

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**LUANA AP. VIEIRA GONZAGA**

**PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DE CICLOERGÔMETRO E OS  
EFEITOS DE SUA APLICAÇÃO NO TREINAMENTO DE MEMBROS  
SUPERIORES NA CAPACIDADE FUNCIONAL E DE EXERCÍCIO E NA  
QUALIDADE DE VIDA EM PACIENTES COM DPOC**

**SÃO CARLOS – SP**

**2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**LUANA AP. VIEIRA GONZAGA**

**PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DE CICLOERGÔMETRO E OS  
EFEITOS DE SUA APLICAÇÃO NO TREINAMENTO DE MEMBROS  
SUPERIORES NA CAPACIDADE FUNCIONAL E DE EXERCÍCIO E NA  
QUALIDADE DE VIDA EM PACIENTES COM DPOC**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Fisioterapia. Área de concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional.

Orientador: **Prof. Dr. Maurício Jamami**

**SÃO CARLOS – SP**

**2021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Luana Aparecida Vieira Gonzaga, realizada em 31/03/2021.

**Comissão Julgadora:**

Prof. Dr. Mauricio Jamami (UFSCar)

Profa. Dra. Renata Pedrolongo Basso Vanelli (UFSCar)

Profa. Dra. Renata Gonçalves Mendes (UFSCar)

Profa. Dra. Kamilla Tays Marrara Marmorato (UNICEP)

Profa. Dra. Daniela Gonçalves Ohara (UNIFAP)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.

## AGRADECIMENTOS

À Deus que por inúmeras vezes, não só neste trabalho, cuidou de mim e me honrou com conquistas e vitórias como esta.

À minha mãe Silvia Vieira que sempre me apoiou, e até mesmo me impeliu para este trabalho, ela que foi, é e sempre será exemplo de persistência, dedicação (materna e profissional) e de doação ao próximo. Aos meus irmãos, Luciano e Leisciany e cunhados que sempre me apoiaram, me corrigiram e foram meu porto seguro, me entenderam e acima de tudo me amaram.

Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Jamami por toda compreensão, dedicação e paciência, seus ensinamentos vão além deste trabalho, levo-os não só para a vida acadêmica.

Aos meus colegas de laboratório a quem muito devo, Dra. Carolina Munno, Dra. Marcela Carvalho, Ma. Bruna Vidal, Me. Leonardo Garbim, Dra Ivanize Masselli, Daiane Viana, por toda paciência, disponibilidade e compromisso, com toda certeza sem a contribuição de vocês não conseguiria realizar este trabalho.

À todos que ajudaram na construção deste equipamento: o funcionário Faisão da Serralheria da UFSCar, o funcionário Djalma da mecânica da UFSCar e os colaboradores da marcenaria.

À todos os pacientes que se dispuseram a participar de um estudo longo como este, saindo do seu lar e muitas vezes alterando suas rotinas para encaixar esta terapia no seu cotidiano. Obrigada pela disponibilidade e por todo carinho e amizade que desenvolvemos.

Aos membros da banca Dra. Daniela Ohara, Dra. Kamilla Marrara, Dra. Renata Basso e Dra. Renata Mendes por suas sugestões e incentivo.

À UFSCar por propiciar ensino de qualidade e a realização de um sonho há muito desejado.

## RESUMO

A intolerância ao exercício pode acometer diferentemente membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII), sendo a função dos músculos dos MMSS relativamente preservada por serem mais frequentemente empregados em Atividade de Vida Diária (AVD) rotineiras, inclusive de higiene pessoal ou ao envolvimento de alguns destes músculos no trabalho respiratório. Apesar da relativa preservação da função dos músculos dos MMSS, é comum a queixa de dispneia por parte de pacientes com DPOC ao realizar atividades com o membro sem apoio, ou seja, à altura ou acima dos ombros sem apoio. Um dos tratamentos indicados é o treinamento de *endurance*, como por exemplo no cicloergômetro de braço. O treinamento de MMSS em cicloergômetro de braço permite, ao manter a extremidade distal do membro apoiado, que a musculatura da cintura escapular possa auxiliar na respiração, prolongando a duração do exercício e retardando o surgimento da dispneia. Apesar dos benefícios como a melhora da tolerância ao exercício, da qualidade de vida (QV) e redução da dispneia, este método tem sido preterido ao treinamento sem apoio. Pacientes com DPOC e incapacidade funcional podem ter maior tolerância ao treinamento sem apoio ao realizarem um período de adaptação com o treinamento de MMSS em cicloergômetro, reconquistando assim sua independência. No entanto, há dificuldade quanto à sua utilização, já que cicloergômetros com as características necessárias (mensuração da carga e da cadência, e regulagem de altura) para a aplicação do treinamento com apoio de MMSS são de alto custo e geralmente inacessíveis para clínicas e pacientes. Portanto, esse estudo objetiva propor um cicloergômetro adaptado para MMSS (artigo 1) e verificar os efeitos do seu uso no treinamento de MMSS de pacientes com DPOC (artigo 2). Para adaptação do cicloergômetro do artigo 1 foi utilizada a Mini Bike PRO E13 da Acte Sports® fixada a uma mesa com ajuste de altura acrescido de um torquímetro na manivela direita e um sensor de cadência na mesa. O estudo contou com a participação de pacientes de ambos os gêneros, com diagnóstico clínico e espirométrico de DPOC que foram submetidos a um Teste de Exercício Incremental no cicloergômetro adaptado até a exaustão. Obtendo como resultados a avaliação de 13 indivíduos com DPOC, ( $VEF_1/CVF$ :  $0,50 \pm 3,4$ ),  $67 \pm 3$  anos, IMC  $24 \pm 4,14$ , irregularmente ativos e ativos. O Teste de Exercício Incremental (TEI) durou em média 9 minutos atingindo carga máxima em média de 4,5 N.m, com  $VO_2$ máx alcançado de  $0,80 \pm 0,25$  l/min, equivalendo a  $36 \pm 12\%$  do previsto. Concluímos que o equipamento foi capaz de avaliar a capacidade funcional ao reproduzir um TEI submáximo em pacientes com DPOC. No artigo 2 foi realizado um estudo experimental, do tipo ensaio clínico randomizado em bloco, controlado, avaliador cego e grupo paralelo, utilizando o cicloergômetro de MMSS adaptado no artigo 1. O protocolo de treinamento teve duração total de 8 semanas, três vezes por semana, 50 minutos cada sessão. Os pacientes foram divididos em grupos Intervenção (GI) e controle (GC). Ambos iniciavam as sessões com alongamento dos principais grupos musculares, seguidos de

aquecimento de três minutos sem carga no cicloergômetro de MMSS à cadência de 70 rpm sem carga. No GI fizeram mais 30 minutos com carga de 70% da taxa de trabalho encontrada no teste incremental de MMSS e finalizaram com três minutos de desaquecimento também sem carga. No GC todo treinamento no cicloergômetro foi realizado sem carga. Para testar a capacidade de exercício foram realizados os testes de exercício incremental (TEI) e teste de carga constante (TCC), para verificar a capacidade funcional foi realizado o teste 6-PBRT e o teste de Glittre, e para verificar a QV relacionada a saúde foi aplicado o questionário SGRQ. O GI obteve melhores resultados após a intervenção que o GC nos testes físicos TEI carga (+0,91), TEI VO<sub>2</sub> (+0,20), TCC tempo (+3min), sendo que apenas o GI alcançou a diferença mínima importante no TCC (+1,75 min). Ambos os grupos alcançaram a diferença mínima importante no TGlittre (GC -38 seg; GI -30 seg). Apesar de não ter encontrado relevância estatística, o presente estudo mostrou que o treinamento de MMSS no cicloergômetro adaptado proposto tende a ser eficaz na melhora da capacidade física e do estado funcional.

**Palavras-chave:** terapia por exercício, extremidade superior, teste de esforço, doença pulmonar obstrutiva crônica.

## ABSTRACT

Exercise intolerance can affect upper limbs (upper limbs) and lower limbs (lower limbs) differently, with the upper limbs' muscle function being relatively preserved as they are more frequently used in routine activities of daily living (ADL), including personal hygiene or involvement of some of these muscles in breathing work. Despite the relative preservation of the function of the upper limbs muscles, it is common to complain of dyspnea on the part of patients with COPD when performing activities with the limb without support, that is, at or above the shoulders without support. One of the treatments indicated is endurance training, as for example on the arm cycle ergometer. The MMSS training in an arm cycle ergometer allows, by keeping the distal end of the limb supported, that the scapular waist musculature can assist in breathing, prolonging the duration of the exercise and delaying the onset of dyspnea. Despite the benefits such as improved exercise tolerance, quality of life and reduced dyspnea, this method has been passed over to training without support,. Patients with COPD and functional disability may have a greater tolerance for training without support when performing an adaptation period with the upper limbs training on a cycle ergometer, thus regaining their independence. However, there is difficulty regarding its use, since cycle ergometers with the necessary characteristics (measurement of load and cadence, and height adjustment) for the application of training with MMSS support are expensive and generally inaccessible to clinics and patients. Therefore, this study aims to propose a cycle ergometer adapted for upper limbs (article 1) and to verify the effects of its use on upper limbs training of COPD patients (article 2). To adapt the cycle ergometer of article 1, the Mini Bike PRO E13 from Acte Sports® was attached to a table with height adjustment plus a torque wrench on the right crank and a cadence sensor on the table. The study included the participation of patients of both genders, with a clinical and spirometric diagnosis of COPD who underwent an Incremental Exercise Test (IET) on the cycle ergometer adapted until exhaustion. Obtaining as results the evaluation of 13 individuals with COPD, (FEV1 / FVC:  $0.50 \pm 3.4$ ),

67 ± 3 years, BMI 24 ± 4.14, irregularly active and active. The IET lasted an average of 9 minutes, reaching a maximum load of 4.5 N.m on average, with VO<sub>2</sub>max reached 0.80 ± 0.25 l/min, equivalent to 36 ± 12% of the predicted. We concluded that the equipment was able to assess the functional capacity when reproducing a submaximal IET in patients with COPD. In article 2, an experimental study was carried out, such as a randomized controlled clinical trial in a controlled block, blind evaluator and parallel group, using the MMSS cycle ergometer adapted in article 1. The training protocol lasted a total of 8 weeks, three times a week, 50 minutes each session. Patients were divided into Intervention (IG) and Control (CG) groups. Both started the sessions with stretching of the main muscle groups, followed by heating for three minutes with no load on the MMSS cycle ergometer at a 70 rpm without load. In the IG, they performed another 30 minutes with a load of 70% of the work rate found in the incremental upper limb test and ended with three minutes of cooling down without load. In the CG, all training on the cycle ergometer was carried out without load. To test the exercise capacity, IET and constant load test (CLT) were performed, to verify the functional capacity, the six minute pegboard and ring test (6-PBRT) and the TGlittre were performed, and to verify the health-related quality of life Saint George Respiratory Questionnaire (SGRQ) is applied. The IG obtained better results after the intervention than the CG in the physical tests IET load (+0.91), IET VO<sub>2</sub> (+0.20), CLT time (+ 3min), and only the IG reached the minimum important difference in the CLT (+1.75 min). Both groups reached the minimum important difference in Glittre (GC -38 sec; GI -30 sec). Despite not having found statistical relevance, the present study showed that MMSS training in the proposed adapted cycle ergometer tends to be effective in improving physical capacity and functional status.

**Keywords:** exercise therapy, upper extremity, stress test, chronic obstructive pulmonary disease.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1a. Mini Bike Original .....	31
Figura 2. Desenvolvimento cronológico dos procedimentos de pesquisa. ....	48
Figura 3 a. Mini Bike Original.....	49
Figura 4. Pegboard and Ring Test. ....	51
Figura 5. Teste Glitre.....	52
Figura 6. Fluxograma .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização da amostra .....	35
Tabela 2. Sinais Vitais .....	37
Tabela 3. Caracterização da amostra dos pacientes incluídos no estudo.....	56
Tabela 4. Efeito do programa de reabilitação.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ACCP</b>	<i>American College of Chest Physicians</i>
<b>AF</b>	Atividade Física
<b>ATS</b>	<i>American Thoracic Society</i>
<b>AVD</b>	Atividade de Vida Diária
<b>CI</b>	Capacidade inspiratória
<b>COPD</b>	Chronic obstructive pulmonary disease
<b>DMI</b>	Diferença Mínima Importante
<b>DMCI</b>	Diferença Mínima Clinicamente Importante
<b>DPOC</b>	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
<b>ECA</b>	Ensaio Controlado Aleatorizado
<b>FC</b>	Frequência Cardíaca
<b>FCR</b>	Frequência Cardíaca de Reserva
<b>FCMax</b>	Frequência Cardíaca Máxima
<b>FR</b>	Frequência Respiratória
<b>GC</b>	Grupo Controle
<b>GI</b>	Grupo Intervenção
<b>H</b>	Homens
<b>HD</b>	Hiperinsuflação Dinâmica
<b>HP</b>	Hiperinsuflação Pulmonar
<b>IPAQ</b>	Questionário Internacional de Atividade Física
<b>M</b>	Mulheres
<b>MMII</b>	Membros inferiores
<b>MMSS</b>	Membros superiores
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>6-PBRT</b>	six minute Pegboard and ring test
<b>VCO<sub>2</sub></b>	Produção de Dióxido de Carbono
<b>PSE</b>	Percepção Subjetiva de Esforço
<b>PA</b>	Pressão Arterial
<b>QV</b>	Qualidade de Vida
<b>RCT</b>	Randomized controlled trial

<b>RER</b>	<i>Respiratory Exchange Ratio</i>
<b>RM</b>	Repetição máxima
<b>RP</b>	Reabilitação Pulmonar
<b>RPE</b>	Escala de Percepção subjetiva de esforço
<b>SGRQ</b>	<i>Saint George's Respiratory Questionnaire</i>
<b>SPO<sub>2</sub></b>	Saturação Periférica de Oxigênio
<b>TECP</b>	Teste de esforço cardiopulmonar
<b>TCC</b>	Teste de Carga Constante
<b>TEI</b>	Teste de Exercício Incremental
<b>TGlittre</b>	Teste Glittre
<b>Tlim</b>	Limite de Tolerância
<b>UULEX</b>	Unsupported Upper-Limb Exercise Test
<b>VEF<sub>1</sub></b>	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
<b>VEF<sub>1</sub>/CVF</b>	Relação volume expiratório forçado no primeiro segundo pela capacidade vital forçada
<b>VO<sub>2</sub></b>	Consumo de Oxigênio
<b>VO<sub>2max</sub></b>	Consumo Máximo de Oxigênio

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1. A DPOC e suas manifestações clínicas .....	15
1.2. Função dos membros superiores e a DPOC.....	16
1.3. Métodos de avaliação dos membros superiores em pacientes com DPOC.....	17
1.4. Treinamento de <i>endurance</i> dos membros superiores com cicloergômetro de braço em pacientes com DPOC .....	18
1.4.1. Cicloergômetro de braço.....	19
1.4.2. Protocolos de treinamento de <i>endurance</i> de MMSS.....	20
1.5. Justificativa do estudo.....	22
1.6. Referências Bibliográficas .....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
<b>2. ARTIGO 1.....</b>	<b>27</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	29
2.2. METODOLOGIA .....	30
2.2.1. Adaptação do Cicloergômetro de MMSS .....	30
2.2.2. Delineamento.....	32
2.2.3. Procedimentos específicos.....	33
2.2.4. Análise estatística.....	35
2.3. RESULTADOS.....	35
2.4. DISCUSSÃO .....	37
2.5. CONCLUSÃO .....	39
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
<b>3. ARTIGO 2.....</b>	<b>43</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	45
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.2.1. Delineamento do estudo.....	47
3.2.2. Cicloergômetro.....	48
3.2.3. Avaliações .....	49
3.2.4. Alocação .....	53
3.2.5. Protocolo de treinamento.....	53

<b>3.2.6. Desfechos .....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.7. Análise Estatística.....</b>	<b>54</b>
<b>3.3. RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
<b>3.4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>3.4.1. FATORES LIMITANTES.....</b>	<b>59</b>
<b>3.5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>60</b>
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

### 1.1. A DPOC e suas manifestações clínicas

Os sintomas da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) não estão limitados apenas ao sítio pulmonar, mas podem desencadear manifestações sistêmicas graves como o acometimento do sistema cardiovascular, perda de peso, disfunção muscular esquelética, câncer pulmonar e outros<sup>(1)</sup>.

