foi inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria braquial (MMSS) ou artéria tibial posterior ou pediosa (MMII) fosse interrompido, com os sujeitos permanecendo na mesma posição dos exercícios, sendo estabelecido como 100% de RFS.

O registro da força muscular foi realizado pelo teste de 1RM seguindo as recomendações do *American College of Sports Medicine* – ACSM<sup>18</sup>, no qual, inicialmente, foi realizado um aquecimento, da musculatura a ser testada, dividido em duas etapas: 1ª) 8 repetições com 50% da carga estimada para o valor de 1RM e, após 2 minutos de descanso; 2ª) 3 repetições a 70% do valor de 1RM e, após um intervalo de 3 minutos, iniciou-se o teste propriamente dito. Durante o mesmo, a carga foi, gradativamente, elevada de 1 a 5 kg, com intervalo de 2 minutos



entre as tentativas, e quando o sujeito não fosse capaz de realizar o movimento completo, registrava-se o valor de IRM da tentativa anterior.

Por fim, para a avaliação da pressão inspiratória máxima ( $P_{i\text{máx}}$ ), foi utilizado um dispositivo eletrônico computadorizado (KH2; *PowerBreathe International Ltd. - UK*) junto com um *Breathelink* de feedback. Durante os testes, os sujeitos permaneceram sentados com os braços apoiados e clipe nasal para evitar vazamento de ar para fora do dispositivo. Durante o teste, os sujeitos foram instruídos a expirar até o volume residual (VR) e realizar uma inspiração máxima, mantida pelo maior tempo possível. Foram realizadas 3 repetições, buscando variações menores que 10%, entre elas, sendo considerada a medida de maior valor<sup>25</sup>.

Os dados foram analisados no *Statistical Package for the Social Science* (SPSS – 26.0). Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória para verificar a normalidade, a homogeneidade e a esfericidade dos dados por meio dos testes de *Shapiro-Wilk*, *Levene* e *Mauchly*, respectivamente. E, em casos do pressuposto violado, foi adotada a correção de graus de liberdade de *Greenhouse-Geisser* e os que não atenderam os pressupostos da normalidade foram logaritmizados.

A estatística inferencial foi feita pelo teste de ANOVA (*Two-Way*) de medidas repetidas (3 momentos x 3 protocolos), para analisar possíveis diferenças entre os protocolos experimentais: 1) TRBC+TMI; 2) TRBC+RFS+TMI; 3) TRMC+TMI e para comparar as variáveis FC, PAS, PAD, FR, SpO<sub>2</sub> e Dispneia, seguido pelo *post-hoc* de *Bonferroni*. Nos casos em que os pressupostos de normalidade não foram atendidos foi utilizado o teste de *Friedman* (3 momentos x 3 protocolos) para amostras dependentes, seguido do teste de *Wilcoxon*, para comparações múltiplas.

O tamanho do efeito foi utilizado para analisar a magnitude das mudanças entre os momentos das seguintes variáveis: FC, PAS, PAD, FR, SpO<sub>2</sub> e grau de Dispneia. O TE de *Cohen's d* foi estimado utilizando a calculadora *Psychometrica "Effect size estimates in repeated measures designs"*<sup>26</sup> e interpretando como Cohen<sup>27</sup>: insignificante ( $\leq 0,19$ ), pequeno (0,20 – 0,49), médio (0,50 – 0,79), grande (0,80 – 1,29) e muito grande ( $\geq 1,30$ ), adotando-se um nível de significância de  $P \leq 0,05$ , para todas as comparações.

### 3 - RESULTADOS

Na análise da FC (Tabela 1), foi encontrada diferença significativa, entre os momentos, nos protocolos TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI ( $P < 0,05$ ). O teste *post hoc* de *Bonferroni* observou diminuição, na comparação pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,042$ ;  $d = 0,50$ ) e

imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,012$ ;  $d = 0,18$ ) no TRBC+RFS+TMI; e também, 10' após, em comparação a pré-intervenção, no TRMC+TMI ( $P = 0,014$ ;  $d = 0,33$ ), sem terem sido observadas diferenças entre os protocolos analisados.

Quanto a PAS (Tabela 1), não houve diferença significativa, intergrupos ( $P > 0,05$ ), entretanto, na comparação pré-intervenção *versus* pós-intervenção, no TRBC+TMI houve diminuição no momento pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 3,22$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 4,23$ ) e no TRBC+TMI+RFS no momento pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,58$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,002$ ;  $d = 4,35$ ). Por outro lado, no TRMC+TMI ( $P = 0,002$ ;  $d = 0,54$ ), houve aumento, imediatamente após comparado a pré-intervenção, além de redução no momento 10' após, comparado ao imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,12$ ).

Na análise da PAD (Tabela 1), não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Em contrapartida, a ANOVA de *Friedman*, observou uma redução significativa no TRBC+RFS+TMI, comparando os momentos: pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,014$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,025$ ).

**Tabela 1** – Respostas hemodinâmicas (FC, PAS e PAD) pré, imediatamente após e 10 minutos após diferentes protocolos experimentais

Variáveis	Momentos	Protocolos experimentais		
		TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
FC	Pré	80,50 ± 12,22 <sup>◊</sup>	81,93 ± 11,61 <sup>◊,b</sup>	81,87 ± 12,60 <sup>◊,b</sup>
	Imed. após	82,50 ± 12,98 <sup>◊</sup>	77,14 ± 13,22 <sup>◊,c</sup>	79,50 ± 12,24 <sup>◊</sup>
	10' após	80,00 ± 10,79 <sup>◊</sup>	73,79 ± 12,23 <sup>◊,b,c</sup>	75,79 ± 11,47 <sup>◊,b</sup>
PAS	Pré	120,00 (2,25) <sup>+,b</sup>	120,00 (2,29) <sup>+,b</sup>	118,57 ± 9,49 <sup>◊,a</sup>
	Imed. após	125,00 (2,57) <sup>+,c</sup>	130,00 (2,50) <sup>+,c</sup>	125,71 ± 6,46 <sup>◊,a,c</sup>
	10' após	110,00 (1,18) <sup>+,b,c</sup>	115,00 (1,21) <sup>+,b,c</sup>	115,71 ± 9,37 <sup>◊,c</sup>
PAD	Pré	80,00 (1,79) <sup>+</sup>	80,00 (2,25) <sup>+,b</sup>	80,00 (2,04) <sup>+</sup>
	Imed. após	80,00 (2,14) <sup>+</sup>	80,00 (2,14) <sup>+,c</sup>	80,00 (2,04) <sup>+</sup>
	10' após	80,00 (2,07) <sup>+</sup>	80,00 (1,61) <sup>+,b,c</sup>	80,00 (1,93) <sup>+</sup>

Legenda: FC = frequência cardíaca; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

Nota: (◇) ANOVA de medidas repetidas; (‡) ANOVA de *Friedman*; (a) # pré x imed. após; (b) # pré x 10' após; (c) # imed. após x 10' após.

Na Tabela 2, observa-se que, na FR houve uma diferença significativa na comparação intergrupos (TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI:  $P = 0,001$  e TRBC+TMI vs. TRMC+TMI:  $P = 0,001$ ).

Nos dados intragrupo, no TRBC+TMI, comparado aos valores pré-intervenção, houve aumento, imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,40$ ) e redução 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,40$ ), e na comparação, imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,49$ ). No TRBC+RFS+TMI, houve redução, significativa, na comparação pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,007$ ;  $d = 0,43$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,58$ ), enquanto que, no TRMC+TMI houve aumento, significativa, entre pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,006$ ;  $d = 0,75$ ) e redução, significativa, entre o pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,023$ ;  $d = 0,18$ ) e o imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,62$ ).

Em relação a  $SpO_2$  (Tabela 2), não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos ( $P > 0,05$ ). Já na análise intragrupo, observou-se aumento significativo no TRBC+TMI comparando pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,09$ ) e também 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,28$ ). No TRBC+RFS+TMI, na comparação pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,04$ ), pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,74$ ) e imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,034$ ;  $d = 0,32$ ), e no TRMC+TMI, pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,35$ ) e pré-intervenção vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,69$ ).

E quanto ao grau de dispneia analisado pela escala de *Borg* (Tabela 2), houve diferença, significativa, intergrupos: TRBC+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ) e TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ). Na análise intragrupo, no TRBC+TMI, foi encontrada uma diminuição significativa ao comparar o momento imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,022$ ;  $d = 0,44$ ); no TRBC+RFS+TMI, um aumento na comparação pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,017$ ;  $d = 0,43$ ) e diminuição no imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,010$ ;  $d = 0,40$ ), enquanto que no TRMC+TMI, houve um aumento quando comparados: pré-intervenção vs. imediatamente após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,64$ ) e diminuição entre o imediatamente após vs. 10' após ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,66$ ).

**Tabela 2** – Respostas respiratórias (FR, SpO<sub>2</sub> e Dispneia) pré, imediatamente após e 10 minutos após diferentes protocolos experimentais

Variáveis	Momentos	Protocolos experimentais		
		TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
FR	Pré	17,00 (1,79) <sup>‡,a,b</sup>	17,21 ± 1,80 <sup>◇,b</sup>	17,00 (1,93) <sup>‡,a,b</sup>
	Imed. após	18,00 (2,96) <sup>‡,a,c</sup>	18,00 ± 2,32 <sup>◇,c</sup>	19,00 (2,89) <sup>‡,a,c</sup>
	10' após	16,00 (2,04) <sup>‡,b,c</sup>	16,14 ± 1,23 <sup>◇,b,c</sup>	16,50 (1,23) <sup>‡,b,c</sup>
SpO <sub>2</sub>	Pré	95,29 ± 1,13 <sup>◇,a,b</sup>	95,50 (1,04) <sup>‡,a,b</sup>	95,00 (1,07) <sup>‡,a,b</sup>
	Imed. após	97,00 ± 1,35 <sup>◇,a</sup>	97,00 (2,25) <sup>‡,a,c</sup>	97,00 (2,39) <sup>‡,a</sup>
	10' após	97,29 ± 1,26 <sup>◇,b</sup>	98,00 (2,71) <sup>‡,b,c</sup>	97,50 (2,54) <sup>‡,b</sup>
Borg	Pré	3,57 ± 1,39 <sup>◇</sup>	3,43 ± 1,78 <sup>◇,a</sup>	3,43 ± 1,60 <sup>◇,a</sup>
	Imed. após	4,50 ± 1,87 <sup>◇,c</sup>	4,50 ± 1,78 <sup>◇,a,c</sup>	4,86 ± 1,79 <sup>◇,a,c</sup>
	10' após	3,36 ± 1,27 <sup>◇,c</sup>	3,50 ± 1,22 <sup>◇,c</sup>	3,21 ± 1,18 <sup>◇,c</sup>

Legenda: FR = frequência respiratória; SpO<sub>2</sub> = saturação periférica de oxigênio; Borg = Escala de Dispneia; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

Nota: (◇) ANOVA de medidas repetidas; (‡) ANOVA de *Friedman*; (a) # pré x imed. após; (b) # pré x 10' após; (c) # imed. após x 10' após.

#### 4 - DISCUSSÃO

Os principais achados deste estudo foram: a) redução da PAS, FC, FR e dispneia em todos os protocolos no momento 10' após, enquanto que na PAD aconteceu apenas no TRBC+RFS+TMI; b) aumento da FR imediatamente após no TRBC+TMI e TRMC+TMI; da dispneia no TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI e da SpO<sub>2</sub> em todos os protocolos.

Apesar de nenhum estudo ter buscado analisar as respostas agudas da hemodinâmica, variáveis respiratórias e força periférica antes e após exercícios com e sem RFS em MMSS e MMII associado ao TMI em sujeitos com DPOC, alguns deles verificaram essas respostas isoladas. Rodrigues Neto *et al.*<sup>28-30</sup> investigaram o efeito agudo do TR com RFS contínua (RFSC) ou intermitente (RFSI) sobre a hemodinâmica de normotensos, e Witt *et al.*<sup>31</sup> realizaram um estudo de cinco semanas de TMI no intuito de aumentar a força muscular respiratória e reduzir ou retardar a fadiga muscular respiratória.

O estudo de Rodrigues Neto *et al.*<sup>28</sup> analisou o efeito de 4 protocolos diferentes sobre a PAS: TR a 80% 1RM; TR a 20% 1RM; TR com RFS a 20% 1RM e grupo controle, compostos por exercícios, bilaterais, de MMSS (extensão e flexão de cotovelos) e MMII (extensão e flexão de joelhos), nos momentos: imediatamente após, 10'; 20'; 30'; 40'; 50'; e 60' após cada protocolo, e observaram que todos os programas de exercícios resultaram num efeito hipotensor significativo da PAS. Assim como Rodrigues Neto *et al.*<sup>29</sup>, que compararam o efeito agudo do TR com RFS contínua ou intermitente sobre a PAS, PAD e PAM em homens normotensos que realizaram fortalecimento de MMSS (supino reto, puxada frontal, rosca tríceps e rosca bíceps direta, bilateralmente), de forma cruzada, em 3 protocolos distintos: TRBC+RFSC, TRBC+RFSI, Treinamento resistido de alta carga (TRAC), observando aumentos imediatamente após o exercício e efeito hipotensivo após os repousos em todos os protocolos.

O presente estudo corrobora os resultados pós-treinamento, pois foram observadas reduções significantes na PAS no momento 10' após em todos os protocolos, enquanto que, na PAD, apenas no TRBC+RFS+TMI. Anderson e Wozniak<sup>32</sup>; McArdle, Katch e Katch<sup>33</sup> e Viaro, Nobre e Evora<sup>34</sup> explicam que isso pode ser devido ao aumento da óxido nítrico sintase (NOS) que é capaz de promover alterações no endotélio, tal qual, vasodilatação resultando numa cascata de fatores relaxantes que elevam o fluxo sanguíneo muscular e, conseqüentemente, reduzem a resistência vascular periférica.

Rodrigues Neto *et al.*<sup>30</sup> compararam os efeitos agudos do TR nos MMSS com RFSC e RFSI sobre a FC em normotensos, realizando medições antes e após cada sessão (*crossover* com três protocolos) e, ao final de cada exercício, aumento dessa variável ao final de cada sessão/exercício. O presente estudo contrapõe esses achados já que demonstrou redução significativa da FC no momento 10' após os protocolos com RFS e moderada carga. Uma possível explicação para essa divergência foi que no estudo supra-citado, a medição foi realizada apenas pré e após a sessão, enquanto no presente estudo foi nos momentos pré-intervenção, imediatamente após e 10' após, o que fez gerar diferenças significantes devido ao tempo de recuperação fisiológica de cada sujeito.

Outra explicação para a diminuição da FC no presente estudo, está descrita no estudo de Witt *et al.*<sup>31</sup> que ao realizarem 5 semanas de TMI em homens jovens e saudáveis, divididos em dois grupos (experimental: 50%  $Pi_{máx}$  e controle: 10%  $Pi_{máx}$ ), também observaram redução da FC que, normalmente, aumenta com o elevado trabalho da respiração durante o exercício. O presente estudo corrobora esse achado, pois 10' após a sessão, mostrou a contribuição da TMI na diminuição dos valores dessa variável.

Ainda, segundo Witt *et al.*<sup>31</sup> a diminuição da resposta cardiovascular se deu por redução da resposta dos nervos aferentes de tipo III e IV (que inervam os músculos respiratórios) aos estímulos químicos condicionada à exposição repetida ao acúmulo de metabólitos associados às TMI. Cole *et al.*<sup>35</sup> e Jouven *et al.*<sup>36</sup> ressaltam que, com a realização do TMI, ocorre aumento da modulação vagal e diminuição da modulação simpática, possivelmente, explicando a redução da FC no período de recuperação.

Por fim, Lizardo e Simões<sup>37</sup> mostraram que a realização de exercícios para MMSS e MMII, na mesma sessão, podem promover maiores efeitos hipotensores do que, apenas, um segmento corporal, devido a quantidade de massa muscular envolvida. Assim, a menor PAS, PAD e FC observada no presente estudo pode ter ocorrido também devido à maior quantidade de cadeias musculares envolvidas.