A função pulmonar deficitária<sup>(2)</sup> promove piora da dispneia e limita a capacidade funcional o que acomete negativamente a Qualidade de Vida (QV) destes pacientes<sup>(3)</sup>.

A capacidade funcional reduzida ocasiona o surgimento da intolerância ao exercício que é resultante de uma série de alterações na estrutura, função e metabolismo bioenergético muscular. Essa série de alterações são denominadas de disfunção muscular esquelética, que cursa com diminuição da massa muscular, da capilaridade muscular e da capacidade de geração de força e *endurance* além de alteração no tamanho e tipo de fibras<sup>(4)</sup>.

A disfunção muscular esquelética e a consequente capacidade funcional reduzida são observadas primeiramente ao realizar uma caminhada acelerada ou subir escadas. A posteriori com o agravamento do quadro a incapacidade acomete a realização das Atividades de Vida Diária (AVD) como atividades de auto-cuidado, preparo de alimentos e transportar objetos<sup>(5)</sup> levando à intolerância ao exercício<sup>(6)</sup>.

Frequentemente é possível observar um círculo vicioso entre o descondicionamento físico e a intolerância ao exercício. O estilo de vida sedentário que favorece o aumento do desconforto respiratório durante exercício, característico da DPOC, contribui para redução da atividade física, que por sua vez aumenta ainda mais o desconforto respiratório durante atividades físicas<sup>(7)</sup>.

O desconforto respiratório durante atividades físicas é originado do comprometimento ventilatório e da mecânica respiratória deficiente. Pacientes com DPOC apresentam aumento do volume residual de repouso com diminuição da capacidade inspiratória (CI), caracterizando o aprisionamento

aéreo provocado pela obstrução aérea, hiperinsuflação pulmonar (HP), o que limita as alterações de volumes demandadas pelo exercício<sup>(8)</sup>.

## **1.2. Função dos membros superiores e a DPOC**

A intolerância ao exercício pode acometer diferentemente membros superiores (MMSS) e membros inferiores (MMII), o que pode ser explicado pela teoria compartimental, em que há maior preservação da funcionalidade de músculos dos MMSS, quando comparado aos de MMII. A função dos músculos dos MMSS é relativamente preservada por serem mais frequentemente empregados em AVD rotineiras, inclusive de higiene pessoal ou ao envolvimento de alguns destes músculos no trabalho respiratório<sup>(4)</sup>.

Apesar da relativa preservação da função dos músculos dos MMSS, é comum a queixa de dispneia por parte de pacientes com DPOC ao realizar atividades com o membro sem apoio, ou seja, à altura ou acima dos ombros sem apoio, como em atividades de auto-cuidado, dentre elas escovar os dentes ou pentear o cabelo<sup>(9)</sup>.

Estas atividades de MMSS frequentemente estão associadas à dispneia intensa porque os músculos envolvidos na movimentação dos MMSS também agem como acessórios da respiração. Quando estes músculos estão envolvidos na movimentação dos MMSS tem sua contribuição na respiração diminuída, resultando em maior trabalho para o diafragma<sup>(10)</sup>.

O diafragma sobrecarregado mantém a ventilação, porém, essa é ineficaz<sup>(11)</sup>, podendo resultar em incoordenação dos músculos respiratórios e dissincronia toracoabdominal<sup>(10)</sup>, ou disfunção neuromecânica, e alteração dos volumes pulmonares<sup>(2)</sup>, caracterizando assim a disfunção neuromecânica.

A disfunção neuromecânica é caracterizada pela ineficácia dos músculos respiratórios em estabilizar a caixa torácica durante atividades que envolvam os MMSS e promover adequada alteração dos volumes ventilatórios, para aumento do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) necessário para a realização de exercícios<sup>(12)</sup>, o que piora a performance no desempenho de tarefas com os MMSS<sup>(10)</sup>.

A intolerância ao exercício físico experimentada por estes pacientes limita, em muito, a independência, sendo usualmente objeto de estudo, prevenção e tratamento.

### **1.3. Métodos de avaliação dos membros superiores em pacientes com DPOC**

Há diversas formas de avaliar os MMSS, o teste *6-minute Pegboard and Ring Test* (6-PBRT) avalia a resistência e função dos MMSS, consiste em mover anéis de 2,5 gramas entre dois pinos localizados um à altura do ombro e o outro, 20 centímetros acima, fazendo com que o indivíduo eleve o membro à altura da cabeça<sup>(13)</sup>. Este é um teste válido para avaliar a capacidade de exercício dos MMSS por possuir alta correlação com a gravidade da limitação ao fluxo aéreo<sup>(14)</sup>.

Outro teste que avalia a resistência e funcionalidade além da capacidade máxima de exercício dos MMSS é o *Unsupported Upper-Limb Exercise Test* (UULEX)<sup>(15)</sup>. Trata-se de um teste que avalia o pico de capacidade de exercício dos MMSS sem apoio, portanto é um teste incremental, padronizado, sintoma limitado. Neste teste o avaliando sentado realiza movimentos com os MMSS sem apoio elevando uma barra pesando 0,2 kg entre oito faixas, distantes cinco centímetros umas das outras com 8 cm de largura, começando à altura do joelho. O paciente deve realizar o movimento de elevação no ritmo de 30 batidas por minuto controlada por metrônomo durante um minuto dentro da faixa, até atingir o nível máximo superior localizado à 120 cm de altura. Ao atingir a altura vertical máxima a barra é trocada por uma de 0,5 kg e reinicia o teste e assim por diante até o máximo de 2kg. Este teste já possui validação para avaliação da capacidade de exercício de MMSS de pacientes com DPOC<sup>(16)</sup>.

Ainda para avaliar a capacidade pico de exercício de MMSS temos o teste baseado na *Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva* (FNP), neste teste o paciente realiza movimentos diagonais dos MMSS no ritmo de 20 batidas por minuto com pesos livre de 0,25kg, alternando os braços até a exaustão ou até a compensação corporal, os pesos progridem em 0,25kg à cada um ou dois minutos. O teste de exercício baseado na FNP envolve mais musculaturas que

o teste UULEX e o 6-PBRT, mas ainda não foi validado para indivíduos saudáveis ou DPOC<sup>(14)</sup>.

Para avaliar a função dos MMSS existem os testes baseados em Atividade de Vida Diária (AVD), estes testes consistem em mimetizar atividades cotidianas como lavar louça, guardar compras de mercado nos armários, escrever e apagar lousa. Neste teste o indivíduo deve realizar as atividades o mais rápido que conseguir<sup>(14)</sup>.

A ergometria de MMSS é usada para avaliar a capacidade pico de exercício ou a capacidade de endurance durante exercício de MMSS com apoio. Realizada em um cicloergômetro de MMSS à cadência de 40 a 70 rpm e com incremento de carga variando entre 2,5W até 15W à cada 1 ou 2 minutos até a exaustão. A ergometria de braço parece ser mais apropriada para obter respostas cardiorrespiratórias máximas, já que tem sido demonstrado maior consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub> pico) e maior volume minuto no pico do exercício<sup>(17)</sup>.

#### **1.4. Treinamento de *endurance* dos membros superiores com cicloergômetro de braço em pacientes com DPOC**

Para os pacientes que apresentam redução da capacidade de exercício faz parte do programa de reabilitação pulmonar (RP), o treinamento de MMSS e MMII, sendo os membros superiores treinados de duas maneiras, com a extremidade distal do membro livre, utilizando pesos ou não, caracterizando o treinamento sem apoio de MMSS, ou com cicloergômetro de braço em que a extremidade distal está apoiada<sup>(18)</sup>, denominado treinamento com apoio de MMSS.

No entanto, o treinamento de MMSS nem sempre é tolerado, principalmente por aqueles que apresentam grave hiperinsuflação<sup>(19)</sup> ou por ser treinado sem apoio dos MMSS<sup>(20)</sup>.

O treinamento de *endurance* é indicado em todos os estágios da DPOC, seja como prevenção de limitações futuras ou para minimizar restrições relacionadas as AVD e atividades físicas, visando melhora da capacidade de

exercício afim de tornar pacientes com DPOC aptos para realizar atividades cotidianas<sup>(21)</sup>.

O cicloergômetro, assim como outras modalidades aeróbicas como esteira ergométrica e caminhadas<sup>(22)</sup>, é utilizado para promover adaptações aeróbicas locais como proliferação de mitocôndrias nos músculos treinados, melhora da perfusão por aumentar a capilaridade e taxa de mioglobina, modificação na proporção de fibras musculares, aumento das fibras tipo I e diminuição das fibras tipo IIb, além da conversão de fibras rápidas (tipo II) com pouca resistência à fadiga, em lentas (tipo I), de alta resistência à fadiga, complementado por aumento da função cardíaca e fornecimento de oxigênio<sup>(4)</sup>.

O exercício de membro superior sem apoio para paciente com DPOC é mais desconfortável, pois exige atuação da musculatura do cingulo superior na ação de mover o membro e na respiração, sobrecarregando a musculatura respiratória que devido à HP está em desvantagem mecânica. O treinamento com apoio é melhor tolerado e pode ser uma alternativa para o treinamento de MMSS nestes pacientes<sup>(20)</sup>.

O treinamento de MMSS em cicloergômetro de braço permite, ao manter a extremidade distal do membro apoiado, que a musculatura da cintura escapular possa auxiliar na respiração, prolongando a duração do exercício e retardando o surgimento da dispneia<sup>(23)</sup>. Apesar dos benefícios como a melhora da tolerância ao exercício, da QV e redução da dispneia, este método tem sido preterido ao treinamento sem apoio, por este último ter a prerrogativa de se assemelhar às atividades de auto-cuidado<sup>(14)</sup> e também porque o cicloergômetro de MMSS adequado para o treinamento é de alto custo e, geralmente, indisponível na maioria dos locais de reabilitação.

#### **1.4.1. Cicloergômetro de braço**

Os cicloergômetros de braço geralmente são usados em estudos como uma alternativa ao teste ergométrico de membro inferior ou para realizar treinamento aeróbio e podem ser especificamente elaborados para este fim ou adaptado de bicicletas ergométricas. Os cicloergômetros de braço se dividem em dois tipos principais: os de frenagem mecânica e os de frenagem

eletromagnética. O sistema de frenagem é uma forma de aplicar resistência ao movimento e conseqüentemente aplicar carga<sup>(24)</sup>.

Os cicloergômetros de braço com frenagem mecânica tem menor custo, no entanto, para manter a carga é necessário a manutenção da velocidade de giros (cadência), o que não é exigência no sistema de frenagem eletromagnética que adapta a resistência de acordo com a velocidade empregada. Porém, estes com frenagem eletromagnética são mais onerosos<sup>(24)</sup>. Para ser caracterizado como cicloergômetro é necessário que haja a quantificação da carga aplicada pelo sistema de frenagem, o que não é observado em alguns ergômetros ou nas adaptações a partir de bicicletas<sup>(25)</sup>.

Para ser utilizado como ferramenta de treinamento e avaliação o cicloergômetro deve permitir implemento e verificação da carga e acompanhamento da cadência desempenhada. A falta da mensuração de carga em alguns cicloergômetros dificulta a disseminação do conhecimento e uso do cicloergômetro, já que se torna impossível a reprodutibilidade de estudos sem a delimitação de parâmetros como a intensidade do trabalho<sup>(25)</sup>.

#### **1.4.2. Protocolos de treinamento de *endurance* de MMSS**

O treinamento de MS em pacientes com DPOC tem se mostrado eficaz na promoção do aumento da capacidade de trabalho, supõe-se que seja pelo processo de dessensibilização da dispneia, melhor coordenação muscular e adaptações metabólicas ao exercício<sup>(26)</sup>.

Há inúmeros benefícios relatados na literatura do treinamento com cicloergômetro de braço para pacientes com DPOC, no entanto, ocorre grande variabilidade nos critérios utilizados na delimitação da duração da sessão e do protocolo, intensidade e parâmetros para determinar a carga a ser oferecida, dificultando a reprodutibilidade e aplicação na prática clínica<sup>(27-30)</sup>.

Lake e cols<sup>(27)</sup> realizaram o treinamento por 8 semanas, com três sessões de 20 minutos na semana e encontraram aumento na carga de trabalho máxima no grupo intervenção. Martinez e cols<sup>(28)</sup> usaram um Teste de Exercício Incremental (TEI) e a escala de Borg entre 12 a 14, para delimitar a carga de treinamento, com a frequência e duração da sessão igual à de Lake e

cols<sup>(27)</sup> mas o protocolo durou 10 semanas e também observaram melhora da carga de trabalho de MMSS.

Diferentemente Porta e cols<sup>(29)</sup> realizaram o protocolo de 15 dias, todos os dias por 20 minutos ou limitado pela sintomatologia e do mesmo modo que os estudos citados anteriormente observaram melhora significativa da carga máxima de trabalho. Pothirat<sup>(30)</sup> delimitou a carga de acordo com a Frequência Cardíaca de Reserva (FCR), duas vezes na semana por oito semanas alcançando aumento da força muscular periférica, capacidade de exercício, melhora da dispneia e qualidade de vida.

Outro método para delimitação da carga de treinamento de MMSS foi empregado por Panton e cols<sup>(31)</sup> que trabalharam com a maior intensidade alcançada sem sinais cardíacos e dessaturação, realizando o protocolo duas vezes por semana, por 30 minutos, sem progressão da carga.

McKeough e cols<sup>(32)</sup> utilizaram uma bicicleta com frenagem elétrica adaptada a uma mesa para o treinamento de MMSS, para delimitação da carga realizaram um TEI máximo sintoma limitado e usaram 60% da taxa de trabalho máximo para o treinamento. O protocolo constou de 16 sessões de 15 minutos contínuos ou intermitente, três vezes por semana e para progredir a carga usaram a Escala de Borg modificada, com ajuste da carga sempre que o Borg modificado fosse menor que três.

Os parâmetros mais utilizados no treinamento de MMSS com cicloergômetro são TEI sintoma limitado para definição da carga de treinamento, usando 60% da taxa de trabalho máximo encontrado no TEI máximo durante as sessões<sup>(28,32-35)</sup>. A percepção de esforço por meio da Escala de Borg modificada também foi utilizada como ferramenta para delimitação da carga<sup>(28,31-33,35)</sup>. Três vezes por semana<sup>(27,32,34-36)</sup> e oito semanas<sup>(27,34,36)</sup> de treino foi a frequência e a duração do treino, respectivamente, mais comumente observada nos estudos. A duração de cada sessão variou consideravelmente, desde 15 minutos intermitente até a fadiga ou sintoma limitado, mas os intervalos de treino mais citados foram de 15 minutos<sup>(28,32)</sup>, 20 minutos<sup>(27,35)</sup> e 30 minutos<sup>(31)</sup>.

### 1.5. Justificativa do estudo

O paciente com DPOC tem grande gasto energético para realização da AVD e como parte da RP é recomendado que se empregue técnicas de conservação de energia afim de reduzir a sensação de dispneia e aumentar a performance funcional e qualidade de vida. Um dos princípios das técnicas de conservação de energia é que a atividade seja realizada com o menor gasto energético possível, e dentre estas técnicas está a adaptação do gesto motor e da AVD, como por exemplo a execução de AVD em posição sentada e MMSS apoiados<sup>(9)</sup>.

Outra forma de empregar técnicas de conservação de energia é o treinamento de MMSS em cicloergômetro, já que durante o treinamento os MMSS estão apoiados, o que permite que a musculatura da cintura escapular possa auxiliar na respiração aumentando a tolerância ao exercício e retardando o surgimento da dispneia<sup>(9)</sup>.

O treinamento em cicloergômetro pode ter uma característica transitória entre o sedentarismo e a prática regular de atividade física, rompendo assim com o círculo vicioso de descondicionamento físico, sendo um elo entre a intolerância ao exercício e o treinamento sem apoio. Pacientes com DPOC e incapacidade funcional podem ter maior tolerância ao treinamento sem apoio ao realizarem um período de adaptação com o treinamento de MMSS em cicloergômetro, reconquistando assim sua independência.

No entanto, há dificuldade quanto à sua utilização, já que cicloergômetros com as características necessárias (mensuração da carga e da cadência, e regulagem de altura) para a aplicação do treinamento com apoio de MMSS são de alto custo e geralmente inacessíveis para clínicas e pacientes. Portanto, esse estudo objetiva propor um cicloergômetro adaptado para MMSS (artigo 1) e verificar os efeitos do seu uso no treinamento de MMSS de pacientes com DPOC moderada a grave (artigo 2).

## 1.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, Zu Wallack R, Nici L, Rochester C, et al. Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation: An official American thoracic society and European respiratory society statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;188(8):13–64.
2. Carter R, Holiday DB, Stocks J, Tjep B. Peak physiologic responses to arm and leg ergometry in male and female patients with airflow obstruction. *Chest* 2003;124(2):511–8.
3. Kourlaba G, Hillas G, Vassilakopoulos T, Maniadas N. The disease burden of chronic obstructive pulmonary disease in Greece. *Int. J. COPD* 2016;11:2179–89.
4. Casaburi R, Gosselink R, Decramer M, Dekhuijzen R, Fournier M. Skeletal Muscle Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:S1–40.
5. Janaudis-Ferreira T, Hill K, Goldstein RS, Robles-Ribeiro P, Beauchamp MK, Dolmage TE, et al. Resistance arm training in patients with COPD: A randomized controlled trial. *Chest* 2011;139(1):151–8.
6. Guenette JA, Webb KA, O'Donnell DE. Does dynamic hyperinflation contribute to dyspnoea during exercise in patients with COPD? *Eur. Respir. J.* 2012;40(2):322–9.
7. Gea J, Agustí A, Roca J. Pathophysiology of muscle dysfunction in COPD. *Jour. Appl. Physiol.* 2013;114(9):1222–34.
8. Belfer MH, Reardon JZ. Improving exercise tolerance and quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Am Osteopat. Assoc* 2009;109(5):268–78; quiz 280–1.
9. Velloso M, Jardim J. Funcionalidade do paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica e técnicas de conservação de energia. *Functionality of patients with chronic obstructive pulmonary disease: energy conservation*

- techniques. *J. Bras. Pneumol.* [Internet] 2006;32(6):580–6. Available from: [http://www.jornaldepneumologia.com.br/sitetemporario/trocald idioma.asp?varIdioma=english&varPagina=detalhe\\_artigo.asp?id=1071](http://www.jornaldepneumologia.com.br/sitetemporario/trocald idioma.asp?varIdioma=english&varPagina=detalhe_artigo.asp?id=1071)
10. Souza LM, Dal Corso S. RELAÇÃO ENTRE ESTRUTURA E FUNÇÃO MUSCULAR DE MEMBROS SUPERIORES EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA. 2011;
  11. Costi S, Crisafulli E, Degli Antoni F, Beneventi C, Fabbri LM, Clini EM. Effects of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD: A randomized clinical trial. *Chest* 2009;136(2):387–95.
  12. Miranda EF, Malaguti C, Corso SD. Disfunção muscular periférica em DPOC: membros inferiores versus membros superiores. *J. Bras. Pneumol.* 2011;37(3):380–8.
  13. Skumlien S, Hagelund T, Bjørtuft Ø, Ryg MS. A field test of functional status as performance of activities of daily living in COPD patients. *Respir. Med.* 2006;100(2):316–23.
  14. Janaudis-Ferreira T, Beauchamp MK, Goldstein RS, Brooks D. How should we measure arm exercise capacity in patients with COPD? A systematic review. *Chest* 2012;141(1):111–20.
  15. Takahashi T, Jenkins SC, Strauss GR, Watson CP, Lake FR. A new unsupported upper limb exercise test for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J. Cardiopulm Rehabil* 2003;23(6):430–7.
  16. Lima VP, Velloso M, Pessoa BP, Almeida FD, Ribeiro-samora GA, Janaudis-Ferreira T. Valores normativos para o teste Unsupported Upper Limb Exercise para adultos saudáveis no Brasil. *J. Bras. Pneumol.* [Internet] 2020;46(1):1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-3713/e20180267>
  17. Haddad S. Ergometria de membros superiores. Um método importante na avaliação cardiocirculatória ao exercício. *Arq. Bras. Cardiol.* 1997;69(3):189–93.
  18. Janaudis-Ferreira T, Hill K, Goldstein RS, Wadell K, Brooks D. Arm

- Exercise Training in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *J. Cardiop. Rehabil. Prev.* 2009;29(5):277–83.
19. Criner GJ, Celli BR. Effect of unsupported arm exercise on ventilatory muscle recruitment in patients with severe chronic airflow obstruction. *Am. Revi. Respir. Dis.* 1988;138(4):856–61.
  20. Janaudis-ferreira T. Strategies for exercise assessment and training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. [Internet]. 2010;(1360). Available from: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:345134/FULLTEXT01.pdf>
  21. Langer D, Probst V, Pitta F, Burtin C, Hendriks E, Schans C, et al. Guia Para Prática Clínica: Fisioterapia Em Pacientes Com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (Dpoc). *Rev. Bras. Fisioter.* 2009;13(3):183–204.
  22. Dourado VZ, Godoy I. Recondicionamento muscular na DPOC: Principais intervenções e novas tendências. *Rev. Bras. Med. do Esporte* 2004;10(4):331–8.
  23. Kathiresan G, Jeyaraman SK, Jaganathan J. Effect of upper extremity exercise in people with COPD. *J. Thorac. Dis.* 2010;2(4):223–36.
  24. Novais DV. Projeto e construção de um ergômetro para cadeirantes. 2010;
  25. Silva RAS. Construção e calibração de uma bicicleta de ciclismo indoor com graduação de carga. *Rev. Brasi. Cineantrop. Desemp. Hum.* 2006;8(2):85–91.
  26. Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW, Casaburi R, Emery CF, Mahler DA, et al. Pulmonary rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR evidence-based guidelines. *Chest* 2007;131(5):4S-42S.
  27. Lake F, Henderson K, Briffa T, Openshaw J. Upper-limb and lower-limb exercise training in patients with chronic airflow obstruction. *Chest* 1990;97(5):1077–82.
  28. Martinez FJ, Vogel PD, Dupont DN, Stanopoulos I, Gray A. Supported arm exercise vs unsupported arm exercise in the rehabilitation of patients

- with severe chronic airflow obstruction. *Chest* 1993;103(5):1397–402.
29. Porta R, Vitacca M, Gile LS. Supported Arm Training in Patients Recently Weaned From Mechanical Ventilation. *Chest* 2005;128(4):2511–20.
  30. Pothirat C, Chaiwong W, Phetsuk N, Liwsrisakun C, Bumroongkit C, Deesomchok A, et al. Long-term efficacy of intensive cycle ergometer exercise training program for advanced COPD patients. *Int. J. COPD* 2015;10:133–44.
  31. Panton L, Golden J, Broeder C, Browder K. The effects of resistance training on functional outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2004;91(4):443–9.
  32. McKeough ZJ, Bye PTP, Alison JA. Arm exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial. *Chron. Respir. Dis.* 2012;9(3):153–62.
  33. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, et al. Arm Exercise and Hyperinflation in Patients With COPD: effect of arm training. *Chest* 2005;128(3):1225–32.
  34. Couser JI, Martinez FJ, Celli BR. Pulmonary rehabilitation that includes arm exercise reduces metabolic and ventilatory requirements for simple arm elevation. *Chest* 1993;103(1):37–41.
  35. O'Donnell DE, Guire MMC, Samis L, Webb KA, O'Donnell DE, McGuire M, et al. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157(5 Pt 1):1489–97.
  36. Wadell K, Webb KA, Preston ME, Amornputtisathaporn N, Samis L, Patelli J, et al. Impact of pulmonary rehabilitation on the major dimensions of dyspnea in COPD. *COPD J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 2013;10(4):425–35.

## 2. ARTIGO 1

### **Proposta de cicloergômetro de membro superior para avaliação da capacidade funcional de pacientes com DPOC.**

Luana Aparecida Vieira Gonzaga<sup>a</sup>, Carolina Moraes da Costa Munno<sup>a</sup>, Luiz Henrique Pessoa da Costa Trondoli<sup>b</sup>, Maurício Jamami<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

<sup>b</sup>Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

Correspondence address: Luana Aparecida Vieira Gonzaga. Laboratory of Spirometry and Respiratory Physiotherapy (Department of Physical Therapy). Federal University of São Carlos. Highway Washington Luiz, Km 235, CEP: 13565-905, São Carlos / SP, Brazil. Phone: +55 16 3351-8343. E-mail: [professoraluanafisio@gmail.com](mailto:professoraluanafisio@gmail.com)

## RESUMO

**Introdução:** Avaliação e melhora da capacidade funcional é uma constante preocupação no tratamento de pacientes com DPOC. O exercício de membros superiores (MMSS) quando realizado em cicloergômetro costuma ser mais tolerado por esses pacientes por apresentar-se com apoio dos membros. Entretanto, a indisponibilidade no mercado de cicloergômetro adequado e com custo acessível dificulta sua utilização na prática clínica e limita a terapêutica de pacientes com DPOC, principalmente na sua forma grave. **Objetivo:** Propor adequação em cicloergômetro doméstico para disponibilizar os parâmetros necessários ao exercício e avaliação de MMSS de forma mais confiável. **Métodos:** Para adaptação do cicloergômetro foi utilizada a Mini Bike PRO E13 da Acte Sports® fixada a uma mesa com ajuste de altura acrescido de um torquímetro na manivela direita e um sensor de cadência na mesa. O estudo contou com a participação de pacientes de ambos os gêneros, com diagnóstico clínico e espirométrico de DPOC que foram submetidos a um Teste de Exercício Incremental no cicloergômetro adaptado até a exaustão. **Resultados:** Foram avaliados 13 indivíduos com DPOC ( $VEF_1/CVF$ :  $0,50 \pm 3,4$ ),  $67 \pm 3$  anos, IMC  $24 \pm 4,14$ , irregularmente ativos e ativos. O Teste de Exercício Incremental (TEI) durou em média 9 minutos, atingindo carga máxima em média de 4,5 N.m, com  $VO_2$ máx alcançado de  $0,80 \pm 0,25$  l/min, equivalendo a  $36 \pm 12\%$  do previsto. **Conclusão:** O equipamento foi capaz de avaliar a capacidade funcional ao reproduzir um TEI submáximo em pacientes com DPOC.

**PALAVRAS-CHAVE:** exercício de extremidade superior, capacidade funcional, doença pulmonar obstrutiva crônica, teste de exercício.

## ABSTRACT:

**Introduction:** Evaluation and improvement of functional capacity is a constant concern in the treatment of patients with COPD. The upper limbs exercise when performed on a cycle ergometer is usually more tolerated by these patients because it presents with support from the limbs. However, the unavailability on the market of an adequate and affordable cycle ergometer makes it difficult to use in clinical practice and limits the treatment of patients with COPD, especially in its severe form. **Objective:** To propose adequacy in a domestic cycle ergometer to provide the parameters necessary for exercise and evaluation of upper limbs in a more reliable way. **Methods:** To adapt the cycle ergometer, the Mini Bike PRO E13 from Acte Sports® was attached to a table with height adjustment plus a torque wrench on the right crank and a cadence sensor on the table. The study included the participation of patients of both genders, with a clinical and spirometric diagnosis of COPD who underwent an Incremental Exercise Test (IET) on the cycle ergometer adapted until exhaustion. **Results:** We evaluated 13 individuals with COPD ( $FEV_1 / FVC$ :  $0.50 \pm 3.4$ ),  $67 \pm 3$  years, BMI  $24 \pm 4.14$ , irregularly active and active. The IET

lasted an average of 9 minutes, reaching a maximum load of 4.5 N.m on average, with VO<sub>2</sub>max reached  $0.80 \pm 0.25$  l/min, equivalent to  $36 \pm 12\%$  of the predicted. **Conclusion:** The equipment was able to assess functional capacity when reproducing a submaximal IET in patients with COPD.