Dentre os dados analisados, as variáveis respiratórias de FR e SpO<sub>2</sub> são as que têm sido menos estudadas utilizando protocolo *crossover*, com RFS, entretanto, alguns estudos mostraram respostas isoladas delas no TR e no TMI. Silva *et al.*<sup>38</sup> analisaram a eficácia da durabilidade do programa de reabilitação por 12 semanas com pacientes com DPOC envolvendo treinamento de MMSS convencional (musculação) e com carga elástica e obtiveram melhora da desobstrução das vias aéreas e aumento da ventilação e FR, com maior efetividade no protocolo convencional. O presente estudo corrobora, em parte, esse achado, quando se analisa apenas o aumento da FR no momento imediatamente após no TRBC+TMI e TRMC+TMI. Uma possível explicação foi dada por Powers e Howley<sup>39</sup> relatando que o aumento da atividade do sistema nervoso autônomo libera mediadores adrenérgicos que promovem esses aumentos, além da fadiga diafragmática que, também, exige um aumento do trabalho da musculatura acessória. Em contrapartida, o presente estudo se contrapõe a este, já que a FR diminuiu no momento 10' após em todos os protocolos, e isso pode ser explicado pelo maior tempo de recuperação que reduz: o trabalho respiratório, a hiperinsuflação pulmonar e a ação do ácido lático, na musculatura respiratória.

O estudo de Oliveira, Schneider e Winkelmann<sup>40</sup> verificou as repercussões hemodinâmicas e respiratórias em indivíduos com Doença Renal Crônica e hígidos, submetidos a uma sessão de TMI com Threshold® a 30% da Pi<sub>máx</sub> e não mostrou diferenças significantes nos valores da FR, entretanto, o presente estudo contrapõe a esse achado. Uma hipótese que justifica essa divergência é que o estudo supracitado utilizou cargas baixas e um equipamento diferente, afinal o Threshold® apresenta limitação no ajuste de cargas e molas menos resistentes que o Powerbreathe® e, possivelmente, não tenha sido capaz de gerar repercussões respiratórias.

Já, Petrovic *et al.*<sup>41</sup> avaliaram a eficácia do TMI, por 8 semanas, na hiperinsuflação dinâmica em pacientes com DPOC, em dois grupos: intervenção e o controle, mostrando diminuição dessa hiperinsuflação e da FR, melhorando, assim, o padrão respiratório. O presente estudo corrobora esses resultados ao apresentarem redução dos valores de FR, que também pode ser explicado por Ramirez-Sarmiento *et al.*<sup>42</sup> e Villafranca *et al.*<sup>43</sup>, afirmando que o TMI encurta o tempo inspiratório, permitindo mais tempo para expiração e relaxamento, reduzindo, assim, a hiperinsuflação dinâmica e facilitando o esvaziamento do pulmão. Além disso, o aumento da capacidade muscular ofertada por esse treinamento leva a melhores respostas dos padrões respiratórios, ocasionando a diminuição da FR.

Com relação a SpO<sub>2</sub>, o estudo de Rodrigues Neto *et al.*<sup>44</sup> analisou o efeito agudo do TRBC com RFS, TRBC e TRAC em homens normotensos, mostrando uma redução significativa na SpO<sub>2</sub>, nos protocolos de TRBC+RFS e TRBC, diferindo do presente estudo, que demonstrou aumentos em todos os protocolos, tanto no momento imediatamente após, quanto 10' após. Uma possível explicação para esse fato foi que Rodrigues Neto *et al.*<sup>44</sup> realizou 4 tipos de exercícios de fortalecimento da musculatura periférica (2 de MMSS e 2 de MMII), gerando um maior volume de treino, enquanto que o presente estudo realizou apenas um exercício de cada segmento corporal.

Oliveira *et al.*<sup>45</sup> investigaram os efeitos do TRBC com diferentes % de POAs sobre marcadores de estresse cardiovascular e se estas diferentes pressões afetam os níveis de SpO<sub>2</sub>, em homens treinados. Os sujeitos realizaram exercício de flexão do cotovelo, unilateralmente, em quatro condições: 1) 20% de 1 RM + 40% da POA; 2) 20% de 1 RM + 80% da POA; 3) 20% de 1 RM + 120% da POA e; 4) 70% de 1RM, e não foram encontradas alterações na SpO<sub>2</sub>, em nenhuma das condições. Assim como, no estudo de Picon *et al.*<sup>46</sup>, que também analisou o nível de SpO<sub>2</sub>, em sujeitos normotensos, após sessão única de TR com RFS a 30% de 1RM, e constatou que os valores mantiveram-se constantes (em torno de 97%).

Em contrapartida, o estudo de Mehani<sup>47</sup> que comparou 2 diferentes protocolos de treinamento respiratório (TME e TMI) com cargas progressivas de 15%-60%, em pacientes idosos com DPOC, por dois meses, observou um aumento significativo da SpO<sub>2</sub> após o treinamento, principalmente no grupo TMI, semelhante aos resultados do presente estudo, que apesar de não ter trabalhado com carga progressiva, aumentou os valores da SpO<sub>2</sub>.

Chien *et al.*<sup>48</sup>, Gosselink *et al.*<sup>49</sup> e Petrovic *et al.*<sup>41</sup>, explicam que pelo fato do TMI melhorar a assincronia toracoabdominal, notada em pacientes com DPOC após a ocorrência de fadiga muscular inspiratória, a força, a resistência muscular respiratória e a capacidade funcional, além de diminuir a hiperinsuflação dinâmica e a dispneia, o TMI associado de ao

treinamento resistido (com e sem RFS), pode ter contribuído quanto aos ganhos hemodinâmicos e respiratórios, apresentados no presente estudo.

Para avaliar os efeitos do treinamento resistido na dispneia, a escala modificada de Borg tem sido muito utilizada nos mais variados ensaios clínicos. O estudo de Velloso *et al.*<sup>50</sup> analisou os efeitos do treinamento resistido de MMSS, a 50% de 1RM, por 8 semanas, sobre a força e o desempenho das AVD's em pacientes com DPOC, e notou uma redução significativa da dispneia após o protocolo de treinamento. Assim como, McKeough, Bye e Alison<sup>51</sup> que avaliaram os efeitos de diferentes TR de MMSS (treinamento para resistência, treinamento para força, treinamento combinado e controle) em indivíduos com DPOC, também por 8 semanas, e observaram uma diminuição significativa da dispneia no grupo treinamento combinado. O presente estudo corrobora os achados dessas duas pesquisas, ao apresentar, também, uma diminuição da sensação de dispneia após 10' em todas as sessões.

Beaumont *et al.*<sup>52</sup> e Sívori e Rhodius<sup>53</sup> mostram que o efeito do treinamento resistido sobre a dispneia, pode ser explicado pelo fato da força exigida pela musculatura durante o fortalecimento promover um maior volume de oxigênio máximo inspirado ( $VO_2$ ). Ou seja: durante o treino resistido, o aumento dessas variáveis, servem para suprir as demandas metabólicas, promovendo, no indivíduo, maior resistência à dispneia. Além disso, a musculatura dos MMSS e MMII e a inspiratória estão interligadas. Sendo assim, se há aumento da força muscular periférica, consequentemente haverá, também, aumento da força muscular inspiratória, gerando maior resistência nesses indivíduos.

Ainda neste sentido, o estudo de Langer *et al.*<sup>54</sup> identificou os mecanismos fisiológicos que melhoram a dispneia e a resistência ao exercício após o TMI em pacientes com DPOC, após um protocolo de 8 semanas, e verificou que o TMI melhorou a sensação de dispneia. Também, Beaumont *et al.*<sup>52</sup>, que analisaram os efeitos do TMI na dispneia em pacientes com DPOC grave, comparando um grupo de reabilitação pulmonar (RP), com RP associada ao TMI (RP+TMI), mostraram melhora significativa para o grupo RP+TMI. O presente estudo, também, corrobora os achados dessas pesquisas, que segundo Dourado<sup>55</sup> pelo fato do treinamento dos músculos respiratórios promoverem melhora da força e resistência do grupo trabalhado, contribui para a redução dos sintomas de dispneia e melhora da capacidade funcional.

## 5 - CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que o TMI associado a um treinamento resistido (TR), com ou sem RFS, promoveu efeito hipotensor na PAS, diminuição da FC; FR e



dispneia, além de aumentos da saturação, em todos os protocolos analisados, em portadores de DPOC. Entretanto, o protocolo TRBC+RFS+TMI foi mais efetivo e promissor na melhora das respostas cardiorrespiratórias, pois além do efeito hipotensor nas variáveis acima descritas, foi efetivo, também, na PAD.

## REFERÊNCIAS

1. GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE. Global strategy for diagnosis, management and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2023 REPORT. Available at: <<https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/>>. Accessed on: September 6, 2023.
2. TORRI, B. G. et al. O Método Pilates melhora a função pulmonar e a mobilidade torácica de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Fisioterapia Brasil**, v. 18, n. 1, p. 56-62, 2017.
3. SIMA, C. A. **Resting heart rate and arterial stiffness relationship in patients with chronic obstructive pulmonary disease**. 2017. Thesis (Doctorate in Philosophy) – Faculty of Rehabilitation Sciences, University of British Columbia, Vancouver, 2017.
4. AMBROZIN, A. R. P. et al. Associação do treinamento resistido e aeróbico em pacientes com doença pulmonar crônica. **Revista Terapia Manual**, v. 11, n. 53, p. 327–332, 2013.
5. BALBÁS-ÁLVAREZ, L. et al. Effect of manual therapy, motor control exercise, and inspiratory muscle training on maximum inspiratory pressure and postural measures in moderate smokers: a randomized controlled trial. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 41, n. 5, p. 372-382, 2018.
6. CHEN, R. C. et al. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for the rehabilitation of moderate-to-severe COPD: a meta-analysis. **International Journal of COPD**, v. 11, n. 1, p. 2965-2975, 2016.
7. ROSSI, A. et al. Mechanisms, assessment and therapeutic implications of lung hyperinflation in COPD. **Respiratory Medicine**, v. 109, n. 7, p. 785-802, 2015.
8. ZAMBOM-FERRARESI, F. et al. Effects of combined resistance and endurance training versus resistance training alone on strength, exercise capacity, and quality of life in patients with COPD. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 35, n. 6, p. 446-453, 2015.
9. BITTAR, S. T. et al. The benefits of physical activity on climacteric women. *In*: RODRÍGUEZ-LANDA, J. F. **A multidisciplinary look at menopause**. London: IntechOpen, p. 111-126, 2017.
10. PEREIRA NETO, E. A. et al. Walking with blood flow restriction improves the dynamics strength of women with osteoporosis. **Brazilian Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 2, p. 135-139, 2018.

11. RENZI, C. P.; TANAKA, H.; SUGAWARA, J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular Function. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 4, p. 726-732, 2010.
12. LIU, Y. et al. Resistance training with blood flow restriction on vascular function: a meta-analysis. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 7, p. 577–587, 2021.
13. PINTO, R. R.; POLITO, M. D. Haemodynamic responses during resistance exercise with blood flow restriction in hypertensive subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 5, p. 407-413, 2015.
14. YASUDA, T. et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow restricted low-intensity resistance training in older adults. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 24, n. 5, p. 799–806, 2013.
15. BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.
16. ANDREATTA, M. V. et al. Exercício de força combinado à restrição de fluxo sanguíneo induz aumentos agudos na pressão arterial sistólica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 26, n. 4, p. 35-44, 2018.
17. RODRIGUES NETO, G. et al. Efeito agudo e crônico do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente sobre as medidas hemodinâmicas e percepção subjetiva de esforço em homens saudáveis. **Motricidade**, v. 14, n. S1, p. 71-82, 2018.
18. ACSM. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 10 ed. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2017.
19. VILAÇA-ALVES, J. et al. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. **Journal of Exercise Physiology**, v. 19, n. 3, p. 100-109, 2016.
20. GOSSELINK, R. et al. Assessing the effects of inspiratory muscle training in a patient with unilateral diaphragm dysfunction. **Breathe (Sheff)**, v. 15, n. 2, p. 90-96, 2019.
21. BRUNETTO, A. F.; PAULIN, E.; YAMAGUTI, W. P. S. Comparação entre a escala de Borg modificada e a escala de Borg modificada análogo visual aplicadas em pacientes com dispneia. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 6, n. 1, p. 41-45, 2002.
22. STEWART, A. et al. **International standards for anthropometric assessment**. 3 ed. New Zealand: ISAK, 2011.
23. PITANGA, C. P. S. et al. Nível de atividade física para prevenção do excesso de gordura visceral em mulheres pós menopáusicas: quanto é necessário? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 56, n. 6, p. 358-363, 2012.

24. RESNICK, H. E. et al. Relationship of high and low ankle brachial index to all cause and cardiovascular disease mortality: the strong heart study. **Circulation**, v. 109, n. 6, p. 733–739, 2004.
25. LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 3, p. 406-412, 2012.
26. LAVENEZIANA, P. et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. **European Respiratory Journal**, v. 53, n. 6, p. 1801214, 2019.
27. LENHARD, W.; LENHARD, A. Calculation of effect sizes. **Psychometrica**: Dettelbach, Germany, 2016.
28. COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. United States of America: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
29. RODRIGUES NETO, G. et al. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1064-1070, 2015.
30. RODRIGUES NETO, G. et al. Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. **Motriz: Journal of Physical Education**, v. 22, n. 3, p. 198-204, 2016a.
31. RODRIGUES NETO, G. et al. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 1, p. 277-292, 2016b.
32. WITT, J. D. et al. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. **The Journal of Physiology**, v. 584, n. 3, p. 1019-1028, 2007.
33. ANDERSON, J. E.; WOZNIAK, A. C. Satellite cell activation on fibers: Modeling events in vivo-an invited review. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 82, n. 5, p. 300–310, 2004.
34. MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
35. VIARO, F.; NOBRE, F.; EVORA, P. R. B. Expression of nitric oxide synthases in the pathophysiology of diseases cardiovasculares. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 74, n. 4, p. 380-393, 2000.
36. COLE, C. R. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **The New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 18, p. 1351-1357, 1999.
37. JOUVEN, X. et al. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. **The New England Journal of Medicine**, v. 352, n. 19, p. 1951-1958, 2005.

38. LIZARDO, J. H. F.; SIMÕES, H. G. Effects of different resistance exercise sessions on post-exercise hypotension. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 9, p. 249-255, 2005.
39. SILVA, B. S. A. et al. Effects of a resistance training with elastic tubing in strength, quality of life and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Journal of Physical Education**, v. 27, n. 1, p. e2722, 2016.
40. POWERS, S.; HOWLEY, E. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento físico e ao desempenho**. 9ª ed. São Paulo: Manole, 2017.
41. OLIVEIRA, L. D.; SCHNEIDER, J.; WINKELMANN, E. R. Efeito agudo da sessão de treinamento muscular inspiratório: indivíduos com doença renal crônica vs. hígidos. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 7, n. 1, p. 13-19, 2017.
42. PETROVIC, M. et al. Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 7, n. 1, p. 797-805, 2012.
43. RAMIREZ-SARMIENTO, A. et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 11, p. 1491-1497, 2002.
44. VILLAFRANCA, C. et al. Effect of inspiratory muscle training with an intermediate load on inspiratory power output in COPD. **European Respiratory Journal**, v. 11, n. 1, p. 28-33, 1998.
45. RODRIGUES NETO, G. et al. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 1, p. 53-59, 2016c.
46. OLIVEIRA, R. S. et al. Efeito agudo do treinamento de força com e sem restrição do fluxo sanguíneo sobre variáveis cardiovasculares e a saturação de oxigênio no sangue em homens adultos. **Colloquium: health and education**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2021.
47. PICON, M. M. et al. Acute cardiovascular responses after a single bout of blood flow restriction training. **International Journal of Exercise Science**, v. 11, n. 2, p. 20-31, 2018.
48. MEHANI, S. H. M. Comparative study of two different respiratory training protocols in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Clinical Interventions in Aging**, v. 12, n. 1, p. 1705-1715, 2017.
49. CHIEN, J. Y. et al. Asynchronous thoraco-abdominal motion contributes to decreased 6-minute walk test in patients with COPD. **Respiratory Care**, v. 58, n. 2, p. 320-326, 2013.