**Keywords:** upper extremity exercise, functional capacity, pulmonary disease chronic obstructive, exercise test.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A avaliação e treinamento muscular periférico é recomendação frequente de diretrizes para reabilitação pulmonar, visando redução dos efeitos negativos da intolerância ao exercício<sup>(37)</sup>. A Sociedade Torácica Americana<sup>(1)</sup> mostra evidências de que o exercício de membros superiores (MMSS) aumenta a capacidade funcional em pacientes com DPOC, tendo recomendação grau A1 de acordo com o consenso de Reabilitação Pulmonar<sup>(37)</sup>. Porém, o treinamento dos MMSS mais frequentemente utilizado é o treinamento com os MMSS sem apoio, ou seja, com a extremidade do membro livre, como o treino com pesos livres.

O treinamento com apoio de MMSS permite que a musculatura da cintura escapular possa auxiliar na respiração, prolongando a duração do exercício e retardando o surgimento da dispneia<sup>(23)</sup>. Apesar dos benefícios como a melhora da tolerância ao exercício, da QV e redução da dispneia, este método tem sido preterido ao treinamento sem apoio, sob a prerrogativa de que este último se assemelha às atividades de auto-cuidado<sup>(14)</sup>, e devido à falta de ergômetros de MMSS com parâmetros de treino confiáveis e acessíveis no mercado.

O treinamento de MMSS com apoio é realizado em cicloergômetro de MMSS e para isso o cicloergômetro deve permitir a monitorização da cadência, aplicação de carga e ajuste da altura do equipamento de modo que a manivela seja posicionada à altura do ombro. Poucos são os cicloergômetros disponíveis no mercado com tais características, e os que as possuem são onerosos, fazendo com que sejam empregados principalmente em ambiente acadêmico e laboratórios de pesquisa.

Um cicloergômetro com as características necessárias para avaliação e treinamento eficientes e de baixo custo, poderia difundir o emprego deste método de treinamento e ser uma alternativa para a melhora da capacidade funcional de pacientes com DPOC, principalmente os mais graves e com hiperinsuflação pulmonar, que não toleram o treinamento sem apoio de MMSS ou mesmo outros métodos de treinamento.

Focando nesta demanda, objetivamos propor adaptações (monitorização da cadência, mensuração da carga e ajuste de altura) em cicloergômetro doméstico para ser utilizado como cicloergômetro de MMSS, como forma de possibilitar a avaliação da capacidade funcional ao reproduzir um Teste de Exercício Cardiopulmonar (TECP).

## **2.2. METODOLOGIA**

### **2.2.1. Adaptação do Cicloergômetro de MMSS**

Para construção do cicloergômetro foi utilizada a Mini Bike PRO E13 da Acte Sports® (figuras 1a e 1b) que pode ser empregada como cicloergômetro de membro superior ou inferior. Este cicloergômetro misto possui sistema de frenagem mecânica, acionada manualmente, que consiste na aplicação de resistência ao eixo de movimento das manivelas por meio de uma fita de frenagem. O ajuste manual de carga é realizado por um botão rotativo que ao ser girado no sentido horário traciona uma placa em que a fita de frenagem está inserida aumentando a tensão da fita e impondo maior resistência ao movimento.

Para ser utilizado como cicloergômetro de MMSS a mini bike foi fixada, por meio de abraçadeiras de nylon, à uma mesa com ajuste de altura para que o eixo da manivela ficasse à altura dos ombros do indivíduo, conforme os cicloergômetros convencionais. A mesa permite regulagem de altura de 3 em 3 cm, sendo a altura mínima de 76 cm e máxima de 125 cm.



Figura 1a. Mini Bike Original

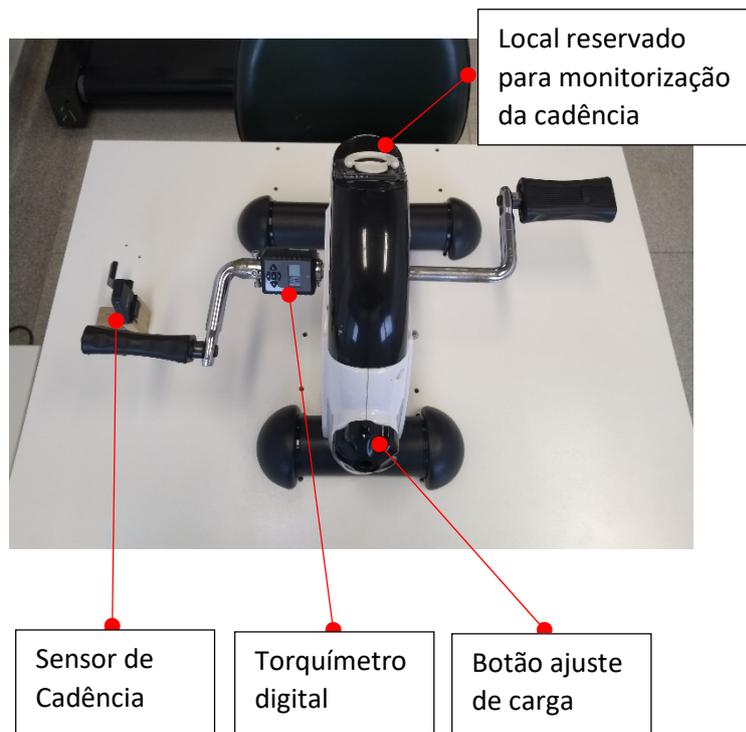


Figura 1b. Mini Bike com adaptações.

Para verificação da carga empregada foi inserido um torquímetro digital na manivela direita do cicloergômetro, que quantifica em Newton Metro (N.m) a força executada para criar um movimento rotacional, neste caso, ele mede a força exercida (N.m) na manivela para mover a roda do cicloergômetro.

Para a inserção do torquímetro foi escolhida a manivela direita, considerando-se que a maior parte da população é destra o que pode influenciar no desempenho de maior força neste lado. Porém, o cicloergômetro foi instalado no centro da mesa de modo a permitir o seu uso de ambos os lados da mesa, assim, um indivíduo canhoto pode utilizar o equipamento com o torquímetro no seu lado dominante. Para instalação do torquímetro digital foi realizado um corte na alavanca da manivela direita, resultando em aumento de 6 cm no comprimento da manivela com o acréscimo do torquímetro. A manivela esquerda também foi aumentada para ter o mesmo comprimento que a direita, resultando num aumento de 12 cm no comprimento total.

Este aumento do comprimento da manivela além de permitir a instalação do torquímetro no sistema, favoreceu a adoção de uma postura mais ergonômica já que originalmente a distância entre as manoplas direita e esquerda era de apenas 22 cm, fazendo com que o usuário mantivesse uma

postura de adução horizontal do ombro. Com a alteração os usuários mantêm o ombro em posição neutra.

A terapêutica usando cicloergômetro exige que além da carga empregada seja possível a verificação da cadência do movimento, ou seja, o número de rotações da manivela por minuto. Originalmente o cicloergômetro Mini Bike PRO E13 não fornece este parâmetro, para isso foi utilizado um Sensor de Cadência (Atrio ES056®). O sensor é composto por um ímã posicionado na manopla e um receptor instalado na mesa distante de 2 a 5 mm da manivela, e registra o número de vezes que a manopla passa por ele. O sensor transmite a cadência exercida via bluetooth para o aplicativo, fornecido juntamente com o sensor, instalado em smartphone que é disposto à frente do cicloergômetro para acompanhamento pelo voluntário.

### **2.2.2. Delineamento**

O presente estudo experimental e transversal foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (São Carlos, São Paulo, Brasil) com o número CAAE 92240418.0.0000.5504, todos os participantes assinaram o termo de consentimento.

Pacientes de ambos os gêneros foram recrutados do banco de dados do Laboratório de Pesquisa em Espirometria e Fisioterapia Respiratória da Universidade Federal de São Carlos e para serem incluídos no estudo deveriam ter diagnóstico clínico confirmado de DPOC por espirometria com  $VEF_1/CVF < 0,7$ , índice de massa corpórea (IMC)  $< 35 \text{ kg/m}^2$ , estabilidade clínica nos últimos 30 dias, ausência de doenças musculoesqueléticas de MMSS e doenças neurológicas com acometimento de MMSS.

Inicialmente os voluntários passaram por anamnese para caracterização, verificação dos critérios de inclusão, esclarecimento e assinatura do termo de consentimento. Posteriormente, os voluntários foram submetidos ao TEI e aplicação do questionário para avaliação do nível de Atividade Física (AF).

O cicloergômetro adaptado foi empregado como ergômetro num TECP para verificar sua efetividade como instrumento de avaliação do desempenho

físico e capacidade funcional de pacientes com DPOC. Para isso foi realizado o TEI sintoma limitado associado à análise de gases. Este teste é amplamente utilizado para avaliar o desempenho e a capacidade funcional, principalmente por meio da variável  $VO_2$ , que neste trabalho foi empregado como uma variável de desfecho.

### 2.2.3. Procedimentos específicos

Para caracterização da amostra os voluntários foram avaliados quanto à idade, gênero, gravidade da DPOC, massa corporal, estatura, IMC e nível de AF. A idade e gênero foram consultados no documento de identidade. Os voluntários foram classificados quanto à gravidade da DPOC em leve (I), moderado (II), grave (III) e muito grave (IV) conforme o consenso GOLD 2019 de acordo com o nível de obstrução ao fluxo aéreo medido pelo Volume Expirado Forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) após broncodilatador, obtido na espirometria.

A massa corporal e estatura foram verificados em balança mecânica Filizola® com estadiômetro acoplado, com precisão de 100 g e 1 cm. O IMC foi calculado dividindo-se a massa corporal (kg) pelo quadrado da estatura em metros (m): ( $IMC=Kg/m^2$ ) sendo classificados de acordo com a Organização Mundial de Saúde<sup>(38)</sup> em: baixo peso (<18,5), peso normal (18,5-24,9), sobrepeso (25,0-29,9), obesidade grau I (30,0-34,9), obesidade grau II (35,0-39,9) e obesidade grau III ( $\geq 40$ ).

O nível de AF foi avaliado por meio do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) que permite estimar o tempo semanal aplicado em atividades de intensidade moderada, vigorosa e em atividades passivas<sup>(39)</sup>, e classificar os avaliados como muito ativos, ativos, irregularmente ativos A e B e sedentários. O IPAQ foi validado para a população brasileira em 2001<sup>(40)</sup>, a sua versão curta é composta de sete questões abertas que levantam informações sobre o tempo realizando atividade física (caminhada e exercício físico de intensidade moderada e vigorosa) e de inatividade (posição sentada)<sup>(39)</sup>.

O TEI foi realizado para determinar a carga de trabalho pico. Previamente ao início do teste os indivíduos permaneceram três minutos em

repouso já com monitorização dos gases expirados, após esse período foi dado início ao teste com um período de três minutos de aquecimento com movimento sem carga, à cadência entre 60 e 70 rotações por minuto (rpm), e só então foram acrescentados 0,5 N.m por minuto até a exaustão voluntária<sup>(41)</sup>.

Durante o teste foram monitorados a escala de Borg modificada para dispneia e cansaço de MMSS, Frequência Cardíaca (FC), Saturação Periférica de Oxigênio (SpO<sub>2</sub>) e Pressão Arterial (PA)<sup>(35)</sup>. Essas medidas foram realizadas ao início (basal), durante o teste (a cada minuto), ao final do teste (pico) e recuperação (um, três e seis minutos após o fim do teste). Além das medidas citadas anteriormente, no TEI foi registrada a carga máxima (pico) alcançada em N.m.

Para assegurar que o indivíduo foi submetido a exercícios exaustivos foram observados os seguintes critérios: platô no VO<sub>2</sub> (aumento máximo de 150 mL.min<sup>-1</sup> ou 2 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), Frequência Cardíaca Máxima (FCmáx) ≥ 90% da prevista pela idade (220 - idade), conceito de esforço percebido ≥ 9, RER (*Respiratory Exchange Ratio*) ≥ 1,15 e fadiga voluntária máxima com incapacidade de manutenção do ritmo pré-estabelecido<sup>(42)</sup>.

Neste estudo a exaustão voluntária foi caracterizada como a incapacidade de manter a cadência estipulada (entre 60 e 70 rpm) por mais que 15 segundos consecutivos, sensação de dispneia, desconforto ou cansaço intoleráveis, FCmáx acima de 90% da prevista pela idade, SpO<sub>2</sub> menor que 80% ou a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) pela escala de Borg maior que nove<sup>(29)</sup>.

A análise de gases expirados foi utilizada para identificar alterações das variáveis metabólicas e ventilatórias durante o TEI utilizando o analisador de gases VO<sub>2000</sub> da MedGraphics® (St. Paul, MN, USA), com um pneumotacômetro bidirecional de baixo fluxo acoplado à máscara facial. A coleta foi realizada a partir da média a cada três respirações<sup>(43)</sup>. Antes de cada teste o equipamento foi calibrado conforme orientações do fabricante. Os dados utilizados para as análises foram a ventilação (VE), VO<sub>2</sub> e RER. Foram considerados para análise os valores obtidos nos últimos 30 segundos de cada estágio.

### 2.2.4. Análise estatística

Foi realizada análise descritiva dos dados com auxílio do programa estatístico IBM SPSS Statistics versão 22 (IBM Company, Estados Unidos). A normalidade foi testada pelo teste Shapiro-Wilk e as variáveis contínuas foram descritas com média  $\pm$  desvio-padrão, e as variáveis categóricas em valores absolutos (percentuais).

## 2.3. RESULTADOS

A amostra foi composta por 13 voluntários, todos com diagnóstico de DPOC com base em critérios clínicos e espirométricos. As características dos voluntários estão apresentados na tabela 1. As variáveis categóricas como Gênero, Gravidade da Doença, IMC e IPAQ estão apresentadas em valores absolutos e relativos. As demais variáveis estão apresentadas em média e desvio padrão.

**Tabela 1.** Caracterização da amostra

	<b>n=13</b>
<b>Idade (anos)</b>	67 $\pm$ 3,0
<b>Gênero</b>	9 H (69%) e 4 M (31%)
<b>VEF<sub>1</sub>/CVF (%)</b>	50 $\pm$ 3,4
<b>Gravidade da Doença</b>	
I (VEF <sub>1</sub> $\geq$ 80%)	1 (8%)
II (VEF <sub>1</sub> 50-80%)	6 (46%)
III (VEF <sub>1</sub> 30-50%)	3 (23%)
IV (VEF <sub>1</sub> <30%)	3 (23%)
<b>IMC</b>	24,15 $\pm$ 4,14
Baixo peso	1 (8%)
Peso normal	7 (54%)
Sobrepeso	3 (23%)
Obesidade Grau I	2 (15%)

Obesidade Grau II	0
Obesidade Grau III	0
<b>AF (IPAQ)</b>	
Muito ativo	0
Ativo	5 (38,5%)
Irregularmente Ativo A	3 (23,1%)
Irregularmente Ativo B	3 (23,1%)
Sedentário	2 (15,3%)

**VEF1:** Volume Expiratório Forçado no 1º segundo; **CVF:** Capacidade Vital Forçada; **IMC:** Índice de Massa Corporal; **IPAQ:** *International Physical Activity Questionnaire*; H: Homens; M: Mulheres; AF: Atividade Física.

Os resultados dos testes bem como as variáveis ergoespirométricas estão apresentados na tabela 2, nela é possível verificar que a RER, em média, ficou acima do estabelecido para um teste máximo.

**Tabela 2.** Variáveis ergoespirométricos do TEI.

<b>VO<sub>2</sub> – l/min</b>	0,80 ± 0,25
<b>VO<sub>2</sub> - previsto*</b>	2,31 ± 0,5
<b>VO<sub>2</sub> - % previsto*</b>	36 ± 12
<b>Carga TEI – N.m</b>	4,5 ± 0,28
<b>RER</b>	1,2 ± 0,21
<b>Duração TEI – min</b>	9 ± 0,91

**VO<sub>2</sub>:** Consumo de Oxigênio; **N.m:** Newton metro; **RER:** *Respiratory Exchange Ratio*; TEI: Teste de Exercício Incremental.

\*Equação de predição de VO<sub>2</sub> para população brasileira<sup>(44)</sup>.

Nenhum evento adverso foi registrado durante os testes, sendo que todos os TEI foram interrompidos por exaustão voluntária, por incapacidade de manter por mais de 15 segundos a cadência estabelecida. Como demonstrado na tabela 3.

**Tabela 3.** Descrição das variáveis fisiológicas, escala de Borg e carga final no TEI.

	FC inicial (bpm)	FC final (bpm)	PA inicial (mmHg)	PA final (mmHg)	SpO <sub>2</sub> inicial (%)	SpO <sub>2</sub> final (%)	Borg inicial	Borg final	Carga final (N.m)	VO <sub>2</sub> (L/min)
<b>Participante 1</b>	88	100	130/80	140/85	90	89	0	3	3,2	1,08
<b>Participante 2</b>	77	98	120/70	130/80	91	88	0	7	3,3	0,72
<b>Participante 3</b>	73	83	110/70	140/90	95	92	0	7	6,1	0,41
<b>Participante 4</b>	65	84	120/80	130/90	65	86	0	9	3,4	1,18
<b>Participante 5</b>	60	62	110/80	130/80	95	89	0	1	4,8	0,88
<b>Participante 6</b>	65	74	120/70	130/80	95	96	0,5	7	3,3	0,70
<b>Participante 7</b>	91	105	100/60	140/80	93	89	3	6	5	0,40
<b>Participante 8</b>	87	115	120/80	160/90	92	94	0	5	4,4	0,85
<b>Participante 9</b>	64	74	120/80	160/90	93	84	0	6	5,8	1,06
<b>Participante 10</b>	70	92	120/75	160/80	92	91	0	4	4,3	0,69
<b>Participante 11</b>	81	116	130/80	140/85	94	87	3	8	5,5	1,08
<b>Participante 12</b>	73	90	120/70	140/90	90	80	0	4	4,5	0,86
<b>Participante 13</b>	89	102	130/90	130/70	91	82	0	3	4,8	0,60

FC: Frequência Cardíaca; PA: Pressão Arterial; SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica de oxigênio; VO<sub>2</sub>: Consumo máximo de oxigênio; TEI: Teste de Exercício Incremental; bpm: batimento por minuto; mmHg: milímetros de mercúrio; N.m: Newtons-metro.

## 2.4. DISCUSSÃO

Os valores obtidos no TECP utilizando o cicloergômetro adaptado para MMSS demonstram que o equipamento é adequado para a realização de testes submáximos. Observa-se que apesar de atingir valores de RER estabelecido para exercício exaustivo ( $1,2 \pm 0,21$ ) e de todos os testes terem sido interrompidos por exaustão voluntária, não foi possível observar o platô do VO<sub>2</sub>, a percepção de esforço e dispneia entre 9 e 10 na escala de Borg, ou mesmo alcançar 90% da FC<sub>máx</sub>.

A quantificação dos sintomas ou da PSE, é parte essencial em um teste sintoma limitado. A Escala de Borg Modificada e a Escala Visual Analógica são comumente utilizadas para verificar a PSE<sup>(41)</sup>. No presente estudo foi utilizada a Escala de Borg modificada (CR-10), que, de acordo com evidências, está relacionada com o VO<sub>2</sub> pico, tendo capacidade preditiva<sup>(41,45,46)</sup>.

Apesar de todos os testes terem sido interrompidos por exaustão voluntária, apenas cinco (38%) dos participantes apontaram Borg acima de

sete (percepção muito intensa). Para um teste incremental espera-se que atinja Borg  $\geq 8$ , apenas dois (15%) atingiram este nível. No entanto, estudo anterior afirmou que mesmo entre indivíduos saudáveis apenas a minoria classifica a PSE como máxima<sup>(41)</sup>. Contudo, é possível que esta baixa PSE esteja relacionado com os baixos valores de  $VO_2$  obtidos.

O  $VO_2$  observado nos testes ( $0,8 \pm 0,25$  l/min) são considerados baixos quando comparados com testes incrementais máximos em ergômetros tradicionais (cicloergômetro e esteira). Porém os valores estão próximos com os encontrados por estudos que utilizaram cicloergômetro de MMSS como no caso de O'Donnell e colaboradores<sup>(35)</sup> que observaram valor de  $VO_2$  de 0,73 l/min e McKeough, Bye e Alison<sup>(32)</sup> que encontraram  $VO_2$  de 0,76 (0,34) l/min. Valores de  $VO_2$  mais elevados em TECP com cicloergômetro de MMSS também foram relatados 1,21 (0,49) l/min<sup>(36)</sup> e 1,11 (0,26) l/min<sup>(33)</sup>. As populações de ambos os estudos têm características semelhantes em idade, gênero, IMC e gravidade da doença à população do presente estudo.

Apesar de ser esperado baixos valores de  $VO_2$  em pacientes com DPOC, na presente amostra estes valores podem ser justificados pela limitação dos testes, submáximos, e pela alta taxa de sedentários e irregularmente ativos (61,5%), já que o  $VO_2$  pode ser influenciado pela idade, gênero, composição corporal e nível de atividade física<sup>(41,47,48)</sup>.

A incapacidade de atingir valores de FC próximo à  $FC_{máx}$  pode ser explicada pela associação de medicamentos betabloqueadores que impedem a elevação da FC e pela própria limitação ventilatória ocasionada pela DPOC, sendo a principal causa de interrupção do exercício a dispneia precoce<sup>(41)</sup>.

A ausência de intercorrências durante o teste demonstra a segurança do do TEI no equipamento, podendo sugerir a necessidade de estudo futuro sobre sua aplicabilidade na prática clínica.

#### **2.4.1. CONSIDERAÇÕES**

O cicloergômetro de MMSS com as adaptações realizadas, foi utilizado por três fisioterapeutas, sendo que duas utilizaram na realização do TEI e a terceira durante protocolo de treinamento, que fará parte de outro estudo ainda não concluído. Durante o seu uso foram poucas as intercorrências, como

dessaturação, comportamento inadequado da FC e da PA ou elevação exagerada da percepção de dispneia e esforço, demonstrando assim que o teste com o equipamento proposto é seguro.

Observou-se que o torquímetro inicia a medição do torque a partir de 2,0 N.m, ou seja, o trabalho não começa a ser medido a partir do ponto 0. Um torquímetro mais sensível, que inicie a medição em valores mais baixos talvez seja mais adequado.

Além do início da medição tardio, as fisioterapeutas perceberam também que o acompanhamento direto é imprescindível, já que apesar de não ser reajustada a carga, há momentos que o torque diminui ou aumenta, conforme cansaço do voluntário. As fisioterapeutas observaram que ao início do trabalho, quando o voluntário ainda não havia se cansado, após alguns minutos do ajuste da carga, o torque diminuía e próximo do fim do teste, quando o voluntário já dava sinais de fadiga, o torque aumentava, sem que para isso tivesse ocorrido qualquer ajuste de carga.

Supomos que estas alterações ocorriam, no início do trabalho por uma fase de acomodação, algo semelhante ao que ocorre com a FC nos estágios iniciais do exercício físico. E no final do trabalho o aumento do torque se dava por aumento no recrutamento muscular devido a necessidade de execução de maior força para conseguir vencer a resistência imposta pelo cicloergômetro no decorrer do tempo.

Quanto à percepção dos voluntários, três relataram que a manopla não é confortável, principalmente sob altas cargas, o que pode ser um limitante durante testes máximos.

## **2.5. CONCLUSÃO**

O cicloergômetro de MMSS adaptado foi capaz de avaliar a capacidade funcional ao reproduzir um TEI submáximo em pacientes com DPOC, apresentando em média RER acima de 1,0 e todos os testes serem interrompidos por exaustão voluntária. As adaptações propostas para o equipamento podem ser úteis na prática clínica para treinamento de MMSS, principalmente para pacientes com DPOC grave e muito grave, sendo necessário a realização de ensaios clínicos para comprovar sua eficácia.

Além disso, cabe destacar que a adaptação proposta ao cicloergômetro de MMSS permite o registro e acompanhamento de inúmeras variáveis, o que possibilita o planejamento de diferentes protocolos de avaliação e/ou intervenção.

## 2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, Zu Wallack R, Nici L, Rochester C, et al. Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation: An official American thoracic society and European respiratory society statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;188(8):13–64.
14. Janaudis-Ferreira T, Beauchamp MK, Goldstein RS, Brooks D. How should we measure arm exercise capacity in patients with COPD? A systematic review. *Chest* 2012;141(1):111–20.
23. Kathiresan G, Jeyaraman SK, Jaganathan J. Effect of upper extremity exercise in people with COPD. *J. Thorac. Dis.* 2010;2(4):223–36.
29. Porta R, Vitacca M, Gile LS. Supported Arm Training in Patients Recently Weaned From Mechanical Ventilation. *Chest* 2005;128(4):2511–20.
32. McKeough ZJ, Bye PTP, Alison JA. Arm exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial. *Chron. Respir. Dis.* 2012;9(3):153–62.
33. Gigliotti F, Coli C, Bianchi R, Grazzini M, Stendardi L, Castellani C, et al. Arm Exercise and Hyperinflation in Patients With COPD: effect of arm training. *Chest* 2005;128(3):1225–32.
35. O'Donnell DE, Guire MMC, Samis L, Webb KA, O'Donnell DE, McGuire M, et al. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157(5 Pt 1):1489–97.
36. Wadell K, Webb KA, Preston ME, Amornputtisathaporn N, Samis L, Patelli J, et al. Impact of pulmonary rehabilitation on the major dimensions of dyspnea in COPD. *COPD J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 2013;10(4):425–35.
37. Bolton CE, Bevan-Smith EF, Blakey JD, Crowe P, Elkin SL. BTS Guideline on Pulmonary Rehabilitation in Adults. *Thorax* 2013;68:ii1–30.

38. WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. 1999.
39. Benedetti TRB, Antunes P de C, Rodriguez-Añez CR, Mazo GZ, Petroski EL. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) em homens idosos. *Rev. Bras. Med. do Esporte* 2007;13(1):11–6.
40. Matsudo S, Araujo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, et al. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Atividade Física & Saúde* 2001;6(2):5–18.
41. Society AT, Physicians AC of C. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2003;167(2):211–77.
42. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake. *Med. Sci. Sport. Exerc.* 1995;27(9):1292–301.
43. Pessoa BV, Beltrame T, Pires Di Lorenzo VA, Catai AM, Borghi-Silva A, Jamami M. COPD patients' oxygen uptake and heart rate on-kinetics at cycle-ergometer: Correlation with their predictors of severity. *Braz. Jour. Phys. Ther.* 2013;17(2):152–62.
44. Almeida AEM, Stefani C de M, Nascimento JA, Almeida NM, Santos A da C, Ribeiro JP, et al. An equation for the prediction of oxygen consumption in a Brazilian population. *Arq. Bras. Cardiol.* 2014;103(4):299–307.
45. Zinoubi B, Zbidi S, Vandewalle H, Chamari K, Driss T. Relationships between rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises. *Biol. Sport* 2018;35(1):29–37.
46. Wong DP, Carling C, Chaouachi A, Dellal A, Castagna C, Chamari K, et al. Estimation of oxygen uptake from heart rate and ratings of perceived exertion in young soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 2011;25(7):1983–8.
47. Herdy AH, Ritt LEF, Stein R, de Araújo CGS, Milani M, Meneghelo RS, et al. Cardiopulmonary exercise test: Background, applicability and interpretation. *Arq. Bras. Cardiol.* 2016;107(5):467–81.
48. Mezzani A. Cardiopulmonary exercise testing: Basics of methodology and

measurements. *Ann. Am. Thorac. Soc.* 2017;14:S3–11.