50. GOSSELINK, R. et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? **European Respiratory Journal**, v. 37, n. 2, p. 416-425, 2011.
51. VELLOSO, M. et al. Evaluation of effects of shoulder girdle training on strength and performance of activities of daily living in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 8, n. 1, p. 187–192, 2013.
52. MCKEOUGH, Z. J.; BYE, P. T. P.; ALISON, J. A. Arm exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial. **Chronic Respiratory Disease**, v. 9, n. 3, p. 153–162, 2012.
53. BEAUMONT, M. et al. Effects of inspiratory muscle training on dyspnoea in severe COPD patients during pulmonary rehabilitation: controlled randomised trial. **European Respiratory Journal**, v. 51, n. 1, p. 1701107, 2018.
54. SÍVORI, M.; RHODIUS, E. Respuesta ventilatoria al ejercicio post-entrenamiento de miembros superiores en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. **Medicina (Buenos Aires)**, v. 73, n. 1, p. 1–8, 2013.
55. LANGER, D. et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. **Journal of Applied Physiology**, v. 125, n. 2, p. 381-392, 2018.
56. DOURADO, V. Z. **Exercício físico aplicado à reabilitação pulmonar: princípios fisiológicos, prescrição e avaliação dos resultados**. Rio de Janeiro: Revinter, 2011.

## APÊNDICE E – Artigo 1 (tradução)

**Submetido na revista:** Respiratory Medicine

**Qualis Capes:** A2 (78%)

### **Acute effects of respiratory and resistance training with blood flow restriction on respiratory and hemodynamic variables in subjects with COPD**

Camila Fernandes Pontes dos Santos;<sup>1,3</sup> Wanessa Kelly Vieira de Vasconcelos;<sup>3,5,6</sup> Maria Heloisa de Queiroz Silva;<sup>2,3</sup> Dyego Tavares de Lima;<sup>1,4</sup> Marlon Alexandre de Albuquerque;<sup>2,3</sup> Eduardo Ériko Tenório de França;<sup>1,2,4</sup> Heleodório Honorato dos Santos<sup>1,2,3,5</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate Program in Physiotherapy, Federal University of Paraiba, João Pessoa, Brazil.

<sup>2</sup>Graduation in Physiotherapy, Federal University of Paraiba, João Pessoa, Brazil.

<sup>3</sup>Laboratory for the study of balance, dynamometry and electromyography, Federal University of Paraiba, João Pessoa, Brazil.

<sup>4</sup>Physiotherapy laboratory in cardiorespiratory research, Federal University of Paraiba, João Pessoa, Brazil.

<sup>5</sup>Associated Postgraduate Program in Physical Education, University of Pernambuco and Federal University of Paraiba, João Pessoa, Brazil.

<sup>6</sup>Graduation in Physical Education, Federal University of Paraiba, João Pessoa, Paraiba, Brazil.

## ABSTRACT

**Introduction:** Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a chronic limitation of airflow which causes changes in the cardiorespiratory system, muscle weakness and decreased functional capacity. To this end, inspiratory muscle training (IMT) and resistance training (RT) associated with blood flow restriction (RT+BFR) appear to improve muscle strength and functional performance. **Objective:** To analyze the acute effect of respiratory and resistance training with blood flow restriction (BFR) on respiratory and hemodynamic variables in subjects with COPD. **Method:** This is a randomized crossover clinical trial in which 14 older adults with COPD ( $67.50 \pm 1.76$  years;  $67.67 \pm 3.39$  kg;  $1.58 \pm 0.02$  m;  $26.88 \pm 1.28$  kg/m<sup>2</sup>) were subjected to 3 protocols: 1) Low-load resistance training + inspiratory muscle training (LLRT+IMT); 2) Low-load resistance training with blood flow restriction/50% of AOP + inspiratory muscle training (LLRT+BFR+IMT); and 3) Moderate load resistance training + inspiratory muscle training (MLRT+IMT). **Results:** There was a significant reduction in SBP ( $P < 0.01$ ), HR ( $P < 0.05$ ), RR ( $P < 0.05$ ) and dyspnea ( $P < 0.05$ ) in all protocols at moment 10' and an increase in RR immediately after in LLRT+IMT ( $P < 0.01$ ) and MLRT+IMT ( $P < 0.05$ ); dyspnea in LLRT+BFR+IMT ( $P < 0.05$ ) and MLRT+IMT ( $P < 0.01$ ), and SpO<sub>2</sub> in all protocols

( $P < 0.01$ ); however, only LLRT+BFR +IMT had a hypotensive effect on DBP ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** IMT associated with RT, with or without BFR, promoted a hypotensive effect on SBP, reduction in HR, RR and dyspnea, in addition to increases in saturation in all analyzed protocols; however, LLRT+BFR+IMT was more effective, as it was the only one that presented a hypotensive effect on DBP.

**Keywords:** Lung Diseases, Physical Exercise, Resistance Training, Therapeutic Occlusion.

## 1 - INTRODUCTION

COPD is defined as chronic airflow obstruction which is not fully reversible, being linked to the abnormal inflammatory response of the lungs, inhalation of toxic particles and/or gases, and especially cigarette smoke. The chronic inflammatory process of COPD can trigger deformities of the bronchi and generate destruction of the parenchyma, causing increased lung compliance.<sup>1,2</sup>

In the long term, COPD produces a considerable cardiovascular pathophysiological mechanism involving secondary pulmonary hypertension with right ventricular hypertrophy, associated with hypoxemia that intensifies when related to limited oxygen transport due to coronary stenosis. Therefore, an increased risk of developing cardiovascular disease in individuals with this disease is evident and is linked to the systemic inflammatory process.<sup>3</sup>

There is a program among the existing protocols to minimize these effects involving combined aerobic and resistance exercises, which improves respiratory and lower limb muscle strength and functional capacity. Furthermore, patients who undergo respiratory muscle training (RMT) associated with an exercise protocol for motor control demonstrate a better response in lung function, respiratory muscle strength and postural control when compared to a RMT program alone.<sup>4,5</sup>

Therefore, resistance training in Pulmonary Rehabilitation Programs (PRPs) can result in an improvement in quality of life compared to aerobic exercise; however, it is not always feasible to recommend high load exercises when referring to subjects affected by COPD, as they do not support the activity, generating discomfort and dyspnea, mainly from stage II onwards, according to the GOLD classification. After all, there is a reduction in respiratory airflow due to obstructions in people with COPD, and forced airflow can cause a sensation of shortness of breath.<sup>6-8</sup>

As an alternative for this population, blood flow restriction (BFR) associated with physical exercise appears, which promotes the same benefits as traditional high-load protocols, but using very low loads:  $\leq 30\%$  of 1RM.<sup>9-11</sup>

Furthermore, resistance training with blood flow restriction (RT+BFR) does not present adverse cardiovascular events, even though there is a high increase in blood pressure during exercise. On the other hand, studies have shown that the acute increase in blood pressure after undergoing RT+BFR caused several positive changes in the cardiovascular system, including improvements in peripheral blood circulation and endothelial function.<sup>12-14</sup>

From this perspective, the objective of the present study was to analyze the acute effect of respiratory and resistance training with blood flow restriction on respiratory and hemodynamic variables in subjects with COPD.

## 2 - METHOD

The study included 14 older adults diagnosed with mild, moderate or severe COPD who were undergoing treatment in the pulmonology sector of the Lauro Wanderley University Hospital of the Federal University of Paraíba (HULW/UFPB) or in another reference hospital/clinic (age = 67,  $50 \pm 1.76$  years; body mass =  $67.67 \pm 3.39$  kg; height =  $1.58 \pm 0.02$  m; BMI =  $26.88 \pm 1.28$  kg/m<sup>2</sup>). The sample size was determined using the G\* Power 3.1.0 program, following the recommendations of Beck.<sup>15</sup> A power of 0.8 was adopted *a priori*, considering a significance level of 5% and an effect size of 0.4 to analyze 3 groups, carrying out 3 measurements in each of them with a correlation rate between measurements of 0.5; thus, a total “n” of 12 subjects was calculated. Considering a sample loss of 20%, the total “n” was 14 subjects. This analysis was performed to reduce the likelihood of type II error and to determine the minimum number of subjects needed for this investigation, large enough to provide 80% statistical power.

The study included older adults (> 60 years old) diagnosed with mild, moderate or severe COPD – post-bronchodilator FEV<sub>1</sub> between 30% and  $\geq 80\%$  of the predicted value,<sup>1</sup> with no history of locomotor or neurological comorbidities, no exacerbation of symptoms and stable pharmacological regimen for at least 2 months. The study was approved by the Ethics Committee for Research Involving Human Beings of the CCS/UFPB with opinion number: 6.466.280 and CAAE: 68316123.7.0000.5188, in addition to being linked to the Brazilian Clinical Trials Registry (ReBEC): RBR-9yrfyfq, followed by signing the informed consent form (ICF) by the subjects.

During the first contact, the participants signed the informed consent form, answered the anamnesis questionnaire and then recorded: body composition, ankle-brachial index (ABI), arterial occlusion pressure (AOP), inspiratory muscle strength (Powerbreathe<sup>®</sup>) and 1RM test.



The 1RM test was then reevaluated after 48h to 72h, the modified Borg scale was explained and the exercises from the experimental sessions were presented.

On the following days, the subjects attended the laboratory on 3 occasions, with a wash-out period of 48h to 72h<sup>16</sup> to randomly execute (randomization.com) one of the following 3 protocols in the crossover model: 1) Low-load resistance training + inspiratory muscle training – LLRT+IMT; 2) Low-load resistance training with blood flow restriction/50% of AOP + inspiratory muscle training – LLRT+BFR+IMT; or 3) Moderate load resistance training + inspiratory muscle training – MLRT+IMT.<sup>17</sup> Measurements of the following hemodynamic and respiratory variables were performed before, immediately after, and 10 minutes after each experimental session: heart rate (HR), blood pressure (BP), dyspnea (modified Borg scale), respiratory rate (RR) and peripheral oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>).

The RT protocols were composed of 3 series of 15 repetitions, with 1 minute interval between them, at 30% and 50% of 1RM in the upper limbs (UL - elbow flexion: barbell curls and weight plates) and lower limbs (LL - knee extension: extension chair), as shown in Figure 1, being: LLRT; LLRT+BFR/50% of AOP; MLRT.<sup>18,19</sup> Participants in BFR training used pneumatic cuffs adapted to the upper (6 x 47 cm) and lower limbs (18 x 80 cm), which were deflated in the intervals between sets and reinflated at the beginning of each set.

**Figure 1** – Resistance Training (UL and LL) with (A and B) and without BFR (C and D)



*Note:* A = biceps curl with BFR; B = knee extension with BFR;  
C = biceps curl without BFR; D = knee extension without BFR

PowerBreathe® (KH2; PowerBreathe International Ltd. - UK) was used in the IMT, taking into account the recommendations of Gosselink *et al.*<sup>20</sup> for loads of 30% of maximal inspiratory pressure (MIP) in protocols 1 and 2, and 50% of MIP in 3, and with 3 sets of 1 minute and 1 minute of rest between them in the same RT exercises (Figure 2).

**Figure 2** – Inspiratory Muscle Training (IMT)



HR and SpO<sub>2</sub> measurements were performed using a finger oximeter (Oximeter, Brazil), BP using a sphygmomanometer and stethoscope (Premium - GLICOMED®, São Paulo, SP, Brazil), and RR visually through observing respiration (inhalation and exhalation) for 1 minute. Dyspnea was assessed using the modified Borg visual analogue scale (VAS)<sup>21</sup>, characterized by pictures that change the color gradation and indicate the intensity of dyspnea, in which the subjects showed the classification on the VAS.

A stadiometer (model 31, Filizola, São Paulo, Brazil) was used to measure the subjects' height, with a range of use from 0.80 to 2.20 m and a tolerance of  $\pm 2$  mm. They were instructed to stand barefoot with their heels together and arms relaxed, and remain as erect as possible, with their head oriented in the Frankfurt plane,<sup>22</sup> while body mass, skeletal muscle mass, fat mass, fat percentage and the body mass index (BMI) were assessed with a bioimpedance meter (InBody 120 – Seoul, South Korea) using 8 tactile points (2 on each foot and 2 on each hand),

complying with the following instructions: a) fasting for at least 4 hours; b) do not consume alcoholic or caffeinated drinks 48 hours before the exam; c) do not perform intense physical exercises 12 hours before; d) do not perform the examination in case of fever or dehydration; e) do not use metallic objects; f) use the bathroom before the test to reduce the volume of urine and feces; and g) perform the exam in swimwear and barefoot, with an upright posture on the platform and holding the electrodes at 30° from their trunk.<sup>23</sup>

The ABI was recorded with an aneroid sphygmomanometer (Premium - GLICOMED®, São Paulo, SP, Brazil) and a Portable Vascular Doppler (MedPeg® DV - 2001, Ribeirão Preto, SP, Brazil), with the purpose of verifying the subjects' predisposition to peripheral arterial obstructive disease (PAOD) according to Resnick *et al.*<sup>24</sup>. Next, arterial occlusion pressure (AOP) was measured according to the protocol proposed by Laurentino *et al.*<sup>25</sup>, in which the cuff was inflated to the point in which the auscultatory pulse of the brachial artery (UL) or posterior tibial or dorsalis pedis artery (LL) was interrupted with the subjects remaining in the same position as in the exercises, being established as 100% BFR.

Muscle strength was recorded using the 1RM test following the recommendations of the American College of Sports Medicine (ACSM),<sup>18</sup> in which the muscles to be tested were initially warmed up divided into two stages: 1st) 8 repetitions with 50% of the estimated load for the value of 1RM, and after 2 minutes of rest; 2nd) 3 repetitions at 70% of the 1RM value, and after a 3-minute break, the test itself began. The load was gradually increased during the test from 1 to 5 kg, with a 2-minute interval between attempts, and the 1RM value from the previous attempt was recorded when the subject was unable to perform the complete movement.

Finally, a computerized electronic device (KH2; PowerBreathe International Ltd. - UK) was used together with a Feedback Breathelink to evaluate the maximal inspiratory pressure (MIP). The subjects remained seated with their arms supported and a nose clip to prevent air leakage from the device during the tests. They were then instructed to exhale to the residual volume (RV) and perform a maximum inhalation maintained for as long as possible. Three repetitions were performed, seeking variations of less than 10% among them, with the highest value measurement being considered.<sup>26</sup>

Data were analyzed using the Statistical Package for the Social Science (SPSS – 26.0). An exploratory analysis was initially performed to verify the data normality, homogeneity and sphericity using the Shapiro-Wilk, Levene's and Mauchly tests, respectively. In addition, the Greenhouse-Geisser correction of degrees of freedom was adopted in cases where the assumption was violated, and those that did not meet the assumptions of normality were logarithmized.

Inferential statistics were performed using repeated measures ANOVA (Two-Way) test (3 moments x 3 protocols) to analyze possible differences between the experimental protocols: 1) LLRT+IMT; 2) LLRT+BFR+IMT; 3) MLRT+IMT and to compare the HR, SBP, DBP, RR, SpO<sub>2</sub> and Dyspnea variables, followed by the Bonferroni post-hoc. In cases where normality assumptions were not met, the Friedman test (3 moments x 3 protocols) was used for dependent samples, followed by the Wilcoxon test for multiple comparisons.

The effect size was used to analyze the magnitude of changes between the moments of the following variables: HR, SBP, DBP, RR, SpO<sub>2</sub> and degree of Dyspnea. The Cohen's d effect size (ES) was estimated using the Psychometrica calculator "Effect size estimates in repeated measures designs"<sup>27</sup> and interpreted as Cohen:<sup>28</sup> insignificant ( $\leq 0.19$ ), small (0.20 – 0.49), medium (0.50 – 0.79), large (0.80 – 1.29) and very large ( $\geq 1.30$ ), adopting a significance level of  $P \leq 0.05$  for all comparisons.