### 3. ARTIGO 2

#### **EFEITOS DO TREINAMENTO COM CICLOERGÔMETRO DE BRAÇO ADAPTADO NA CAPACIDADE FUNCIONAL E DE EXERCÍCIO E NA QUALIDADE DE VIDA EM PACIENTES COM DPOC.**

Luana Aparecida Vieira Gonzaga<sup>a</sup>, Carolina Moraes da Costa Munno<sup>a</sup>, Marcela Maria Carvalho da Silva<sup>a</sup>, Bruna Shara Vidal de Oliveira<sup>a</sup>, Leonardo Garbim Bueno<sup>a</sup>, Luiz Henrique Pessoa da Costa Trondoli<sup>b</sup>, Maurício Jamami<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

<sup>b</sup>Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

Correspondence address: Luana Aparecida Vieira Gonzaga. Laboratory of Spirometry and Respiratory Physiotherapy (Department of Physical Therapy). Federal University of São Carlos. Highway Washington Luiz, Km 235, CEP: 13565-905, São Carlos / SP, Brazil. Phone: +55 16 3351-8343. E-mail: [professoraluanafisio@gmail.com](mailto:professoraluanafisio@gmail.com)

## RESUMO

Pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) frequentemente apresentam disfunção muscular periférica. Esta disfunção muscular periférica advém de alterações estruturais, funcionais e metabólicas do músculo provocando aumento do gasto energético bem como aparecimento de dispneia precoce. O aumento do gasto energético e a dispneia precoce juntamente com o aumento da fadiga faz com que os indivíduos com DPOC não tolerem executar ou interrompam exercícios caracterizando assim um quadro de intolerância ao exercício. Objetivamos verificar se o treinamento em cicloergômetro adaptado para membros superiores (MMSS) seria capaz de promover aumento da tolerância ao exercício, da capacidade funcional e da qualidade de vida em pacientes com DPOC. Trata-se de um estudo experimental, do tipo ensaio clínico randomizado em bloco, controlado, avaliador cego e grupo paralelo. Um cicloergômetro de MMSS foi construído a partir de uma Mini Bike PRO afixada em uma mesa com regulagem de altura, acrescido de um sensor de cadência e um torquímetro. O protocolo de treinamento teve duração total de 8 semanas, três vezes por semana, 50 minutos cada sessão. Os pacientes foram divididos em grupos Intervenção (GI) e controle (GC). Ambos iniciavam as sessões com alongamento dos principais grupos musculares, seguidos de aquecimento de três minutos sem carga no cicloergômetro de MMSS à cadência de 60 a 70 rpm sem carga. No GI fizeram mais 30 minutos com carga de 70% da taxa de trabalho encontrada no teste incremental de MMSS e finalizaram com três minutos de desaquecimento também sem carga. No GC todo treinamento no cicloergômetro foi realizado sem carga. Para testar a capacidade de exercício foram realizados os testes de exercício incremental (TEI) e de carga constante (TCC), para verificar a capacidade funcional foi realizado o teste *6-minute Pegboard and Ring Test* (6-PBRT) e o Teste de AVD Glittre (TGlittre), e para verificar a qualidade de vida relacionada a saúde foi aplicado o Saint George Respiratory Questionnaire (SGRQ). O GI obteve melhores resultados após a intervenção que o GC nos testes físicos (TEI e TCC), sendo que apenas o GI alcançou a diferença mínima importante no TCC. Ambos os grupos alcançaram a diferença mínima importante no TGlittre. O presente estudo mostrou que o treinamento de MMSS no cicloergômetro adaptado proposto tende a ser eficaz na melhora da capacidade física e do estado funcional.

**PALAVRAS-CHAVE:** exercício de extremidade superior, capacidade funcional, doença pulmonar obstrutiva crônica, teste de exercício.

## ABSTRACT

Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) often have peripheral muscle dysfunction. This peripheral muscle dysfunction results from structural, functional and metabolic alterations of the muscle causing an increase in energy expenditure as well as the onset of early dyspnea. The increase in energy expenditure and early dyspnoea together with the increase in fatigue makes individuals with COPD not tolerate performing or interrupting exercises, thus characterizing a picture of exercise intolerance. We aimed to verify whether training in a cycle ergometer adapted for upper limbs (upper

limbs) would be able to promote increased exercise tolerance and functional capacity in patients with moderate to severe COPD. This is an experimental study, of the type randomized clinical trial in block, controlled, blinded evaluator and parallel group. An MMSS cycle ergometer was built from a Mini Bike PRO attached to a height-adjustable table, plus a cadence sensor and a torque wrench. The training protocol had a total duration of 8 weeks, three times a week, 50 minutes each session. Patients were divided into Intervention (IG) and Control (CG) groups. Both started the sessions with stretching of the main muscle groups, followed by a three-minute warm-up on the MMSS cycle ergometer at a 70 rpm no-load cadence. In the IG, they performed another 30 minutes with a load of 70% of the work rate found in the incremental upper limb test and ended with three minutes of cooling down without load. In the CG, all training on the cycle ergometer was carried out without load. To test the exercise capacity, incremental exercise tests (IET) and constant load test (CLT) were performed, to verify the functional capacity, the PBRT test and the TGlitre were performed, and to verify the health-related quality of life was performed. SGRQ is applied. The GI obtained better results after the intervention than the CG in the physical tests (IET and CLT), being that only the GI reached the minimum important difference in the CLT. Both groups reached the minimum important difference in Glitre. Although it did not find statistical relevance, the present study showed that MMSS training in the proposed adapted cycle ergometer tends to be effective in improving physical capacity and functional status.

**Keywords:** upper extremity exercise, functional capacity, pulmonary disease chronic obstructive, exercise test.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) frequentemente apresentam disfunção muscular periférica. Esta disfunção muscular provoca aumento do gasto energético bem como aparecimento de dispneia precoce. O aumento do gasto energético e a dispneia precoce juntamente com o aumento da fadiga faz com que os indivíduos com DPOC não tolerem executar ou interrompam exercícios caracterizando assim um quadro de intolerância ao exercício<sup>(49)</sup>.

A intolerância ao exercício de MMSS é mais frequentemente observada ao realizar atividades com o membro superior (MS) não-apoiado, ou seja, com a extremidade livre. Os MMSS estão em condição sem apoio em atividades como as de auto-cuidado e higiene, transporte de objetos e outras atividades do cotidiano, limitando em muito a funcionalidade<sup>(5)</sup>.

Os pacientes com DPOC são orientados a participar de programas de Reabilitação Pulmonar (RP) visando reverter a intolerância ao exercício, a

redução da capacidade funcional e QVRS. A RP consiste de exercícios respiratórios, sessões educativas, cessação do tabagismo, tratamento médico ideal e o treinamento físico<sup>(49)</sup>. Na RP o treino de MMSS pode ser realizado com os MMSS apoiados ou de forma sem apoio<sup>(14,19)</sup>.

Ambos os treinos com apoio e sem apoio de MMSS oferecem benefícios aos pacientes com DPOC, como diminuição da dispneia, melhora da capacidade de exercício e funcional. De acordo com Costi e cols.<sup>(11)</sup> o treino sem apoio demonstrou-se eficiente na melhora da capacidade de exercício e funcional de MMSS, mas o estudo de Martinez e cols.<sup>(50)</sup> demonstrou que este tipo de treino nem sempre é tolerado, especialmente por pacientes com importante obstrução brônquica. O treino sem apoio pode ser realizado com elevação de bastões e utilizando pesos livres<sup>(18)</sup>.

O treino com apoio de MMSS é realizado em cicloergômetro de braço que tem demonstrado ser eficaz na melhora da performance<sup>(49)</sup>, e no aumento da carga de trabalho máxima<sup>(27)</sup>. Neste equipamento realiza-se o treino de resistência, de característica predominantemente aeróbia<sup>(22)</sup>, e os seus benefícios podem ser observados mesmo após a cessação do treino, contrariamente ao treino resistido com carga<sup>(35)</sup>.

O treino em cicloergômetro, ao contrário do treino sem apoio, é melhor tolerado por não utilizar os músculos do cingulo superior. Em caso de disfunção diafragmática, os músculos do cingulo superior agem também como acessórios da respiração. O treino com apoio permite que músculos como trapézio superior e esternocleidomastoideo continuem auxiliando a respiração, minimizando a sobrecarga ao diafragma que está em desvantagem mecânica devido à hiperinsuflação pulmonar<sup>(20)</sup>, que, em conjunto com a disfunção muscular agrava ainda mais a capacidade de exercício já reduzida.

Há cicloergômetros de braço com e sem mensuração da carga, porém para que o treinamento com apoio seja eficiente e promova todos os benefícios já citados o cicloergômetro de braço deve disponibilizar a quantificação da carga aplicada, no entanto, estes são os mais onerosos<sup>(24,25)</sup>. O alto custo do cicloergômetro de braço com mensuração da carga induz à utilização de equipamentos sem esta mensuração dificultando a disseminação do conhecimento e a utilização desta modalidade terapêutica, já que se torna

impossível a reprodutibilidade de estudos sem a delimitação de parâmetros como a intensidade do trabalho empregada<sup>(25)</sup>. Portanto, este estudo visa verificar se o treinamento em cicloergômetro adaptado seria capaz de promover aumento da capacidade de exercício e da capacidade funcional em pacientes com DPOC moderada a grave.

A hipótese deste estudo é que o treino com cicloergômetro adaptado reduza a fadiga e aumente o tempo de *endurance*, refletindo na melhora da QVRS, nas capacidades de exercício e funcional de pacientes com DPOC moderada a grave.

## **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1. Delineamento do estudo**

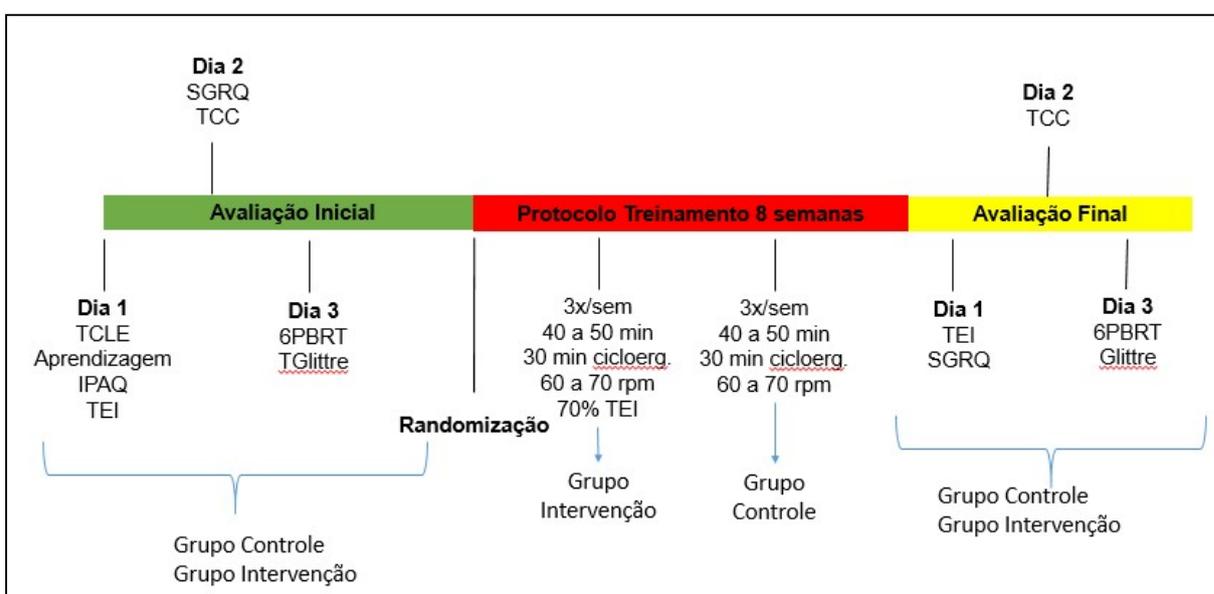
Trata-se de um estudo experimental, do tipo ensaio clínico randomizado em bloco, controlado, avaliador cego e grupo paralelo. Registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (REBEC) sob número: RBR-8ym65t.

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória da Universidade Federal de São Carlos e está submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos sob o CAAE: 922404180.0.0000.5504, seguindo os princípios éticos determinados pelos termos da Resolução 466/2012, com fornecimento de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) constando os objetivos, metodologia e riscos da pesquisa e solicitado assinatura do TCLE.

Os participantes foram recrutados a partir do banco de dados da Unidade Saúde Escola da Universidade Federal de São Carlos, do Centro Municipal de Especialidades Médicas e da Farmácia de Alto-custo do Município de São Carlos, além de indicação direta dos médicos pneumologistas do município. Foram incluídos voluntários de ambos os gêneros diagnosticados com DPOC, conforme critérios clínicos e espirométricos<sup>(51)</sup>, e quadro clínico estável no mês prévio ao início do protocolo. Foram excluídos ou não-incluídos indivíduos com doenças musculoesqueléticas que impossibilitassem a participação no protocolo como artroses, tendinites e bursites de MMSS, doenças neurológicas com acometimento de MMSS, indivíduos que não

conseguiram concluir qualquer uma das atividades propostas ou que apresentaram exacerbação do quadro clínico durante o período da coleta.

As avaliações aconteceram em dois momentos, ao início do protocolo e ao final de oito semanas de treinamento. A coleta de dados foi realizada em três dias consecutivos, no primeiro dia foi assinado TCLE, feita familiarização dos testes e realizado o Teste de Exercício Incremental de MMSS (TEI) com análise de gases e aplicado o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ). No segundo dia era aplicado o questionário SGRQ, realizado o TCC com análise de gases. E no terceiro dia foi realizado o 6-PBRT e o TGlittre, conforme ilustrado na figura 2.



**Figura 2.** Desenvolvimento cronológico dos procedimentos de pesquisa.

Ao final do protocolo os indivíduos do grupo intervenção (GI) e do grupo controle (GC) repetiram os testes: TEI e TCC com análise de gases, SGRQ, 6-PBRT e o TGlittre.

### 3.2.2. Cicloergômetro

Para construção do cicloergômetro foi utilizada a Mini Bike PRO E13 da Acte Sports® (figura 3a e 3b) com sistema de frenagem mecânica e ajuste manual de carga, realizado por um botão rotativo que ao ser girado no sentido

horário traciona uma placa em que a fita de frenagem está inserida aumentando a tensão da fita e impondo maior resistência ao movimento.

Para ser utilizado como cicloergômetro de MMSS a mini bike foi fixada, por meio de abraçadeiras de nylon, à uma mesa com ajuste de altura para que o eixo da manivela ficasse à altura dos ombros do indivíduo, conforme os cicloergômetros convencionais. A mesa permite regulagem de altura de 3 em 3 cm, sendo a altura mínima de 76 cm e máxima de 125 cm.

Para verificação da carga empregada foi inserido um torquímetro digital na manivela direita do cicloergômetro, que quantifica em Newton Metro (N.m) a força executada para criar um movimento rotacional, neste caso, ele mede a força exercida (N.m) na manivela para mover a roda do cicloergômetro. A cadência foi verificada por meio de um Sensor de Cadência (Atrio ES056®) adicionado à mesa que quantificou o número de vezes em um minuto que a manopla passa pelo sensor.