### 3 - RESULTS

A significant difference was found in the HR analysis (Table 1) between the moments in the LLRT+BFR+IMT and MLRT+IMT protocols ( $P < 0.05$ ). The Bonferroni post hoc test observed a decrease in the pre-intervention vs. 10' after intervention comparison ( $P = 0.042$ ;  $d = 0.50$ ) and immediately after vs. 10' after ( $P = 0.012$ ;  $d = 0.18$ ) in LLRT+BFR+IMT; in addition, 10' after compared to pre-intervention in the MLRT+IMT protocol ( $P = 0.014$ ;  $d = 0.33$ ), without differences being observed between the analyzed protocols.

There was no significant difference between groups for SBP (Table 1) ( $P > 0.05$ ); however, there was a decrease in the pre-intervention versus post-intervention comparison in LLRT+IMT in the pre-intervention moment vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 3.22$ ), and immediately after vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 4.23$ ); and in LLRT+IMT+BFR at pre-intervention vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.58$ ), and immediately after vs. 10' after ( $P = 0.002$ ;  $d = 4.35$ ). On the other hand, there was an increase immediately after compared to pre-intervention in MLRT+IMT ( $P = 0.002$ ;  $d = 0.54$ ), in addition to a reduction at 10' after compared to immediately after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.12$ ).

Next, no significant differences were found between the groups ( $P > 0.05$ ) in the DBP analysis (Table 1). On the other hand, Friedman's ANOVA observed a significant reduction in LLRT+BFR+IMT comparing the moments: pre-intervention vs. 10' after ( $P = 0.014$ ), and immediately after vs. 10' after ( $P = 0.025$ ).

**Table 1** – Hemodynamic responses (HR, SBP and DBP) before, immediately after and 10 minutes after different experimental protocols

Variables	Moments	Experimental Protocols		
		LLRT+IMT	LLRT+BFR+IMT	MLRT+IMT
HR	Before	80.50 ± 12.22 <sup>◇</sup>	81.93 ± 11.61 <sup>◇,b</sup>	81.87 ± 12.60 <sup>◇,b</sup>
	Immed.	82.50 ± 12.98 <sup>◇</sup>	77.14 ± 13.22 <sup>◇,c</sup>	79.50 ± 12.24 <sup>◇</sup>
	After			
	10' after	80.00 ± 10.79 <sup>◇</sup>	73.79 ± 12.23 <sup>◇,b,c</sup>	75.79 ± 11.47 <sup>◇,b</sup>
SBP	Before	120.00 (2.25) <sup>+,b</sup>	120.00 (2.29) <sup>+,b</sup>	118.57 ± 9.49 <sup>◇,a</sup>
	Immed.	125.00 (2.57) <sup>+,c</sup>	130.00 (2.50) <sup>+,c</sup>	125.71 ± 6.46 <sup>◇,a,c</sup>
	After			
	10' after	110.00 (1.18) <sup>+,b,c</sup>	115.00 (1.21) <sup>+,b,c</sup>	115.71 ± 9.37 <sup>◇,c</sup>
DBP	Before	80.00 (1.79) <sup>+</sup>	80.00 (2.25) <sup>+,b</sup>	80.00 (2.04) <sup>+</sup>
	Immed.	80.00 (2.14) <sup>+</sup>	80.00 (2.14) <sup>+,c</sup>	80.00 (2.04) <sup>+</sup>
	After			
	10' after	80.00 (2.07) <sup>+</sup>	80.00 (1.61) <sup>+,b,c</sup>	80.00 (1.93) <sup>+</sup>

*Legend:* HR = heart rate; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure; LLRT+IMT = low-load resistance training + inspiratory muscle training; LLRT+BFR+IMT = low-load resistance training + blood flow restriction + inspiratory muscle training; MLRT+IMT = Moderate load resistance training + inspiratory muscle training.

*Note:* (◇) ANOVA (Two-Way) test; (†) Friedman test; (a) # before x immed. after; (b) # before x 10' after; (c) # immed. after x 10' after.

In Table 2, it is observed that there was a significant difference in the intergroup comparison in RR (LLRT+IMT vs. LLRT+BFR+IMT:  $P = 0.001$ ; and LLRT+IMT vs. MLRT+IMT:  $P = 0.001$ ).

There was an increase in the LLRT+IMT intragroup data immediately after ( $P = 0.001$ ;  $d = 0.40$ ) compared to pre-intervention values, and a reduction 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 0.40$ ); and in comparison immediately after vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 0.49$ ). There was a significant reduction in LLRT+BFR+IMT in the pre-intervention vs. 10' after intervention comparison ( $P = 0.007$ ;  $d = 0.43$ ), and immediately after vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 0.58$ ); while in MLRT+IMT there was a significant increase between pre-intervention vs. immediately after ( $P = 0.006$ ;  $d = 0.75$ ), and a significant reduction between pre-intervention vs. 10' after ( $P = 0.023$ ;  $d = 0.18$ ) and immediately after vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 0.62$ ).

We found no significant differences between the groups ( $P > 0.05$ ) regarding  $SpO_2$  (Table 2). However, a significant increase in LLRT+IMT was observed in the intragroup analysis comparing pre-intervention vs. immediately after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.09$ ), and also 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.28$ ). In addition, a significant increase was observed in the LLRT+BFR+IMT protocol in the pre-intervention vs. immediately after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.04$ ), pre-intervention vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.74$ ), and immediately after vs. 10' after ( $P = 0.034$ ;  $d = 0.32$ ); and for MLRT+IMT pre-intervention vs. immediately after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.35$ ) and pre-intervention vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 1.69$ ).

Lastly, there was a significant difference between groups regarding the degree of dyspnea analyzed by the Borg scale (Table 2): LLRT+IMT vs. MLRT+IMT ( $P = 0.001$ ) and LLRT+BFR+IMT vs. MLRT+IMT ( $P = 0.001$ ). A significant decrease was found in the intragroup analysis in LLRT+IMT when comparing the moment immediately after vs. 10' after ( $P = 0.022$ ;  $d = 0.44$ ); an increase in LLRT+BFR+IMT in the pre-intervention vs. immediately after ( $P = 0.017$ ;  $d = 0.43$ ), and a decrease in immediately after vs. 10' after ( $P = 0.010$ ;  $d = 0.40$ ); finally, there was an increase in MLRT+IMT when comparing pre-intervention vs. immediately after ( $P = 0.001$ ;  $d = 0.64$ ), and a decrease between immediately after vs. 10' after ( $P = 0.001$ ;  $d = 0.66$ ).

**Table 2** – Respiratory responses (RR,  $SpO_2$  and Dyspnea) before, immediately after and 10 minutes after different experimental protocols

Variables	Moments	Experimental Protocols		
		LLRT+IMT	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
<b>RR</b>	Before	17.00 (1.79) <sup>†,a,b</sup>	17.21 ± 1.80 <sup>◊,b</sup>	17.00 (1.93) <sup>†,a,b</sup>
	Immed. After	18.00 (2.96) <sup>†,a,c</sup>	18.00 ± 2.32 <sup>◊,c</sup>	19.00 (2.89) <sup>†,a,c</sup>
	10' after	16.00 (2.04) <sup>†,b,c</sup>	16.14 ± 1.23 <sup>◊,b,c</sup>	16.50 (1.23) <sup>†,b,c</sup>
<b>SpO<sub>2</sub></b>	Before	95.29 ± 1.13 <sup>◊,a,b</sup>	95.50 (1.04) <sup>†,a,b</sup>	95.00 (1.07) <sup>†,a,b</sup>
	Immed. After	97.00 ± 1.35 <sup>◊,a</sup>	97.00 (2.25) <sup>†,a,c</sup>	97.00 (2.39) <sup>†,a</sup>
	10' after	97.29 ± 1.26 <sup>◊,b</sup>	98.00 (2.71) <sup>†,b,c</sup>	97.50 (2.54) <sup>†,b</sup>
<b>Borg</b>	Before	3.57 ± 1.39 <sup>◊</sup>	3.43 ± 1.78 <sup>◊,a</sup>	3.43 ± 1.60 <sup>◊,a</sup>
	Immed. After	4.50 ± 1.87 <sup>◊,c</sup>	4.50 ± 1.78 <sup>◊,a,c</sup>	4.86 ± 1.79 <sup>◊,a,c</sup>
	10' after	3.36 ± 1.27 <sup>◊,c</sup>	3.50 ± 1.22 <sup>◊,c</sup>	3.21 ± 1.18 <sup>◊,c</sup>

*Legend:* RR = respiratory rate; SpO<sub>2</sub> = peripheral oxygen saturation; *Borg* = dyspnea scale; LLRT+IMT = low-load resistance training + inspiratory muscle training; LLRT+BFR+IMT = low-load resistance training + blood flow restriction + inspiratory muscle training; MLRT+IMT = Moderate load resistance training + inspiratory muscle training.

*Note:* (◇) ANOVA (Two-Way) test; (‡) Friedman test; (a) # before x immed. after; (b) # before x 10' after; (c) # immed. after x 10' after.

## 4 – DISCUSSION

The main findings of this study were: a) reduction in SBP, HR, RR and dyspnea in all protocols at 10' after, while for DBP this only occurred in LLRT+BFR+IMT; b) an increase in RR immediately after LLRT+IMT and MLRT+IMT; increased dyspnea in LLRT+BFR+IMT and MLRT+IMT; and SpO<sub>2</sub> in all protocols.

Although no study has sought to analyze the acute responses of hemodynamics, respiratory variables and peripheral strength before and after exercises with and without BFR in upper limbs and lower limbs associated with IMT in subjects with COPD, some have verified these isolated responses. Rodrigues Neto *et al.*<sup>29-31</sup> investigated the acute effect of RT with continuous (BFRC) or intermittent (BFRI) BFR on the hemodynamics of normotensive individuals, and Witt *et al.*<sup>32</sup> carried out a five-week study of IMT with the aim to increase respiratory muscle strength and reduce or delay respiratory muscle fatigue.

A study by Rodrigues Neto *et al.*<sup>29</sup> analyzed the effect of 4 different protocols on SBP: RT at 80% 1RM; RT at 20% 1RM; RT with BFR at 20% 1RM; and a control group consisting of bilateral upper limb exercises (extension and flexion of elbows) and lower limbs (knee extension and flexion) at moments: immediately after, 10'; 20'; 30'; 40'; 50'; and 60' after each protocol, and observed that all exercise programs resulted in a significant hypotensive effect on SBP. In addition, Rodrigues Neto *et al.*<sup>30</sup> compared the acute effect of RT with continuous or intermittent BFR on SBP, DBP and mean arterial pressure (MAP) in normotensive men who performed upper limb strengthening (bench press, front pulldown, triceps curl and direct biceps curl, bilaterally) in a crossed manner, in 3 different protocols: LLRT+BFRC, LLRT+BFRI, and High load resistance training (HLRT), observing increases immediately after exercise and hypotensive effect after rest in all protocols.

The present study corroborates the post-training results, as significant reductions in SBP were observed at 10' after all protocols, while for DBP only in LLRT+BFR+IMT. Anderson and Wozniak;<sup>33</sup> McArdle, Katch and Katch;<sup>34</sup> and Viaro, Nobre and Evora<sup>35</sup> explain that this may be due to the increase in nitric oxide synthase (NOS), which is capable of promoting changes in the endothelium, such as vasodilation resulting in a cascade of relaxing factors that increase muscle blood flow and consequently reduce peripheral vascular resistance.

Rodrigues Neto *et al.*<sup>31</sup> compared the acute effects of RT in the upper limbs with BFRC and BFRI on HR in normotensive individuals, taking measurements before and after each session (crossover with three protocols), and at the end of each exercise, increasing this variable at the end of each session/exercise. The present study contrasts these findings as it demonstrated a significant reduction in HR at 10' after protocols with BFR and a moderate load. A possible explanation for this divergence was that the measurement in the aforementioned study was only performed before and after the session, while in the present study it was in the pre-intervention moments, immediately after and 10' after, which generated significant differences due to the physiological recovery time of each subject.

Another explanation for the decrease in HR in the present study is described in the study by Witt *et al.*<sup>32</sup>, who performed 5 weeks of IMT in young, healthy men divided into two groups (experimental: 50% MIP and control: 10% MIP), and also observed a reduction in HR, which normally increases with increased breathing work during exercise. The present study corroborates this finding, as 10' after the session showed the contribution of IMT in reducing the values of this variable.

Furthermore, according to Witt *et al.*<sup>32</sup>, the decrease in cardiovascular response was due to a reduction in the response of type III and IV afferent nerves (which innervate the respiratory muscles) to chemical stimuli conditioned by repeated exposure to an accumulation of metabolites associated with IMT. Cole *et al.*<sup>36</sup> and Jouven *et al.*<sup>37</sup> emphasize that there is an increase in vagal modulation and a decrease in sympathetic modulation with IMT, possibly explaining the reduction in HR in the recovery period.

Finally, Lizardo and Simões<sup>38</sup> showed that performing exercises for the upper and lower limbs in the same session can promote greater hypotensive effects than just one body segment due to the amount of muscle mass involved. Thus, the lower SBP, DBP and HR observed in the present study may also have occurred due to the greater number of muscle chains involved.

Among the analyzed data, the respiratory RR and SpO<sub>2</sub> variables have been the least studied using the crossover protocol with BFR; however, some studies have shown isolated responses to them in RT and IMT. For example, Silva *et al.*<sup>39</sup> analyzed the durability effectiveness of a rehabilitation program for 12 weeks with patients with COPD involving conventional upper limb training (weight training) and elastic loading, and obtained improvement in airway clearance and an increase in ventilation and RR, with greater effectiveness in the conventional protocol. The present study partially corroborates this finding when only analyzing the increase in RR immediately after LLRT+IMT and MLRT+IMT. A possible explanation is given by Powers and Howley<sup>40</sup>, reporting that an increase in the



autonomic nervous system activity releases adrenergic mediators which promote these increases, in addition to diaphragmatic fatigue, which also requires an increase in the work of the accessory muscles. On the other hand, the present study contrasts with this, since the RR decreased at the moment 10' after all protocols, and this can be explained by the longer recovery time which reduces: respiratory work, lung hyperinflation and lactic acid action in the respiratory muscles.

A study by Oliveira, Schneider and Winkelmann<sup>41</sup> verified the hemodynamic and respiratory repercussions in healthy individuals with Chronic Kidney Disease, undergoing an IMT session with Threshold<sup>®</sup> at 30% of MIP and did not show significant differences in RR values; however, the present study contrasts this finding. One hypothesis that justifies this divergence is that the aforementioned study used low loads and different equipment, as Threshold<sup>®</sup> has limitations in adjusting loads and springs that are less resistant than Powerbreathe<sup>®</sup>, and was possibly not capable of generating respiratory repercussions.

In addition, Petrovic *et al.*<sup>42</sup> evaluated the effectiveness of IMT for 8 weeks on dynamic hyperinflation in patients with COPD, in two groups: intervention and control, showing a reduction in hyperinflation and RR, thus improving the breathing pattern. The present study corroborates these results by presenting a reduction in RR values, which can also be explained by Ramirez-Sarmiento *et al.*<sup>43</sup> and Villafranca *et al.*<sup>44</sup>, stating that IMT shortens the inspiratory time, allowing more time for expiration and relaxation, thereby reducing dynamic hyperinflation and facilitating lung emptying. Furthermore, the increase in muscular capacity offered by this training leads to better responses in breathing patterns, causing a decrease in RR.

Regarding SpO<sub>2</sub>, a study by Rodrigues Neto *et al.*<sup>45</sup> analyzed the acute effect of LLRT with BFR, LLRT and HLRT in normotensive men, showing a significant reduction in SpO<sub>2</sub> in the LLRT+BFR and LLRT protocols, differing from the present study, which demonstrated increases in all protocols, both immediately after and at 10' after. A possible explanation for this fact was that Rodrigues Neto *et al.*<sup>45</sup> performed 4 types of exercises to strengthen the peripheral muscles (2 for upper limbs and 2 for lower limbs), generating a greater training volume, while the present study performed only one exercise of each body segment.

Oliveira *et al.*<sup>46</sup> investigated the effects of LLRT with different AOP% on cardiovascular stress markers and whether these different pressures affect SpO<sub>2</sub> levels in trained men. The subjects performed elbow flexion exercise unilaterally in four conditions: 1) 20% of 1 RM + 40% of AOP; 2) 20% of 1 RM + 80% of AOP; 3) 20% of 1 RM + 120% of AOP; and 4) 70% of 1RM, and no changes in SpO<sub>2</sub> were found in any of the conditions. Furthermore, the

study by Picon *et al.*<sup>47</sup> also analyzed the SpO<sub>2</sub> level in normotensive subjects after a single session of RT with BFR at 30% of 1RM, and found that the values remained constant (around 97%).

On the other hand, a study by Mehani<sup>48</sup> compared 2 different respiratory training protocols (EMT and IMT) with progressive loads of 15%-60% in older adult patients with COPD for two months, and observed a significant increase in SpO<sub>2</sub> after training, mainly in the IMT group. This is similar to the results of the present study, which despite not having worked with a progressive load, increased the SpO<sub>2</sub> values.

Chien *et al.*<sup>49</sup>, Gosselink *et al.*<sup>50</sup> and Petrovic *et al.*<sup>42</sup> explain that because IMT improves thoracoabdominal asynchrony (noted in patients with COPD after the occurrence of inspiratory muscle fatigue), as well as strength, respiratory muscle resistance and functional capacity, in addition to reducing dynamic hyperinflation and dyspnea, IMT associated with resistance training (with and without BFR) may have contributed to the hemodynamic and respiratory gains presented in the present study.

The modified Borg scale has been widely used in the most varied clinical trials to evaluate the effects of resistance training on dyspnea. A study by Velloso *et al.*<sup>51</sup> analyzed the effects of upper limb resistance training at 50% of 1RM for 8 weeks on the strength and performance of ADLs in patients with COPD, and noted a significant reduction in dyspnea after the training protocol. Moreover, McKeough, Bye and Alison<sup>52</sup> evaluated the effects of different upper limb RT (resistance training, strength training, combined training and control) in individuals with COPD, also for 8 weeks, and observed a significant decrease in dyspnea in the combined training group. The present study corroborates the findings of these two studies, also presenting a decrease in the sensation of dyspnea after 10 minutes in all sessions.

Beaumont *et al.*<sup>53</sup> and Sívori and Rhodius<sup>54</sup> show that the effect of resistance training on dyspnea can be explained by the fact that the strength required by the muscles during strengthening promotes a greater maximum inhaled oxygen (VO<sub>2</sub>) volume. In other words, the increase in these variables during resistance training serves to meet metabolic demands, promoting greater resistance to dyspnea in the individual. Furthermore, the upper and lower limb muscles and the inspiratory muscles are interconnected. Therefore, if there is an increase in peripheral muscle strength, there will consequently also be an increase in inspiratory muscle strength, generating greater resistance in these individuals.

Still in this sense, a study by Langer *et al.*<sup>55</sup> identified the physiological mechanisms which improve dyspnea and exercise resistance after IMT in patients with COPD after an 8-week protocol, and found that IMT improved the sensation of dyspnea. Also, Beaumont *et al.*<sup>53</sup>

analyzed the effects of IMT on dyspnea in patients with severe COPD in comparing a pulmonary rehabilitation (PR) group with PR associated with IMT (PR+IMT), and showed a significant improvement for the PR +IMT group. The present study also corroborates the findings of these studies, which according to Dourado<sup>56</sup>, is due to the fact that respiratory muscle training promotes improvement in the strength and resistance of the group worked, contributing to reduce dyspnea symptoms and improve functional capacity.

## 5 - CONCLUSION

The results of the present study showed that IMT associated with resistance training (RT), with or without BFR, promoted a hypotensive effect on SBP, reduction in HR, RR and dyspnea, in addition to increases in saturation, for all analyzed protocols in patients with COPD. However, the LLRT+BFR+IMT protocol was more effective and promising in improving cardiorespiratory responses, as in addition to the hypotensive effect on the variables described above, it was also effective for DBP.

## REFERENCES

1. GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE. Global strategy for diagnosis, management and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2023 REPORT. Available at: <<https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/>>. Accessed on: September 6, 2023.
2. TORRI, B. G. et al. O Método Pilates melhora a função pulmonar e a mobilidade torácica de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Fisioterapia Brasil**, v. 18, n. 1, p. 56-62, 2017.
3. SIMA, C. A. **Resting heart rate and arterial stiffness relationship in patients with chronic obstructive pulmonary disease**. 2017. Thesis (Doctorate in Philosophy) – Faculty of Rehabilitation Sciences, University of British Columbia, Vancouver, 2017.
4. AMBROZIN, A. R. P. et al. Associação do treinamento resistido e aeróbico em pacientes com doença pulmonar crônica. **Revista Terapia Manual**, v. 11, n. 53, p. 327–332, 2013.
5. BALBÁS-ÁLVAREZ, L. et al. Effect of manual therapy, motor control exercise, and inspiratory muscle training on maximum inspiratory pressure and postural measures in moderate smokers: a randomized controlled trial. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 41, n. 5, p. 372-382, 2018.
6. CHEN, R. C. et al. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for the rehabilitation of moderate-to-severe COPD: a meta-analysis. **International Journal of COPD**, v. 11, n. 1, p. 2965-2975, 2016.
7. ROSSI, A. et al. Mechanisms, assessment and therapeutic implications of lung hyperinflation in COPD. **Respiratory Medicine**, v. 109, n. 7, p. 785-802, 2015.

8. ZAMBOM-FERRARESI, F. et al. Effects of combined resistance and endurance training versus resistance training alone on strength, exercise capacity, and quality of life in patients with COPD. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 35, n. 6, p. 446-453, 2015.
9. BITTAR, S. T. et al. The benefits of physical activity on climacteric women. *In*: RODRÍGUEZ-LANDA, J. F. **A multidisciplinary look at menopause**. London: IntechOpen, p. 111-126, 2017.
10. PEREIRA NETO, E. A. et al. Walking with blood flow restriction improves the dynamics strength of women with osteoporosis. **Brazilian Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 2, p. 135-139, 2018.
11. RENZI, C. P.; TANAKA, H.; SUGAWARA, J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular Function. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 4, p. 726-732, 2010.
12. LIU, Y. et al. Resistance training with blood flow restriction on vascular function: a meta-analysis. **International Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 7, p. 577–587, 2021.
13. PINTO, R. R.; POLITO, M. D. Haemodynamic responses during resistance exercise with blood flow restriction in hypertensive subjects. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 5, p. 407-413, 2015.
14. YASUDA, T. et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow restricted low-intensity resistance training in older adults. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 24, n. 5, p. 799–806, 2013.
15. BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.
16. ANDREATTA, M. V. et al. Exercício de força combinado à restrição de fluxo sanguíneo induz aumentos agudos na pressão arterial sistólica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 26, n. 4, p. 35-44, 2018.
17. RODRIGUES NETO, G. et al. Efeito agudo e crônico do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente sobre as medidas hemodinâmicas e percepção subjetiva de esforço em homens saudáveis. **Motricidade**, v. 14, n. S1, p. 71-82, 2018.
18. ACSM. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 10 ed. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2017.
19. VILAÇA-ALVES, J. et al. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. **Journal of Exercise Physiology**, v. 19, n. 3, p. 100-109, 2016.

20. GOSSELINK, R. et al. Assessing the effects of inspiratory muscle training in a patient with unilateral diaphragm dysfunction. **Breathe (Sheff)**, v. 15, n. 2, p. 90-96, 2019.
21. BRUNETTO, A. F.; PAULIN, E.; YAMAGUTI, W. P. S. Comparação entre a escala de Borg modificada e a escala de Borg modificada análogo visual aplicadas em pacientes com dispneia. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 6, n. 1, p. 41-45, 2002.
22. STEWART, A. et al. **International standards for anthropometric assessment**. 3 ed. New Zealand: ISAK, 2011.
23. PITANGA, C. P. S. et al. Nível de atividade física para prevenção do excesso de gordura visceral em mulheres pós menopáusicas: quanto é necessário? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 56, n. 6, p. 358-363, 2012.
24. RESNICK, H. E. et al. Relationship of high and low ankle brachial index to all cause and cardiovascular disease mortality: the strong heart study. **Circulation**, v. 109, n. 6, p. 733-739, 2004.
25. LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 3, p. 406-412, 2012.
26. LAVENEZIANA, P. et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. **European Respiratory Journal**, v. 53, n. 6, p. 1801214, 2019.
27. LENHARD, W.; LENHARD, A. Calculation of effect sizes. **Psychometrica**: Dettelbach, Germany, 2016.
28. COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. United States of America: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
29. RODRIGUES NETO, G. et al. Hypotensive effects of resistance exercises with blood flow restriction. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 1064-1070, 2015.
30. RODRIGUES NETO, G. et al. Hypotensive effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction. **Motriz: Journal of Physical Education**, v. 22, n. 3, p. 198-204, 2016a.
31. RODRIGUES NETO, G. et al. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 1, p. 277-292, 2016b.
32. WITT, J. D. et al. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. **The Journal of Physiology**, v. 584, n. 3, p. 1019-1028, 2007.
33. ANDERSON, J. E.; WOZNIAK, A. C. Satellite cell activation on fibers: Modeling events in vivo-an invited review. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 82, n. 5, p. 300-310, 2004.

34. MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
35. VIARO, F.; NOBRE, F.; EVORA, P. R. B. Expression of nitric oxide synthases in the pathophysiology of cardiovascular diseases. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 74, n. 4, p. 380-393, 2000.
36. COLE, C. R. et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. **The New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 18, p. 1351-1357, 1999.
37. JOUVEN, X. et al. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. **The New England Journal of Medicine**, v. 352, n. 19, p. 1951-1958, 2005.
38. LIZARDO, J. H. F.; SIMÕES, H. G. Effects of different resistance exercise sessions on post-exercise hypotension. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 9, p. 249-255, 2005.
39. SILVA, B. S. A. et al. Effects of a resistance training with elastic tubing in strength, quality of life and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Journal of Physical Education**, v. 27, n. 1, p. e2722, 2016.
40. POWERS, S.; HOWLEY, E. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento físico e ao desempenho**. 9ª ed. São Paulo: Manole, 2017.
41. OLIVEIRA, L. D.; SCHNEIDER, J.; WINKELMANN, E. R. Efeito agudo da sessão de treinamento muscular inspiratório: indivíduos com doença renal crônica vs. hígidos. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 7, n. 1, p. 13-19, 2017.
42. PETROVIC, M. et al. Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 7, n. 1, p. 797-805, 2012.
43. RAMIREZ-SARMIENTO, A. et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 166, n. 11, p. 1491-1497, 2002.
44. VILLAFRANCA, C. et al. Effect of inspiratory muscle training with an intermediate load on inspiratory power output in COPD. **European Respiratory Journal**, v. 11, n. 1, p. 28-33, 1998.
45. RODRIGUES NETO, G. et al. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 1, p. 53-59, 2016c.
46. OLIVEIRA, R. S. et al. Efeito agudo do treinamento de força com e sem restrição do fluxo sanguíneo sobre variáveis cardiovasculares e a saturação de oxigênio no sangue em homens adultos. **Colloquium: health and education**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2021.
47. PICON, M. M. et al. Acute cardiovascular responses after a single bout of blood flow restriction training. **International Journal of Exercise Science**, v. 11, n. 2, p. 20-31, 2018.

48. MEHANI, S. H. M. Comparative study of two different respiratory training protocols in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Clinical Interventions in Aging**, v. 12, n. 1, p. 1705-1715, 2017.
49. CHIEN, J. Y. et al. Asynchronous thoraco-abdominal motion contributes to decreased 6-minute walk test in patients with COPD. **Respiratory Care**, v. 58, n. 2, p. 320-326, 2013.
50. GOSSELINK, R. et al. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? **European Respiratory Journal**, v. 37, n. 2, p. 416-425, 2011.
51. VELLOSO, M. et al. Evaluation of effects of shoulder girdle training on strength and performance of activities of daily living in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 8, n. 1, p. 187–192, 2013.
52. MCKEOUGH, Z. J.; BYE, P. T. P.; ALISON, J. A. Arm exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial. **Chronic Respiratory Disease**, v. 9, n. 3, p. 153–162, 2012.
53. BEAUMONT, M. et al. Effects of inspiratory muscle training on dyspnoea in severe COPD patients during pulmonary rehabilitation: controlled randomised trial. **European Respiratory Journal**, v. 51, n. 1, p. 1701107, 2018.
54. SÍVORI, M.; RHODIUS, E. Respuesta ventilatoria al ejercicio post-entrenamiento de miembros superiores en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. **Medicina** (Buenos Aires), v. 73, n. 1, p. 1–8, 2013.
55. LANGER, D. et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD. **Journal of Applied Physiology**, v. 125, n. 2, p. 381-392, 2018.
56. DOURADO, V. Z. **Exercício físico aplicado à reabilitação pulmonar: princípios fisiológicos, prescrição e avaliação dos resultados**. Rio de Janeiro: Revinter, 2011.

## APÊNDICE F – Artigo 2

### **O Treinamento Respiratório e Resistido Agudo Associado à Restrição de Fluxo Sanguíneo Promove Aumento da Força Muscular Inspiratória, Periférica e Percepção Subjetiva de Esforço em Sujeitos com DPOC**

Camila Fernandes Pontes dos Santos<sup>1,3</sup>; Wanessa Kelly Vieira de Vasconcelos<sup>3,5</sup>; Maria Heloisa de Queiroz Silva<sup>2,3</sup>; Dyego Tavares de Lima<sup>1,4</sup>, Marlon Alexandre de Albuquerque<sup>2,3</sup>; Eduardo Ériko Tenório de França<sup>1,4</sup>; Heleodório Honorato dos Santos<sup>1,3,5</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil;

<sup>2</sup>Graduando em Fisioterapia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil;

<sup>3</sup>Laboratório do estudo do equilíbrio, dinamometria e eletromiografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil;

<sup>4</sup>Laboratório de fisioterapia em pesquisa cardiorrespiratória, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil;

<sup>5</sup>Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade de Pernambuco e Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil;

## **RESUMO**

**Introdução:** A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é uma limitação crônica do fluxo aéreo, que causa alterações no sistema cardiorrespiratório e esquelético. Para tanto, o treinamento muscular inspiratório (TMI) e o treinamento resistido (TR), associados a restrição de fluxo sanguíneo (TR+RFS) surgem para melhorar a força muscular e a capacidade funcional. **Objetivo:** Analisar o efeito agudo do treinamento respiratório e resistido, com restrição de fluxo sanguíneo (RFS), sobre a força muscular inspiratória, periférica e a percepção subjetiva de esforço, em sujeitos com DPOC. **Método:** Trata-se de um ensaio clínico, aleatorizado e cruzado, no qual 14 idosos com DPOC ( $67,50 \pm 1,76$  anos;  $67,67 \pm 3,39$  kg;  $1,58 \pm 0,02$  m; IMC:  $26,88 \pm 1,28$  kg/m<sup>2</sup>), foram submetidos a 3 protocolos: 1) Treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório (TRBC+TMI); 2) Treinamento resistido de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo/50% da POA + treinamento muscular inspiratório (TRBC+RFS+TMI) e; 3) Treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório (TRMC+TMI). **Resultados:** Houve aumento significativo da força muscular periférica de MMSS e MMII ( $P < 0,01$ ) e da percepção subjetiva de esforço (PSE), em todos os protocolos; e da força inspiratória, apenas no TRBC+RFS+TMI ( $P < 0,01$ ). **Conclusão:** O TMI associado ao TR, com ou sem RFS, promoveu ganho de força muscular periférica e



aumento da PSE, em todos os protocolos analisados, entretanto, o TRBC+RFS+TMI foi mais efetivo por ter sido o único que apresentou, também, aumento da força inspiratória.