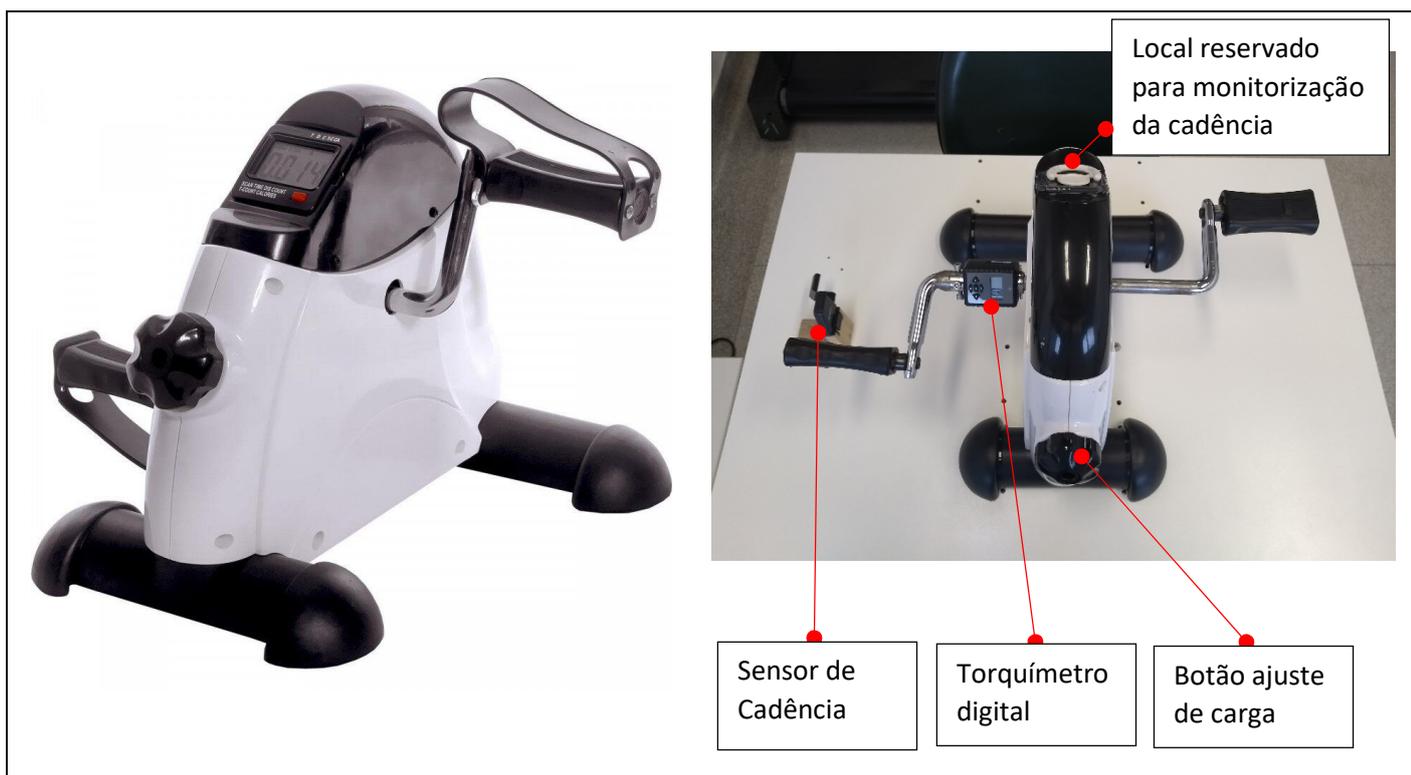


Figura 3 a. Mini Bike Original

Figura 3b. Mini Bike modificada.

### 3.2.3. Avaliações

O TEI com coleta de gases expirados foi realizado em cicloergômetro de braço adaptado para determinar a carga de trabalho pico. Previamente ao teste

foram respeitados três minutos de repouso, iniciando com um período de três minutos de aquecimento com movimento sem carga e só então foram acrescidos 0,5 N.m até a exaustão voluntária<sup>(52)</sup>. Os voluntários foram orientados a continuar até relatarem dispneia, desconforto ou cansaço intolerável ou até que a frequência cardíaca máxima fosse alcançada<sup>(29)</sup>. A maior taxa de trabalho atingida foi registrada como referência para o TCC inicial e final.

Assim como o TEI, o TCC sintoma limitado foi realizado com análise de gases em cicloergômetro de braço adaptado, à cadência de 60 a 70 rpm, à 70% da carga encontrada no TEI de MMSS. O teste teve duração máxima de 30 minutos caso o voluntário não apresentasse alteração brusca da escala de Borg modificada, da FC, da PA ou da SpO<sub>2</sub>. O tempo máximo tolerado ou limite de tolerância (Tlim) foi registrado<sup>(43)</sup>, alterações no tempo de execução deste teste maiores que 1,75 min após intervenções foram consideradas clinicamente relevantes<sup>(32)</sup>.

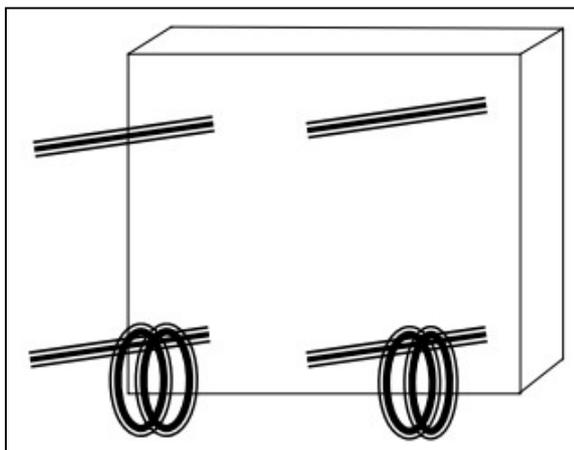
Em ambos os testes (TEI e TCC) foram monitorados a frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA), Saturação Periférica de Oxigênio (SpO<sub>2</sub>) e percepção de esforço de MMSS e dispneia (Escala de Borg modificada) ao início (basal), durante o teste (de um em um minuto), ao final do teste (pico) e recuperação (um, três e seis minutos após o fim do teste).

A análise de gases expirados foi realizada durante os testes de exercício incremental e de carga constante utilizando o analisador de gases VO<sub>2000</sub> da MedGraphics Corp<sup>®</sup> (St. Paul, MN, USA), com um pneumotacógrafo acoplado à máscara facial. Antes de cada teste o equipamento foi calibrado conforme orientações do fabricante. Foram registrados para análise valores obtidos nos últimos 30 segundos de cada estágio da ventilação (VE), do consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), da produção de dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>), da frequência respiratória (FR) e do volume corrente (VC).

A atividade física foi avaliada por meio do IPAQ versão curta, composta por sete questões abertas que coletam informações sobre o tempo despendido, estimado por semana, em diferentes dimensões de atividade física, como caminhadas e esforços de intensidade moderada e vigorosa, e tempo de inatividade física (sentado)<sup>(39)</sup>.

Para avaliar a QVRS de pacientes com DPOC foi escolhido o SGRQ que é considerado o questionário mais específico para esta população e por já ter valores definidos de diferença mínima importante ou clínica para a população brasileira<sup>(1,53)</sup>. O SGRQ foi aplicado no segundo dia da avaliação inicial e ao final da intervenção. A pontuação foi calculada conforme o manual do questionário<sup>(54)</sup>. A Diferença Mínima Importante (DMI) para este questionário foi estabelecida como a redução de 4% em qualquer dos domínios ou na soma total dos pontos, indicando “mudanças minimamente significativas na QVRS dos pacientes”<sup>(55)</sup>.

Para avaliar a capacidade funcional foi utilizado o 6-PBRT, um teste específico para determinação da capacidade funcional de MMSS<sup>(56)</sup>. O teste consiste no paciente sentado em uma cadeira mover uma argola (14g) por vez, uma para cada mão (ambas as mãos simultâneas), entre quatro pinos, dois à altura do ombro e os outros dois, 20 cm acima (figura 4). O total de argolas disponíveis são 20, sendo 10 para cada pino inferior. Ao transferir todas as argolas para o nível superior, o avaliado retornará as argolas, uma a uma, para o nível inferior e a seguir para o nível superior novamente, e assim sucessivamente até completar seis minutos<sup>(57)</sup>.



**Figura 4.** Pegboard and Ring Test.

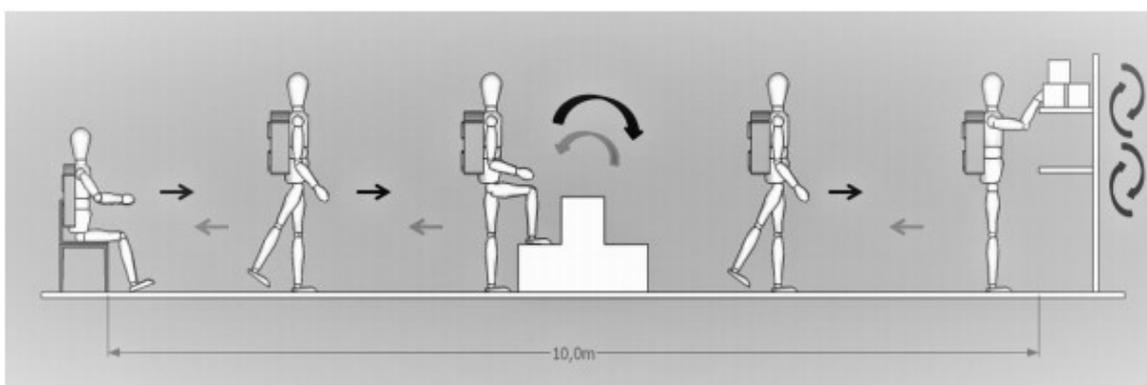
Fonte: Vilaró, 2008.

O teste foi realizado duas vezes com intervalo de 30 minutos entre eles<sup>(58)</sup>. Foi considerado o melhor teste, ou seja, o teste com maior número de argolas movidas em seis minutos<sup>(59)</sup>, o paciente poderia interromper o teste caso apresentasse dispnéia, fadiga ou outro desconforto intoleráveis e retornar

ao teste quando se recuperasse, porém o cronômetro não era parado. Foram monitorados antes e imediatamente após o teste a FC, PA, SpO<sub>2</sub>, e a dispneia e/ou fadiga muscular por meio da Escala de Borg modificada antes e após o teste.

O teste de AVD TGlittre (figura 5) avalia a funcionalidade em atividades rotineiras como levantar-se de uma cadeira, andar, subir e descer escadas e transportar objetos<sup>(60)</sup>. O teste consiste na realização de cinco voltas em um circuito, com o participante carregando uma mochila com peso de dois quilos e meio para mulheres e cinco quilos para homens. Partindo da posição sentada o voluntário caminha 10 metros em superfície plana, aos cinco metros deve transpor uma escada com dois degraus para subir e dois para descer (de 17 cm de altura x 27 cm de largura), retorna ao percurso da caminhada e ao final há uma estante contendo três objetos pesando um quilo cada na prateleira mais alta (altura dos ombros), o participante move-os, um por vez, para a estante intermediária (altura da cintura) e depois para o chão. Estando os objetos no chão o indivíduo devolve-os à estante, primeiro para a prateleira inferior e a seguir para prateleira superior, a seguir retorna pelo mesmo percurso com caminhada de 10 metros e subida e descida dos dois degraus até chegar ao ponto inicial, senta-se e inicia a volta seguinte imediatamente. Os participantes foram orientados a realizar cinco voltas o mais rápido possível<sup>(13)</sup>.

O teste foi realizado duas vezes, com 30 minutos de intervalo entre eles<sup>(13)</sup>, o teste mais rápido, considerando o total das cinco voltas, foi registrado para análise<sup>(61)</sup>. Foram monitorados a FC, SpO<sub>2</sub> e a dispneia e/ou fadiga muscular (escala de Borg Modificada) ao início, em cada volta e ao final do teste. Valores menores que dois minutos para execução do teste indicam nenhum comprometimento da capacidade funcional<sup>(13,62)</sup>, e decréscimo de 23 segundos foi determinado como a DMI<sup>(63)</sup>.



**Figura 5.** Teste Glittre.  
**Fonte:** Andrade, 2015

### 3.2.4. Alocação

Após a avaliação inicial os voluntários aceitos no estudo foram alocados em dois grupos, grupo intervenção e controle, por meio de randomização blocada por meio do web site Randomization.com (<http://www.randomization.com>).

### 3.2.5. Protocolo de treinamento

O protocolo de treinamento teve duração total de 8 semanas, três vezes por semana, 50 minutos cada sessão. O GI iniciava as sessões com alongamento dos principais grupos musculares, seguidos do treinamento em cicloergômetro de MMSS adaptado à cadência de 60 a 70 rpm, iniciando com aquecimento de três minutos sem carga, seguido de 30 minutos com carga de 70% da taxa de trabalho encontrada no teste incremental de MMSS e finalizando com três minutos de desaquecimento também sem carga<sup>(32)</sup>.

A carga foi ajustada em 0,5 N.m por semana<sup>(29)</sup> quando se percebia redução da escala de Borg modificada abaixo do nível três<sup>(32)</sup>. Durante toda a sessão foram monitorados a SpO<sub>2</sub>, FC, PA, a percepção de fadiga de MMSS e dispneia por meio da escala de Borg modificada<sup>(32,64)</sup>.

As sessões do GC aconteceram da mesma forma que o grupo intervenção exceto que o treinamento em cicloergômetro não teve acréscimo de carga, ou seja, treinaram 30 minutos em cicloergômetro de MMSS a cadência de 60 a 70 rpm, sem carga.

### 3.2.6. Desfechos

O desfecho primário foi a tolerância ao exercício medida por meio do TCC em cicloergômetro de MMSS, considerando-se melhora clinicamente relevante nesta medida o aumento de 1,75 min após a intervenção<sup>(32)</sup>.

Os desfechos secundários foram a capacidade funcional (6PBRT) e a QVRS (SGRQ). A Diferença Mínima Clinicamente Importante (DMCI) para o SGRQ está estabelecida como redução de 4% na pontuação total ou em um dos domínios do SGRQ<sup>(65)</sup> e foram aceitos neste estudo como melhora clínica relevante.