**Palavras-chave:** Atividade Física, Pneumopatias Obstrutivas, Terapia de Restrição de Fluxo Sanguíneo.

## 1 - INTRODUÇÃO

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é reconhecida como uma limitação crônica do fluxo aéreo e sistema respiratório, que apresenta como quadro clínico: dispneia, tosse e expectoração, e o agravamento dos sintomas ocasiona redução da capacidade de exercício. Além das alterações no sistema respiratório, há implicações sistêmicas como a fraqueza muscular, disfunção dos membros inferiores (MMII) e fadiga, acarretando diminuição da tolerância ao esforço físico, afetando, diretamente, a capacidade funcional<sup>1,2</sup>.

Dentre os prejuízos fisiológicos causados pela DPOC, a debilidade muscular ocasiona diminuição da performance e os indivíduos fadigam quando são expostos a condições de sobrecarga no sistema respiratório. Para que isso seja revertido, faz-se necessária a realização de um treinamento muscular respiratório resistido, no qual, o indivíduo terá que vencer a carga imposta e, assim, promover impacto positivo no desempenho da função muscular. Para tanto, um recurso fisioterapêutico, frequentemente utilizado, é um incentivador respiratório (*Inspiratory Muscle Trainer* - IMT), com carga isocinética, que tem por finalidade melhorar a performance e a força dos músculos inspiratórios<sup>3,4</sup>.

Além disso, no que diz respeito à recuperação da força sistêmica, o *American College of Sports Medicine* (ACSM) recomenda que para se adquirir os benefícios máximos do treinamento resistido (TR), devem ser utilizadas cargas superiores a 65% de 1 repetição máxima (1RM). Todavia, algumas populações, como as de acometidos pela DPOC, principalmente em estágio II, não toleram realizar atividades com cargas intensas devido aos fatores associados à doença, como fraqueza muscular, fragilidade, entre outros<sup>5,6</sup>. Portanto, como alternativa à melhora da capacidade funcional de portadores de DPOC e no aumento gradual da força muscular surge o Treinamento Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo (TR+RFS) que baseia-se na utilização de cargas baixas (20 a 35% de 1RM) associadas a restrição do fluxo sanguíneo (RFS) para a musculatura exercitada, ocasionando ganhos de força, hipertrofia e desempenho funcional similares ao treinamento com cargas elevadas<sup>7</sup>.

Nessa perspectiva, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo do treinamento respiratório e resistido com restrição de fluxo sanguíneo (TR + RFS) sobre a força

muscular inspiratória, periférica e a percepção subjetiva de esforço (PSE) em sujeitos com DPOC.

## 2 - METODOLOGIA

Participaram deste estudo, 14 idosos ( $67,50 \pm 1,76$  anos;  $67,67 \pm 3,39$  kg;  $1,58 \pm 0,02$  m;  $26,88 \pm 1,28$  kg/m<sup>2</sup>), diagnosticados com DPOC leve, moderada ou grave que realizavam tratamento no setor de pneumologia do Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba (HULW/UFPB) ou em outro hospital/clínica de referência. A dimensão amostral foi realizada utilizando o *software* G\* Power 3.1.0, seguindo as recomendações de Beck<sup>8</sup>. *A priori*, foi adotada uma potência de 0,8 considerando um nível de significância de 5%, e um tamanho de efeito de 0,4, para analisar 3 grupos, realizando 3 medidas, em cada um deles, com taxa de correlação entre medidas de 0,5 e, para tanto, foi calculado um “n” total de 12 sujeitos. Considerando uma perda amostral de 20%, o “n” total foi de 14 sujeitos. Esta análise foi realizada para reduzir a probabilidade de erro do tipo II e para determinar o número mínimo de indivíduos necessários para esta investigação com tamanho suficiente para fornecer 80% de poder estatístico.

Foram incluídos no estudo, idosos (> 60 anos), com VEF<sub>1</sub>, pós uso de broncodilatador, entre 30% e  $\geq 80\%$  do valor predito<sup>1</sup>, sem histórico de comorbidades locomotoras ou neurológicas, sem exacerbação de sintomas e com regime farmacológico estável, há pelo menos, 2 meses. E foram excluídos os sujeitos que apresentaram durante o experimento algum agravante cardiovascular e osteomuscular que os impedissem de realizar o tratamento. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos do CCS/UFPB com parecer de número: 6.466.280 e CAAE: 68316123.7.0000.5188, além de ter sido vinculado ao Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC): RBR-9yrfyfq, seguido da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), pelos sujeitos.

No primeiro contato, os participantes assinaram o TCLE, responderam ao questionário de anamnese e, em seguida, foram registrados: composição corporal, índice tornozelo-braquial (ITB), pressão de oclusão arterial (POA), força muscular inspiratória (*Powerbreathe*®), dinamometria e teste de 1RM (flexão de cotovelos e extensão dos joelhos). Após, 48h ou 72h, foi reavaliado o teste de 1RM, explicada a escala de percepção subjetiva do esforço (PSE) e apresentados os exercícios das sessões experimentais.

Nos dias seguintes, os sujeitos compareceram ao laboratório, em 3 ocasiões, com um período de *wash-out* de 48h a 72h<sup>9</sup>, para executar, em ordem aleatória (*randomization.com*) no modelo *crossover*, um dos 3 protocolos seguintes: 1) Treinamento resistido de baixa carga +

treinamento muscular inspiratório – TRBC+TMI; 2) Treinamento resistido de baixa carga com restrição de fluxo sanguíneo/50% da POA + treinamento muscular inspiratório – TRBC+RFS+TMI; 3) Treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório – TRMC+TMI<sup>10</sup>.

A pressão inspiratória máxima (*Powerbreathe*®) e a força muscular periférica (dinamometria) foram avaliadas no primeiro contato e após cada sessão. Em todos os protocolos foi utilizada a escala de PSE: CR-10 de *Borg*, nos momentos antes, imediatamente após e 10 minutos após cada sessão experimental, com o objetivo de avaliar o esforço subjetivo dos sujeitos, auxiliando, deste modo, na mensuração da intensidade da sessão de treinamento e identificando um possível estado de fadiga dos participantes<sup>11</sup>.

Os protocolos do TR foram compostos de 3 séries de 15 repetições, com 1 minuto de intervalo entre elas, a 30% e 50% de 1RM, nos MMSS (flexão de cotovelos: rosca direta com barra e anilhas) e MMII (extensão de joelhos: cadeira extensora), sendo eles: TRBC; TRBC+RFS/50% da POA; TRMC<sup>5,12</sup>. Nos treinamentos com RFS os participantes usaram manguitos pneumáticos adaptados nos MMSS (6 X 47 cm) e MMII (18 X 80 cm), que foram desinflados nos intervalos entre as séries e reinflados no início de cada série. Já no TMI, foi utilizado o *PowerBreathe*® (*KH2; PowerBreathe International Ltd. - UK*), levando em consideração as recomendações de Gosselink *et al.*<sup>3</sup>, para cargas de 30% de  $P_{i\text{máx}}$  nos protocolos 1 e 2, e 50% de  $P_{i\text{máx}}$  no 3, com 3 séries de 1 minuto e 1 minuto de repouso, entre elas, realizando os mesmos exercícios do TR.

Na mensuração da estatura dos sujeitos foi utilizado um estadiômetro (modelo 31, Filizola, São Paulo, Brasil), com campo de uso de 0,80 até 2,20 m, com tolerância de  $\pm 2$  mm. Eles foram instruídos a ficar descalço, com os calcanhares unidos e braços relaxados, e permanecer o mais ereto, com a cabeça orientada no plano de *Frankfurt*<sup>13</sup>, enquanto que a massa corporal, massa muscular esquelética, massa de gordura, percentual de gordura e o índice de massa corporal (IMC) foram avaliados no bioimpedanciômetro (InBody 120 – Seul, Coreia do Sul), utilizando 8 pontos táteis (2 em cada pé e 2 em cada mão), cumprindo as seguintes instruções: a) estar em jejum há pelo menos 4 horas; b) não consumir bebida alcoólica e cafeinada 48 horas antes do exame; c) não realizar exercícios físicos com intensidade 12 horas antes; d) não efetuar o exame diante de quadro febril ou de desidratação; e) não utilizar objetos metálicos; f) utilizar o banheiro antes do teste para diminuir os volumes de urina e fezes; g) realizar o exame com trajes de banho e descalços, com a postura ereta na plataforma e segurando os eletrodos a 30° do tronco<sup>14</sup>.

O Índice Tornozelo Braquial (ITB) foi registrado com um esfigmomanômetro aneróide (Premium - Glicomed®, São Paulo, SP, Brasil) e um Doppler Vascular Portátil (MedPeg® DV - 2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com a finalidade de verificar a predisposição dos sujeitos a doença arterial obstrutiva periférica (DAOP), de acordo com Resnick *et al.*<sup>15</sup>, enquanto que a POA foi medida conforme protocolo de Laurentino *et al.*<sup>16</sup>, no qual, o manguito foi inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria braquial (MMSS) ou artéria tibial posterior ou pediosa (MMII) fosse interrompido, com os sujeitos permanecendo na mesma posição dos exercícios, sendo estabelecido como 100% de RFS.

O registro do teste de 1RM seguiu as recomendações do *American College of Sports Medicine – ACSM*<sup>5</sup>, no qual, inicialmente, foi realizado um aquecimento, da musculatura a ser testada, dividido em duas etapas: 1ª) 8 repetições com 50% da carga estimada de 1RM e, após 2 minutos de descanso; 2ª) 3 repetições a 70% de 1RM e, após um intervalo de 3 minutos, iniciou-se o teste propriamente dito. Durante o mesmo, a carga foi, gradativamente, elevada de 1 a 5 kg, com intervalo de 2 minutos entre as tentativas, e quando o sujeito não fosse capaz de realizar o movimento completo, registrava-se o valor de 1RM da tentativa anterior.

Na avaliação da pressão inspiratória máxima ( $P_{i\text{máx}}$ ), foi utilizado um dispositivo computadorizado (KH2; *PowerBreathe International Ltd. - UK*) junto com um *Breathelink* de *feedback*. Durante os testes, os sujeitos permaneceram sentados com os braços apoiados, utilizando um clipe nasal para evitar vazamento de ar para fora do dispositivo (Figura 1). Durante o teste, os sujeitos foram instruídos a expirar até o volume residual (VR) e realizar uma inspiração máxima, mantida pelo maior tempo possível. Foram realizadas 3 repetições, buscando variações menores que 10%, entre elas, sendo considerada a medida de maior valor<sup>17</sup>.

**Figura 1** – Avaliação da  $P_{i\text{máx}}$  (*Powerbreathe*®)



A mensuração da força dos flexores do cotovelo foi realizada 3 vezes, com o sujeito sentado em uma cadeira e o membro superior posicionado sobre uma mesa, estabilizada e com altura ajustável, ao nível do tórax, com o cotovelo e ombro mantidos a 90° de flexão, e antebraço em supinação, segurando uma empunhadura ligada a uma célula de carga do dinamômetro digital portátil (modelo DD-300, *Instrutherm Ltd.*, Brasil) utilizado para medir a Contração Isométrica Voluntária Máxima – CIVM (Figura 2).

**Figura 2** – Dinamometria isométrica dos flexores de cotovelo



E para a realização do teste de força isométrica dos extensores dos joelhos, os sujeitos permaneceram sentados, numa cadeira de *Bonett* (adaptada), com quadril flexionado a 110°, mantendo o joelho avaliado num ângulo de 60°, também utilizando um dinamômetro digital portátil (modelo DD-300, *Instrutherm Ltd.*, Brasil) para a medição da CIVM (Figura 3). As medidas consistiram em uma série de 3 CIVM, cada uma mantida por 5 segundos, com intervalo de 30 segundos de descanso, recebendo um estímulo vocal (“força, força, força”), pelo mesmo avaliador, considerando o maior valor das 3 medidas, para análise estatística<sup>18,19</sup>.

**Figura 3** – Dinamometria isométrica dos extensores de joelho



Por fim, a mensuração da PSE foi feita pela escala CR10 de *Borg*, na qual 0 (zero) traduz nenhum esforço e 10 (dez) o esforço máximo, que permaneceu à vista dos sujeitos, o tempo todo e em todas as sessões, que eram orientados a mostrar a classificação para o avaliador<sup>20</sup>.

Todos os dados foram analisados no *Statistical Package for the Social Science* (SPSS – 26.0), inicialmente, realizando uma análise exploratória para verificar a normalidade, a homogeneidade e a esfericidade dos dados por meio dos testes de *Shapiro-Wilk*, *Levene* e *Mauchly*, respectivamente e os que não atenderam os pressupostos da normalidade foram logaritmizados.

A estatística inferencial foi feita pelo teste de ANOVA (*One-Way*) para comparação, intergrupos, nos momentos pré e pós cada protocolo experimental, dos valores de pressão inspiratória máxima ( $P_{i_{\max}}$ ) e força muscular periférica (MMSS e MMII), seguido do *post-hoc* de *Tukey*. Utilizou-se, também, o teste de ANOVA (*Two-Way*) de medidas repetidas (3 momentos: pré, imediatamente após e 10 minutos após), para analisar possíveis diferenças entre os protocolos experimentais: 1) TRBC+TMI; 2) TRBC+RFS+TMI; 3) TRMC+TMI e para comparar a PSE, seguido pelo *post-hoc* de *Bonferroni*.

Para analisar a correlação entre as variáveis  $P_{i_{\max}}$  e POA, foi realizado o teste de *Pearson*, com base na seguinte classificação: nula = 0,0; fraca = 0,01 a 0,3; regular = 0,31 a 0,6; forte = 0,61 a 0,9; muito forte = 0,91 a 0,99 e plena = 1,0<sup>21</sup>.

O tamanho do efeito foi utilizado para analisar a magnitude das mudanças entre os momentos da PSE. O TE de *Cohen's d* foi estimado utilizando a calculadora *Psychometrica* “*Effect size estimates in repeated measures designs*”<sup>22</sup> e interpretando como *Cohen*<sup>23</sup>:

insignificante ( $\leq 0,19$ ), pequeno ( $0,20 - 0,49$ ), médio ( $0,50 - 0,79$ ), grande ( $0,80 - 1,29$ ) e muito grande ( $\geq 1,30$ ), adotando-se um nível de significância de  $P \leq 0,05$ , para todas as comparações.

### 3 - RESULTADOS

Na comparação da  $P_{i\text{máx}}$ , o teste da ANOVA mostrou que, na análise interprotocolos, verificou-se diferença significativa na comparação pós-intervenção entre TRBC+TMI *vs.* TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,010$ ), com maiores médias para o TRBC+RFS+TMI, porém, não houve diferença significativa entre os valores pré *versus* pós ( $P > 0,05$ ), em todos os protocolos experimentais (Tabela 1).

Com relação a força muscular, interprotocolos, notou-se diferença significativa no MS Direito quando comparado TRBC+TMI *versus* TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), com maiores médias para o TRMC+TMI. Além disso, quando comparados os valores pós-intervenção, houve diferença significativa entre: TRBC+TMI *vs.* TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,001$ ), média maior para o TRBC+RFS+TMI; TRBC+TMI *vs.* TRMC+TMI ( $P = 0,047$ ) e TRBC+RFS+TMI *vs.* TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), com médias maiores para o TRMC+TMI (Tabela 1).

Quanto ao MS Esquerdo, também, houve aumento significativo no comparativo interprotocolos: TRBC+TMI *versus* TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,001$ ). Comparando TRBC+TMI *vs.* TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), houve média maior para o de baixa carga; e TRBC+RFS+TMI *vs.* TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), média superior no de moderada carga (Tabela 1).

Na comparação do MI Direito, observou-se aumento significativo na análise pré-intervenção *versus* pós-intervenção dos protocolos TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ). Na comparação interprotocolos (TRBC+TMI *vs.* TRBC+RFS+TMI:  $P = 0,001$  e TRBC+TMI *vs.* TRMC+TMI:  $P = 0,001$ ), também houve aumento nos protocolos com RFS e de moderada carga, respectivamente (Tabela 1).

Por fim, ao analisar o MI Esquerdo, pré-intervenção *versus* pós-intervenção, verificou-se diferença significativa em todos os protocolos: TRBC+TMI, TRBC+RFS+TMI e TRMC+TMI ( $P = 0,001$ ), com médias maiores, pós-intervenção (Tabela 1).

**Tabela 1** – Análise comparativa da pressão inspiratória máxima ( $P_{i\text{máx}}$ ) e força muscular periférica entre os sujeitos antes e após cada protocolo do estudo

Variáveis	Pré	Pós		
		TRBC+TMI	TRBC+RFS+TMI	TRMC+MI
$P_{i\text{máx}}$	$60,77 \pm 19,22^{\diamond}$	$54,13 \pm 19,48^{\diamond,d}$	$62,28 \pm 21,32^{\diamond,d}$	$56,35 \pm 19,49^{\diamond}$

<b>MS Direito</b>	12,73±4,46 <sup>◇,a,c</sup>	12,04±4,64 <sup>◇,a,d,e</sup>	13,16±5,86 <sup>◇,d,f</sup>	13,31±5,35 <sup>◇,c,e,f</sup>
<b>MS Esquerdo</b>	11,18±4,89 <sup>◇,a,b</sup>	12,78±6,90 <sup>◇,a,e</sup>	12,12±5,36 <sup>◇,b,f</sup>	12,14±6,04 <sup>◇,e,f</sup>
<b>MI Direito</b>	22,23±7,94 <sup>◇,b,c</sup>	23,18±6,51 <sup>◇,d,e</sup>	25,85±8,01 <sup>◇,b,d</sup>	24,50±6,98 <sup>◇,c,e</sup>
<b>MI Esquerdo</b>	21,29±8,20 <sup>◇,a,b,c</sup>	26,09±6,98 <sup>◇,a</sup>	26,76±8,18 <sup>◇,b</sup>	26,07±9,17 <sup>◇,c</sup>

Legenda: Pimáx = pressão inspiratória máxima; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório; MS = membro superior; MI = membro inferior.

Nota: (◇) ANOVA (*one-way*); (a) # pré x TRBC+TMI; (b) # pré x TRBC+RFS+TMI; (c) # pré x TRMC+TMI; (d) # TRBC+TMI x TRBC+RFS+TMI; (e) # TRBC+TMI x TRMC+TMI; (f) # TRBC+RFS+TMI x TRMC+TMI.

Na análise, intergrupos, da PSE, na  $Pi_{máx}$  (Tabela 2), a ANOVA (*two-way*) mostrou diferença significativa entre o TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI ( $P = 0,05$ ). Na comparação intragrupo, o teste *post hoc* de *Bonferroni* mostrou aumento significativo, entre as séries, de todos os grupos analisados. No TRBC+TMI, observou aumento significativo entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,007$ ;  $d = 0,30$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,002$ ;  $d = 0,61$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,007$ ;  $d = 0,27$ ). No TRBC+RFS+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,42$ ) e 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,42$ ), e por fim, no TRMC+TMI na comparação entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,009$ ;  $d = 0,52$ ), 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,005$ ;  $d = 0,89$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,043$ ;  $d = 0,28$ ).

Na comparação, intergrupos, da PSE no treinamento dos MMSS (Tabela 2), não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). Entretanto, na análise intragrupo, observou-se um aumento significativo, apenas no TRBC+RFS+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,26$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,59$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,003$ ;  $d = 0,31$ ).

Com relação a PSE no treinamento dos MMII (Tabela 2), houve diferença significativa, intergrupos entre TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI ( $P = 0,02$ ), enquanto que, na comparação intragrupo houve aumento significativo em todas as séries, de todos os protocolos analisados. No TRBC+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,046$ ;  $d = 0,54$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,015$ ;  $d = 0,80$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,039$ ;  $d = 0,22$ ); no TRBC+RFS+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,43$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,74$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,26$ ) e; no TRMC+TMI, entre: 1ª série vs. 2ª série ( $P = 0,015$ ;  $d = 0,47$ ); 1ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 1,02$ ) e 2ª série vs. 3ª série ( $P = 0,001$ ;  $d = 0,63$ ).

**Tabela 2** – Comparação da percepção subjetiva do esforço (PSE) entre as 3 séries nos 3 protocolos experimentais



Variáveis	Momentos	Protocolos experimentais		
		TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
<b>Pi<sub>máx</sub></b>	1ª série	3,86 ± 1,51 <sup>◊,a,b</sup>	3,50 ± 1,60 <sup>◊,a,b</sup>	3,00 ± 1,10 <sup>◊,a,b</sup>
	2ª série	4,50 ± 1,69 <sup>◊,a,c</sup>	4,43 ± 1,95 <sup>◊,a</sup>	3,79 ± 1,47 <sup>◊,a,c</sup>
	3ª série	5,14 ± 2,10 <sup>◊,b,c</sup>	4,43 ± 1,82 <sup>◊,c</sup>	4,36 ± 1,73 <sup>◊,b,c</sup>
<b>MMSS</b>	1ª série	3,29 ± 1,32 <sup>◊</sup>	3,57 ± 1,74 <sup>◊,a,b</sup>	3,64 ± 1,27 <sup>◊</sup>
	2ª série	3,71 ± 1,26 <sup>◊</sup>	4,21 ± 1,80 <sup>◊,a,c</sup>	4,07 ± 1,14 <sup>◊</sup>
	3ª série	4,43 ± 1,98 <sup>◊</sup>	5,00 ± 1,61 <sup>◊,b,c</sup>	4,50 ± 1,50 <sup>◊</sup>
<b>MMII</b>	1ª série	3,71 ± 1,43 <sup>◊,a,b</sup>	4,29 ± 1,54 <sup>◊,a,b</sup>	4,07 ± 1,32 <sup>◊,a,b</sup>
	2ª série	4,79 ± 1,62 <sup>◊,a,c</sup>	5,21 ± 1,76 <sup>◊,a,c</sup>	4,93 ± 1,14 <sup>◊,a,c</sup>
	3ª série	5,29 ± 1,9 <sup>◊,b,c</sup>	5,86 ± 1,79 <sup>◊,b,c</sup>	5,93 ± 1,32 <sup>◊,b,c</sup>

Legenda: Pi<sub>máx</sub> = pressão inspiratória máxima; MMSS = membros superiores; MMII = membros inferiores; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

Nota: (◊) ANOVA de medidas repetidas; (a) # 1ª série x 2ª série; (b) # 1ª série x 3ª série; (c) # 2ª série x 3ª série.

Quanto a correlação entre a pressão de oclusão arterial (POA) e as pressões inspiratórias máximas (Pi<sub>máx</sub>), o teste de *Pearson*, não mostrou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os protocolos experimentais (TRBC+TMI vs. TRBC+RFS+TMI vs. TRMC+TMI), conforme a Tabela 3.

**Tabela 3** – Correlação entre pressão de oclusão arterial (POA) e a pressão inspiratória máxima (Pi<sub>máx</sub>), após cada protocolo

POA	Pressões inspiratórias máximas (Pós)		
	TRBC + TMI	TRBC + RFS + TMI	TRMC + TMI
<b>MMSS Dir</b>	(r = - 0,075; P = 0,799)	(r = - 0,097; P = 0,742)	(r = - 0,086; P = 0,770)
<b>MMSS Esq</b>	(r = - 0,278; P = 0,336)	(r = - 0,377; P = 0,184)	(r = - 0,247; P = 0,394)
<b>MMII Dir</b>	(r = 0,341; P = 0,233)	(r = 0,325; P = 0,256)	(r = 0,249; P = 0,391)
<b>MMII Esq</b>	(r = 0,170; P = 0,561)	(r = 0,011; P = 0,971)	(r = - 0,013; P = 0,965)

Legenda: POA = pressão de oclusão arterial; Pi<sub>máx</sub> = pressão inspiratória máxima; MMSS = membros superiores; MMII = membros inferiores; TRBC+TMI = treinamento resistido de baixa carga + treinamento muscular inspiratório; TRBC+RFS+TMI = treinamento resistido de baixa carga + restrição de fluxo sanguíneo + treinamento muscular inspiratório; TRMC+TMI = treinamento resistido de moderada carga + treinamento muscular inspiratório.

#### 4 - DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram: aumento da  $Pi_{máx}$  no TRBC+RFS+TMI, da força muscular periférica em todas as comparações, intragrupos, nos MMSS e MMII; e da PSE em todos os treinos respiratórios e resistidos de MMII, e no TRBC+RFS+TMI de MMSS, porém, não houve correlação entre a POA e  $Pi_{máx}$ .

Apesar da literatura não mostrar estudos sobre as respostas agudas da força muscular inspiratória, periférica e da PSE antes e após exercícios com e sem RFS em MMSS e MMII associado ao TMI, em sujeitos com DPOC, alguns deles verificaram esses achados, isoladamente. Acerca da força muscular inspiratória, o estudo de Vilaça *et al.*<sup>24</sup> avaliou, em idosos, o impacto de 6 semanas de TMI sobre a qualidade de vida, resposta imune e força muscular inspiratória de MMII, em dois grupos: TMI com *Powerbreathe* a 60% da  $Pi_{máx}$  e controle, mostrando ganho da força muscular inspiratória após o protocolo de treinamento. O presente estudo corrobora, em parte, esses resultados, pois, também, mostrou ganho de força, mesmo que tenha sido apenas no grupo TRBC+RFS+TMI.

Em outro estudo, Trevisan, Porto e Pinheiro<sup>25</sup>, verificaram a eficácia de um treinamento da musculatura respiratória e do quadríceps no desempenho funcional de indivíduos com DPOC, por 2 meses, e revelaram que há correlação entre o ganho de força muscular do quadríceps e o aumento da  $Pi_{máx}$ , o que pode explicar o achado do presente estudo, pois o grupo TRBC+RFS+TMI apresentou ganhos superiores da força de MMII, podendo ter contribuído no desempenho da força muscular inspiratória.

Analizando a força muscular periférica, Vonbank *et al.*<sup>26</sup> compararam os efeitos de três diferentes protocolos (treinamento de resistência, de força - progressivo e combinado) para MMSS e MMII, em pacientes com DPOC, por 12 semanas, e observaram ganhos de força em todos os protocolos, mas, principalmente, nos de: força progressiva e combinado. O presente estudo corrobora esse achado, uma vez que apresentou aumento da força nos MMSS e MMII, em todos os protocolos. Para Mitchell *et al.*<sup>27</sup>, ganhos de força em programas tradicionais de treinamento podem ocorrer devido as adaptações neuromusculares, ocasionadas pelo aumento da capilaridade muscular que é essencial para o transporte de oxigênio e está relacionada ao nível alcançável de estabilidade metabólica.

Apesar de não ter sido realizado com sujeitos fisicamente ativos, o presente estudo corrobora também o de Counts *et al.*<sup>28</sup>, que investigou as respostas agudas e crônicas do músculo esquelético em diferentes níveis de pressão e observou que, após 8 semanas de exercício de flexão do cotovelo, houve ganho na força muscular, independente da pressão aplicada e, em ambos os protocolos. Loenneke; Wilson; Wilson<sup>29</sup>, relataram que tais resultados

podem ser explicados pelo fato da RFS gerar um estímulo metabólico maior que o TR convencional, devido as respostas fisiológicas causadas pela restrição, como a hipóxia local que é capaz de aumentar o recrutamento de fibras musculares.

Do mesmo modo, Fahs *et al.*<sup>30</sup>, após realizarem um estudo com treinamento de força (extensão de joelhos), por 8 semanas, com sujeitos de meia-idade, com RFS apenas em um dos membros, observaram que ambos os protocolos (com e sem RFS), apresentaram aumentos semelhantes da força muscular, achado esse que se assemelha ao presente estudo.

Já o estudo de Vechin *et al.*<sup>31</sup> analisou os efeitos do TRBC+RFS e do TRAC no quadríceps, em 3 grupos de idosos: TRAC, TRBC+RFS e controle, durante 12 semanas, e observou ganho de força, apenas no grupo TRAC. Na contra-mão desses resultados, o presente estudo constatou ganhos de força em todos os protocolos experimentais. Isso pode ser explicado pela diferença da amostra, pois, apesar do estudo de Vechin *et al.*<sup>31</sup>, também ser com idosos, eles não eram portadores de DPOC, com consequente diminuição mais acentuada do condicionamento físico, fazendo com que, como mostra Barreiro e Gea<sup>32</sup>, um menor volume de treino já seja suficiente para promover melhorias expressivas no desempenho físico.

Na análise da PSE, dos MMSS, Rodrigues Neto *et al.*<sup>33</sup> mostraram aumento significativo desta variável no grupo treinamento resistido de alta carga (TRAC) comparado ao de baixa carga, com e sem RFS (BC+RFSC e BC+RFSI). O presente estudo contrapõe esse achado, pois encontrou aumento significativo da PSE no grupo de treinamento de baixa carga (TRBC+RFS+TMI). Loenneke, Wilson e Wilson<sup>29</sup> relataram que, pelo fato da RFS promover aumento da hiperemia, íons H<sup>+</sup> e lactato na musculatura envolvida, isto pode ocasionar níveis elevados do esforço mesmo com baixo volume de exercício. Por outro lado, os resultados do presente estudo corroboram os de Vieira *et al.*<sup>34</sup> que, ao comparar dois grupos (TRBC+RFS e TRAC) que realizaram flexão unilateral de cotovelo, também observaram aumento significativo no grupo com RFS, mesmo utilizando baixa carga.

Com relação a PSE dos MMII, Rodrigues Neto *et al.*<sup>35</sup>, avaliaram um protocolo com 4 exercícios (2 de MMSS e 2 de MMII) em diferentes intensidades, com e sem RFS, observando que a PSE significativamente maior para os MMII, no protocolo de BC+RFS em comparação ao de alta carga (AC). Assim como, Loenneke *et al.*<sup>36</sup> que, também, observaram aumentos da PSE após as séries de exercícios de extensão bilateral dos joelhos mostrando aumento dessa variável para o grupo com RFS. O presente estudo corrobora, em parte, esses achados, pois foi observado, também, aumento significativo da PSE no grupo com RFS, embora tenha se equiparado aos outros grupos sem RFS. Uma hipótese para esse acontecimento, se dá pelo fato do público analisado, no presente estudo, se tratar de idosos com DPOC, intensificando a

sensação da sobrecarga nos exercícios devido à fraqueza muscular apresentada e a demanda respiratória exigida.

Em contrapartida, Wernbom *et al.*<sup>37</sup>, investigaram a PSE no exercício de baixa carga, na extensão bilateral dos joelhos, com e sem RFS, sendo a restrição aplicada apenas em um membro, e observaram que a PSE foi semelhante em ambos os protocolos (com e sem RFS), sugerindo que as alterações na PSE não se baseiam exclusivamente nos efeitos da RFS, mas também podem estar relacionadas à intensidade do exercício.

Analisando, especificamente, a PSE no TMI, apesar de não haver pesquisas com o mesmo protocolo do presente estudo, alguns deles a analisaram em outros contextos. Enright *et al.*<sup>38</sup> analisou se o TMI, de alta intensidade, resulta em alterações na função ventilatória e na capacidade de exercício em 2 grupos de sujeitos saudáveis: TMI (80% da  $P_{i_{máx}}$  e controle), por 8 semanas, sem mudança significativa na PSE. Segundo eles, sujeitos saudáveis, têm a capacidade de sustentar níveis mais elevados de trabalho sem, necessariamente, ter aumento da falta de ar e do esforço. Os resultados do presente estudo contrapõem esses achados, pois observou aumento significativo da PSE ao longo das séries do TMI, em todos os protocolos, pelo fato dos indivíduos, com DPOC, apresentarem função muscular ventilatória prejudicada, limitando a tolerância e a capacidade ao exercício, também confirmado por Nyberg, Saey e Maltais<sup>39</sup>.

Por fim, apesar de não haver nenhum estudo correlacionando a influência da RFS, na força muscular inspiratória, indivíduos com DPOC apresentam qualidade de vida prejudicada, com diminuição da tolerância ao exercício e perda de força da musculatura respiratória. De acordo com Lazio<sup>40</sup>, essa redução, decorrente dos danos na mecânica pulmonar e da obstrução crônica, acarreta o deslocamento do ponto de igual pressão para as vias aéreas que não possuem cartilagem, favorecendo o aprisionamento de ar (hiperinsuflação) diminuindo a capacidade respiratória aos grandes esforços. Resumindo, esses indivíduos apresentam perda de peso significativa, fraqueza dos músculos respiratórios e periféricos.

Conforme, Gea, Agusti e Roca<sup>41</sup> e Ike *et al.*<sup>42</sup>, esse descondicionamento da musculatura esquelética é justificada pelos distúrbios metabólicos causados pela DPOC, que podem levar ao aumento das espécies reativas de oxigênio, perda da capacidade oxidativa do músculo esquelético, alterações mitocondriais, diminuição das enzimas oxidativas associadas ao metabolismo da fosfocreatina e redução das fibras tipo II.

Por esse motivo, embora a utilização do treinamento com RFS para o ganho de força muscular respiratória, ainda seja pouco explorado, Dankel *et al.*<sup>43</sup> e Libardi *et al.*<sup>44</sup> mostraram que esta técnica promove o aumento da força e massa muscular periférica, ocasionada pela

compressão do manguito, gerando um estresse induzido pelo acúmulo de metabólitos, que leva a um recrutamento e ativação maior das fibras musculares, mostrando ser um aliado para ganho de força da musculatura acessória da respiração.

## 5 - CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que o TR+TMI, com ou sem RFS promoveu aumento da força muscular periférica e da PSE, em todos os protocolos analisados. Além do mais, o TRBC+RFS+TMI se mostrou mais efetivo e promissor para melhorar as respostas musculares em pessoas com DPOC, pois foi o único que apresentou aumento da força muscular inspiratória (P<sub>máx</sub>).

## REFERÊNCIAS

1. GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE. Global strategy for diagnosis, management and prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2023 REPORT. Disponível em: <<https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/>>. Acesso em: 06 de setembro de 2023.
2. SILVA, A. L. G. et al. Associação entre variáveis respiratórias e capacidade de exercício em portadores de DPOC. **Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção**, v. 8, n. 4, p. 385-391, 2018.
3. GOSSELINK, R. et al. Assessing the effects of inspiratory muscle training in a patient with unilateral diaphragm dysfunction. **Breathe (Sheff)**, v. 15, n. 2, p. 90-96, 2019.
4. SANTOS, I. G. D.; SENA, J. T. S.; COSTA, A. C. S. M. Fortalecimento muscular respiratório nos portadores da doença pulmonar obstrutiva crônica. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 2, p. 2206-2214, 2019.
5. ACSM. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 10 ed. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2017.
6. ARAÚJO, J. P. et al. The effects of water-based exercise in combination with blood flow restriction on strength and functional capacity in post-menopausal women. **Age**, v. 37, n. 6, p. 110-119, 2015.
7. SILVA, J. et al. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. **Journal of Exercise Physiology**, v. 18, n. 4, p. 33-41, 2015.
8. BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.

9. ANDREATTA, M. V. et al. Exercício de força combinado à restrição de fluxo sanguíneo induz aumentos agudos na pressão arterial sistólica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 26, n. 4, p. 35-44, 2018.
10. RODRIGUES NETO, G. et al. Efeito agudo e crônico do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo contínua ou intermitente sobre as medidas hemodinâmicas e percepção subjetiva de esforço em homens saudáveis. **Motricidade**, v. 14, n. S1, p. 71-82, 2018.
11. BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. et al. Repetitions in reserve and rate of perceived exertion increase the prediction capabilities of the load-velocity relationship. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 3, p. 724-730, 2021.
12. VILAÇA-ALVES, J. et al. Acute effect of resistance exercises performed by the upper and lower limbs with blood flow restriction on hemodynamic responses. **Journal of Exercise Physiology**, v. 19, n. 3, p. 100-109, 2016.
13. STEWART, A. et al. **International standards for anthropometric assessment**. 3 ed. New Zealand: ISAK, 2011.
14. PITANGA, C. P. S. et al. Nível de atividade física para prevenção do excesso de gordura visceral em mulheres pós menopáusicas: quanto é necessário? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 56, n. 6, p. 358-363, 2012.
15. RESNICK, H. E. et al. Relationship of high and low ankle brachial index to all cause and cardiovascular disease mortality: the strong heart study. **Circulation**, v. 109, n. 6, p. 733-739, 2004.
16. LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 3, p. 406-412, 2012.
17. LAVENEZIANA, P. et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. **European Respiratory Journal**, v. 53, n. 6, p. 1-34, 2019.
18. SANTOS, H. H. et al. Efeito do treino isocinético excêntrico sobre a razão I/Q do torque e EMGs em sujeitos saudáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 3, p. 227-232, 2014.
19. VASCONCELOS, R. A. et al. Análise da correlação entre pico de torque, desempenho funcional e frouxidão ligamentar em indivíduos normais e com reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 44, n. 2, p. 134-142, 2009.
20. FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109-115, 2001.
21. ARAÚJO, A. G. F. et al. Fidedignidade das medidas inter e intratestes com goniômetro universal e artrômetro podálico da amplitude ativa de eversão e inversão do tornozelo. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 21, n. 4, p. 339-345, 2014.

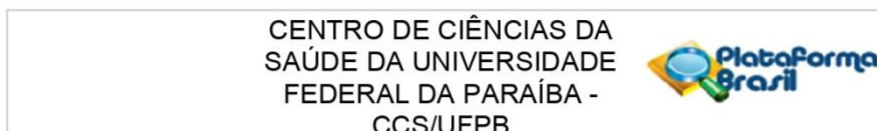
22. LENHARD, W.; LENHARD, A. Calculation of effect sizes. **Psychometrica**: Dettelbach, Germany, 2016.
23. COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. United States of America: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
24. VILAÇA, A. F. et al. O efeito do treinamento muscular inspiratório em idosos sobre a qualidade de vida, resposta imune, força muscular inspiratória e de membros inferiores: um ensaio clínico randomizado. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 22, n. 6, p. e190157, 2019.
25. TREVISAN, M. E.; PORTO, A.; PINHEIRO, T. Influência do treinamento da musculatura respiratória e de membros inferiores no desempenho funcional de indivíduos com DPOC. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 17, n. 3, p. 209-13, 2010.
26. VONBANK, K. et al. Strength training increases maximum working capacity in patients with COPD – randomized clinical trial comparing three training modalities. **Respiratory Medicine**, v. 106, n. 4, p. 557-563, 2012.
27. MITCHELL, E. A. et al. Critical power is positively related to skeletal muscle capillarity and type I muscle fibers in endurance – trained individuals. **Journal of Applied Physiology**, v. 125, n. 3, p. 737-745, 2018.
28. COUNTS, B. R. et al. Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation. **Muscle & Nerve**, v. 53, n. 3, p. 438– 445, 2016.
29. LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, J. M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International Journal Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 1–4, 2010.
30. FAHS, C. A. et al. Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 3, p. 167-176, 2015.
31. VECHIN, F. C. et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. **The Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association**, v. 29, n. 4, p. 1071-1076, 2015.
32. BARREIRO, E.; GEA, J. Respiratory and limb muscle dysfunction in COPD. **Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 12, n. 4, p. 413-426, 2015.
33. RODRIGUES NETO, G. et al. Acute effects of resistance exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamic measurements and perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**, v. 124, n. 1, p. 277-292, 2016a.
34. VIEIRA, A. et al. Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 5, p. 323-327, 2014.

35. RODRIGUES NETO, G. et al. Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 36, n. 1, p. 53-59, 2016b.
36. LOENNEKE, J. P. et al. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2831– 2834, 2010.
37. WERNBOM, M. et al. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2389–2395, 2009.
38. ENRIGHT, S. J. et al. Effect of high intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. **Physical Therapy**, v. 86, n. 3, p. 345-354, 2006.
39. NYBERG, A.; SAEY, D.; MALTAIS, F. Why and how limb muscle mass and function should be measured in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 12, n. 9, p. 1269-1277, 2015.
40. LAZIO, A. Doença pulmonar obstrutiva crônica – uma revisão. **Revista Portuguesa de Pneumologia**, v. 15, n. 6, p. 1157-1166, 2009.
41. GEA, J; AGUSTI, A.; ROCA, J. Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. **Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 9, p. 1222-1234, 2013.
42. IKE, D. et al. Efeitos do exercício resistido de membros superiores na força muscular periférica e na capacidade funcional do paciente com DPOC. **Fisioterapia em Movimento**, v. 23, n. 3, p. 429-437, 2010.
43. DANKEL, S. J. et al. Do metabolites that are produced during resistance exercise enhance muscle hypertrophy? **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 11, p. 2125-2135, 2017.
44. LIBARDI, C. A. et al. Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 5, p. 395-399, 2015.



## ANEXOS

### ANEXO A – Parecer Consubstanciado Do Comitê De Ética Em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos Do CCS/UFPB Campus I João Pessoa



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo sobre Variáveis Respiratórias, Hemodinâmicas e Força Muscular Periférica em Sujeitos com DPOC

**Pesquisador:** CAMILA FERNANDES PONTES DOS SANTOS

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 68316123.7.0000.5188

**Instituição Proponente:** Centro De Ciências da Saúde

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.466.280

##### Apresentação do Projeto:

###### INTRODUÇÃO:

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é reconhecida como uma limitação crônica do fluxo aéreo e sistemas respiratórios persistentes, prevenível e tratável, geralmente progressiva, associada a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões à inalação de partículas ou gases tóxicos que causam alterações nas vias aéreas ou alvéolos (GOLD, 2023).

A DPOC apresenta como quadro clínico: dispneia, tosse e expectoração, e o agravamento dos sintomas ocasiona redução da capacidade de exercício. Além das alterações no sistema respiratório, há implicações sistêmicas como a fraqueza muscular, disfunção dos membros inferiores (MMII) e fadiga, acarretando em diminuição da tolerância ao esforço físico o que afeta diretamente a capacidade funcional (Silva et al., 2018). Esta inflamação crônica generalizada no parênquima e vasos pulmonares desencadeia a produção de marcadores inflamatórios, tais como, leucócitos, fibrinogênio, antitripsina e TNF, que estão associados ao acelerado declínio da função pulmonar promovendo, assim, danos ao sistema cardiovascular, por meio da disfunção endotelial, apoptose de cardiomiócitos e formação de arteriosclerose. Esta disfunção cardiovascular ocasiona uma doença vascular progressiva, resultando em incompetência ventricular, diminuindo sua performance e causando alto impacto na capacidade funcional nos indivíduos portadores de DPOC (Chen, 2016). Dentre os prejuízos

**Endereço:** Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900  
**UF:** PB **Município:** JOAO PESSOA  
**Telefone:** (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA -  
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 6.466.280

Outros	apendices_anexos.pdf	16/10/2023 15:31:53	SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	16/10/2023 15:27:26	CAMILA FERNANDES PONTES DOS SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Cartadeanuencialaboratorio.docx	26/04/2023 14:17:44	SANDRA MARIA CORDEIRO ROCHA DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEatualizado.docx	26/04/2023 14:17:28	SANDRA MARIA CORDEIRO ROCHA DE CARVALHO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	certidao_aprovacao.pdf	24/03/2023 19:13:44	CAMILA FERNANDES PONTES DOS SANTOS	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

JOAO PESSOA, 27 de Outubro de 2023

---

**Assinado por:**  
**Eliane Marques Duarte de Sousa**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900  
**UF:** PB **Município:** JOAO PESSOA  
**Telefone:** (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

## ANEXO B – Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC)

**RBR-9yrfyfq Acute Effects of Respiratory and Resistance Training with Blood Flow Restriction on respiratory, hemodynamic variables a...**

Data de registro: 21/11/2023 (dd/mm/yyyy)

Última data de aprovação: 21/11/2023 (dd/mm/yyyy)

Tipo de estudo:

Intervenções

Título científico:

**en**

Acute Effects of Respiratory and Resistance Training with Blood Flow Restriction on respiratory, hemodynamic variables and peripheral muscle strength in subjects with COPD

**pt-br**

Efeitos Agudos do Treinamento Respiratório e Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo sobre variáveis respiratórias, hemodinâmicas e força muscular periférica em sujeitos com DPOC

**es**

Acute Effects of Respiratory and Resistance Training with Blood Flow Restriction on respiratory, hemodynamic variables and peripheral muscle strength in subjects with COPD

Identificação do ensaio

- Número do UTN: U1111-1298-2866

## ANEXO C – Comprovante de submissão do artigo 1

## Respiratory Medicine

## Acute effects of respiratory and resistance training with blood flow restriction on respiratory and hemodynamic variables in subjects with COPD

--Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	
<b>Article Type:</b>	Research paper
<b>Section/Category:</b>	COPD
<b>Keywords:</b>	Lung Diseases, Physical Exercise, Resistance Training, Therapeutic Occlusion.
<b>Corresponding Author:</b>	Camila Fernandes Pontes dos Santos Federal University of Paraíba João Pessoa, Paraíba BRAZIL
<b>First Author:</b>	Camila Fernandes Pontes dos Santos
<b>Order of Authors:</b>	Camila Fernandes Pontes dos Santos Wanessa Kelly Vasconcelos Maria Heloisa Silva Dyego Lima Marlon de Albuquerque Eduardo Ériko de França Helodório dos Santos
<b>Abstract:</b>	<p><b>Abstract:</b> Purpose: To analyze the acute effect of respiratory and resistance training with blood flow restriction (BFR) on respiratory and hemodynamic variables in subjects with COPD. Patients and methods: This is a randomized crossover clinical trial in which 14 older adults with COPD (<math>67.50 \pm 1.76</math> years; <math>67.67 \pm 3.39</math> kg; <math>1.58 \pm 0.02</math> m; <math>26.88 \pm 1.28</math> kg/m<sup>2</sup>) were subjected to 3 protocols: 1) Low-load resistance training + inspiratory muscle training (LLRT+IMT); 2) Low-load resistance training with blood flow restriction/50% of AOP + inspiratory muscle training (LLRT+BFR+IMT); and 3) Moderate load resistance training + inspiratory muscle training (MLRT+IMT). Results: There was a significant reduction in SBP (<math>P &lt; 0.01</math>), HR (<math>P &lt; 0.05</math>), RR (<math>P &lt; 0.05</math>) and dyspnea (<math>P &lt; 0.05</math>) in all protocols at moment 10' and an increase in RR immediately after in LLRT+IMT (<math>P &lt; 0.01</math>) and MLRT+IMT (<math>P &lt; 0.05</math>); dyspnea in LLRT+BFR+IMT (<math>P &lt; 0.05</math>) and MLRT+IMT (<math>P &lt; 0.01</math>), and SpO<sub>2</sub> in all protocols (<math>P &lt; 0.01</math>); however, only LLRT+BFR +IMT had a hypotensive effect on DBP (<math>P &lt; 0.05</math>). Conclusion: IMT associated with RT, with or without BFR, promoted a hypotensive effect on SBP, HR, RR and dyspnea, in addition to increases in saturation in all analyzed protocols; however, LLRT+BFR+IMT was more effective, as it was the only one that presented a hypotensive effect on DBP.</p>
<b>Suggested Reviewers:</b>	<p>Júlio César Gomes da Silva, Doctor Federal University of Ceara julioceasar123@gmail.com</p> <p>Maria do Socorro Brasileiro Santos, Doctor Federal University of Paraíba sbrasileiro@yahoo.com.br</p> <p>Elisio Alves Pereira Neto, Doctor University of South Australia Elisio.PereiraNeto@unisa.edu.au</p>