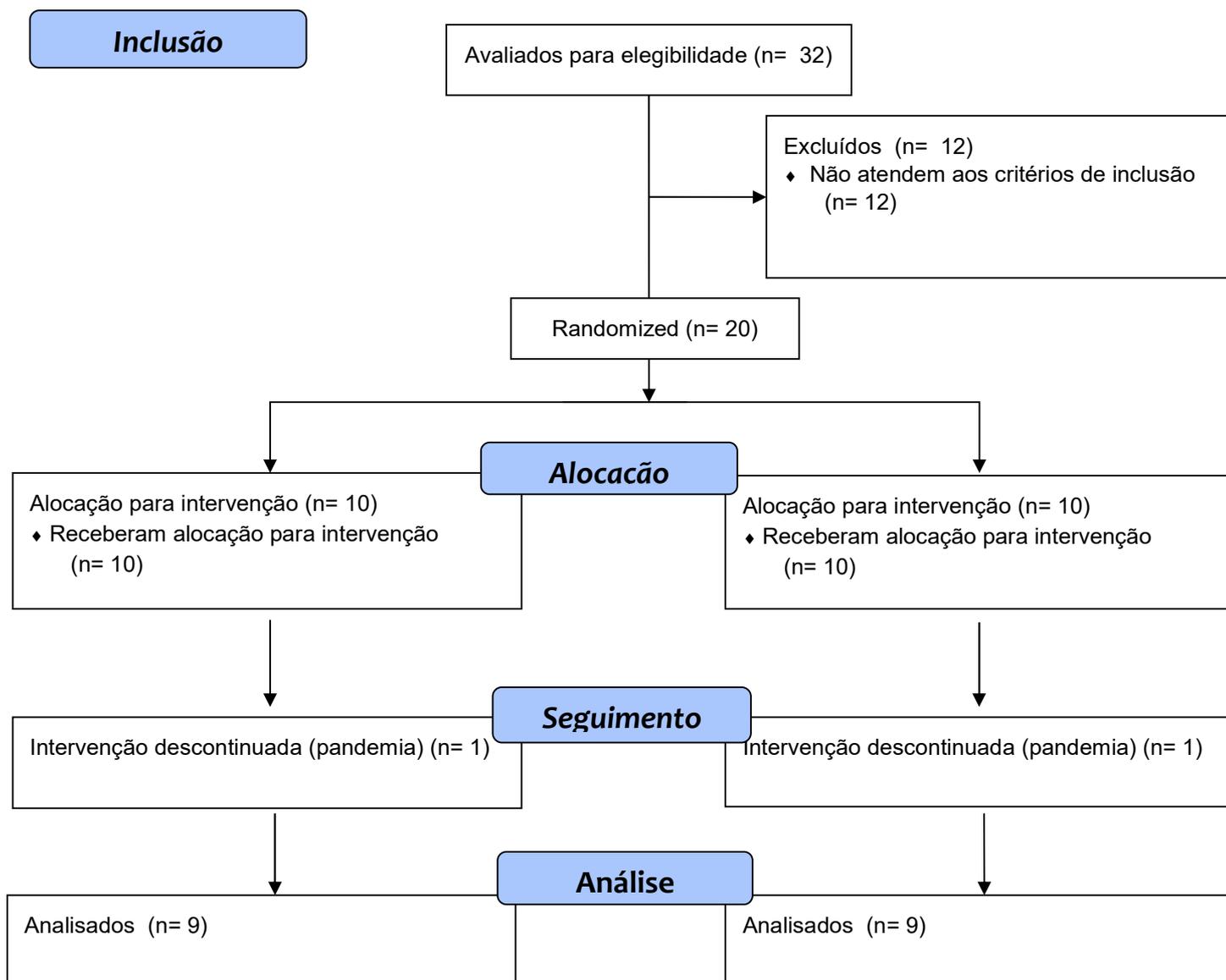
### 3.2.7. Análise Estatística

Para caracterizar a amostra, os dados estão apresentados em média e desvio padrão ou valores absolutos e/ou porcentagens.

Para testar a normalidade dos dados foi utilizado o teste Shapiro-Wilk, e para identificar diferenças entre os grupos intervenção e controle (amostra independente) nas medidas pré e pós intervenção intra-grupo (amostra dependente) foi realizado o Teste t de Student, sendo o nível de significância estatística  $p \leq 0,05$ . O tamanho amostral foi calculado por meio do *software* G\*Power 3.1.9.2, que resultou em uma amostra prevista de 24 indivíduos, sendo 12 em cada grupo, para ter 82% de chances de rejeitar corretamente hipótese nula de nenhuma diferença entre os indivíduos ou grupos. Os dados faltantes foram tratados no SPSS SPSS Statistics versão 22 (IBM Company, Estados Unidos) com a imputação de dados pelo método de Estimativa de Máxima Verossimilhança, que detectou que todos os *missing* eram completamente aleatórios (MCAR de Little sig = 0,780)

## 3.3. RESULTADOS

Foram recrutados 32 indivíduos dos locais de seleção já citados, destes foram excluídos 12 indivíduos, 1 por ter o diagnóstico de DPOC clínico mas não ter espirometria com  $VEF_1/CVF < 0,7$ . Oito foram excluídos por terem bursite ou tendinite de ombro, dois foram excluídos por terem  $IMC > 35\text{kg/m}^2$  e 1 foi excluído por ter artrose de joelho que impediu a execução do TGlittre. Foram incluídos 20 pacientes, mas apenas 18 concluíram o protocolo, conforme figura 6.



**Figura 6.** Fluxograma

Na caracterização da amostra (tabela 4) é possível observar que inicialmente os grupos não possuíam diferenças estatisticamente relevantes, diferindo entre si apenas no histórico de internação, sendo que no GI 44% dos indivíduos tiveram internações nos últimos 3 anos contra 27% do GC.

Apesar de não ter observado diferença estatística é importante salientar a alta concentração de indivíduos com classificação GOLD 3 e 4 (67%) no GC o que pode significar maior comprometimento funcional.

**Tabela 4.** Caracterização da amostra dos pacientes incluídos no estudo.

VARIÁVEIS	Total (n=18)	GI (n=9)	GC (n=9)	p-valor
Idade (anos)	67 ± 10	68 ± 4	66 ± 8	0,236
Sexo masculino (%)	72,2	66,6	77,7	0,609
Peso (Kg)	66,1 ± 12,0	72 ± 13,3	60 ± 6,8	0,236
VEF <sub>1</sub> /CVF	50,5 ± 12,1	55,5 ± 13,85	45,6 ± 8,31	0,106
GOLD 1/2/3/4 (%)	11/33,5/39/16,5	22/33/34/11	0/33/45/22	0,227
Nunca fez RP (%)	83	88	77	0,539
Histórico de internação nos últimos 3 anos (%)	27,7	44,4	11,1	0,05*
Atividade Física (IPAQ) (%) MA/A/IAA/IAB/S	0/27,8/38,9/27,8/5,5	0/33,3/33,3/ 33,3/0	0/22,2/44,4/ 22,2/11,1	0,675
Qualidade de Vida (SGRQ)	1442,3 ± 776,2	1291,0 ± 626,9	1593,6 ± 914,2	0,426

**Legenda:** Valores expressos em média ± DP (desvio padrão) ou número de pacientes (porcentagem). **GOLD:** Iniciativa Global para Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; **RP:** reabilitação pulmonar; **IPAQ:** Questionário Internacional de Atividade Física; **MA:** Muito Ativo; **A:** Ativo; **IAA:** Irregularmente Ativo A; **IAB:** Irregularmente Ativo B; **S:** Sedentário; **SGRQ:** Saint George Respiratory Questionnaire; **GC:** Grupo Controle; **GI:** Grupo Intervenção. GI versus GC aplicado Teste t para os dados paramétricos, \* p ≤ 0,05.

Nos testes físicos, funcionais e na qualidade de vida não foi observada diferença entre os grupos nem pré nem pós intervenção, conforme demonstrado na tabela 5.

O GI apresentou um aumento estatisticamente significativo (p= 0,003) apenas para a carga de trabalho no TEI, enquanto as demais variáveis dos testes clínicos e todas as variáveis para o GC não apresentaram diferença estatisticamente significativa ao comparar as situações pré e pós intervenção.

Observou-se melhora significativa após a intervenção apenas na carga empregada durante o TEI (0,003) no GI, demonstrando que a intervenção e o equipamento propostos foram eficazes para o treinamento, com ganho da carga tolerável.

Estas alterações indicam uma tendência à melhora da capacidade física por meio da intervenção proposta, mas o tamanho amostral reduzido e o alto índice de *missing* podem ter anulado este efeito.

**Tabela 5.** Efeito do programa de reabilitação

	GI (n=9)			GC (n=9)			GI*GC pré	GI*GC pós
	PRÉ	PÓS	p-valor	PRÉ	PÓS	p-valor	p-valor	p-valor
<b>Testes físicos</b>								
<b>TEI (N.m)</b>	4,33 ± ,091	5,24 ± 1,21	0,003*	4,94 ± 0,86	4,69 ± 0,91	0,497	0,146	0,299
<b>TEI (VO<sub>2</sub> pico, l/m)</b>	0,74 ± 0,40	0,94 ± 0,27	0,114	0,87 ± 0,26	0,79 ± 0,34	0,587	0,421	0,451
<b>TCC (minutos)</b>	14,66 ± 9,46	17,22 ± 7,98	0,406	19,77 ± 6,30	15,22 ± 8,68	0,189	0,169	0,441
<b>TCC (VO<sub>2</sub> pico, l/m)</b>	0,78 ± 0,45	0,82 ± 0,28	0,776	0,88 ± 0,23	0,83 ± 0,21	0,613	0,640	0,927
<b>Estado Funcional</b>								
<b>AVD - TGlittre (minutos)</b>	5,67 ± 2,12	5,17 ± 1,62	0,318	5,90 ± 2,77	5,27 ± 1,512	0,402	0,812	0,839
<b>6-PBRT (nº de argolas)</b>	146,1 ±33,08	156,14 ± 41,07	0,119	166 ± 18,68	167 ± 30,26	0,888	0,094	0,204
<b>Qualidade de Vida</b>								
<b>SGRQ total</b>	1321,2 ± 639,0	1194,2 ± 565,2	0,523	1593,6 ± 914,2	1708,3 ± 618,1	0,297	0,480	0,351
<b>SGRQ Sintomas</b>	279,5 ± 125,4	192,4 ± 172,8	0,149	274,0 ± 142,1	238,1 ± 112,2	0,400	0,925	0,615
<b>SGRQ Atividade</b>	596,7 ± 261,0	537,4 ± 388,4	0,445	639,8 ± 289,7	654,2 ± 352,8	0,695	0,734	0,499
<b>SGRQ Impacto</b>	444,9 ± 232,9	464,3 ± 217,8	0,810	679,7 ± 255,7	815,8 ± 398,7	0,025	0,304	0,247

**TEI:** Teste de Exercício Incremental; **TCC:** Teste de Exercício em Carga Constante; **AVD:** Atividade de Vida Diária; **TGlittre:** Teste Glittre; **6-PBRT:** 6 minute Pegboard and Ring Test; **SGRQ:** Saint George Respiratory Questionary; **GC:** Grupo Controle; **GI:** Grupo Intervenção. GI versus GC aplicado Teste t para os dados paramétricos, \* p ≤ 0,05.

No teste funcional TGlittre ambos os grupos reduziram o tempo de teste após a intervenção, sendo a maior redução no GC (-30 segundos no GI e -38 segundos no GC). Esta redução de tempo demonstra melhora do estado funcional para realização de múltiplas tarefas como subir degraus, transportar e mover objetos. No 6-PBRT o GI aumentou 10 argolas movidas enquanto que o GC aumentou apenas 1, nota-se que a melhora na resistência de realizar

exercícios sem apoio de MMSS foi maior no GI que no GC. Do mesmo modo que nos testes físicos estas modificações ou o tamanho amostral não foram suficientes para apresentar mudança significativa.

Na QVRS o GI obteve melhora clínica importante reduzindo pelo menos 4% da pontuação em todos os domínios quando comparado o momento pré-intervenção com pós-intervenção. O GC reduziu os escores apenas no domínio sintoma, também alcançando o determinado como melhora clínica importante. Não houve diferença estatística significativa entre os grupos na variável QVRS nem no momento pré nem no pós-intervenção.

### **3.4. DISCUSSÃO**

O presente estudo testou a resposta ao treinamento de MMSS em cicloergômetro adaptado, o GI teve melhores resultados nos testes físicos (TCC e TEI) e no funcional 6-PBRT enquanto que o GC teve melhores resultados no teste funcional TGlittre.

Não há na literatura valores determinados de DMCI para treinamento em cicloergômetro de MMSS, por isso utilizamos o estabelecido por Casaburi<sup>(66)</sup> em 2005, que estudou a tolerância ao exercício de MMII de pacientes com DPOC, no qual preconizou-se que um aumento de 1,75 minutos refletiria melhora clinicamente importante na tolerância ao exercício de pacientes com DPOC. No presente estudo apenas o GI obteve esta diferença, tanto comparando a média do grupo antes e após a intervenção quanto comparando ao GC pré e pós intervenção.

O TGlittre é um teste ainda pouco explorado assim como o 6-PBRT, mas para este último já foram delimitados valores de referência para a população brasileira saudável. Lima e cols<sup>(67)</sup> realizaram um estudo com 104 indivíduos distribuídos em faixas etárias de 30 à >80 anos, este estudo permitiu a elaboração de uma equação para identificação dos valores preditos de acordo com a idade. Considerando esta equação o número de argolas predito no presente estudo para o GI seria 389 (realizado 156) e para o GC 398 (realizado 167), como esperado o número de argolas movidas é menor que o predito, já que esta equação foi proposta para indivíduos saudáveis. Ressalta-se a

melhora no número de argolas movidas no teste pelo GI após a intervenção, acréscimo de 10 argolas.

A DMCI para o TGI<sub>litre</sub> foi determinado como a redução de 23 segundos no tempo de execução do teste<sup>(63)</sup>. No presente estudo ambos os grupos alcançaram esta diferença mínima. Em estudo prévio, pacientes com DPOC GOLD III e IV precisaram de 4,87 e 5,12 min para concluir o teste, tempo semelhante ao encontrado no presente estudo (5,17 min no GI e 5,27 min no GC)<sup>(68)</sup>. Em 2018 foi delimitado que 3,5 min é o ponto de corte para distinguir entre pacientes com DPOC com capacidade funcional normal e anormal <sup>(69)</sup>. Considerando este ponto de corte observa-se que ambos os grupos tem capacidade funcional reduzida.

Similarmente ao presente estudo, McKeough, Bye e Alison<sup>(32)</sup>, que realizaram protocolo de treinamento de pacientes com DPOC usando cicloergômetro de MMSS, também não observaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos, mas o grupo intervenção ultrapassou a DMCI no período pós-intervenção. No estudo de Wadell e cols<sup>(36)</sup> que fizeram RP usando cicloergômetro de MMSS, também observou-se redução na pontuação total, mas não nos domínios sintoma ou impacto, intra grupo RP, mas não entre os grupos RP e controle. No presente estudo a redução da pontuação ultrapassou a DMCI em todos os domínios no GI após intervenção.

Ramos-Cerqueira e Crepaldi <sup>(70)</sup> ressaltaram que a QVRS é relativa à percepção do indivíduo sobre o seu desempenho frente ao que se é considerado ideal, sendo assim, a perda da capacidade de realizar determinada atividade influenciará na sua percepção de desempenho e QVRS. Portanto, a QVRS de um indivíduo sofre influência importante da percepção de saúde e da sua atuação frente a sociedade <sup>(70)</sup>.

#### **3.4.1. FATORES LIMITANTES**

Uma intervenção prolongada como o proposto no presente estudo, 8 semanas de intervenção mais 2 semanas de avaliações (inicial e final), com limitação de apenas 1 equipamento em que se propôs fazer o mesmo número de sessões no GC e GI tem dificuldades implícitas como por exemplo, atingir o tamanho amostral. No presente estudo o cálculo amostral inicial estimou 24

participantes (12 em cada grupo), mas em decorrência da pandemia de COVID-19 não foi possível completar o período de coleta e atingir o tamanho amostral ideal.

Além de não termos conseguido atingir o número de pacientes previsto, a pandemia de COVID-19 não possibilitou a reavaliação de alguns indivíduos, totalizando 27% de dados faltantes. Estas limitações podem ter favorecido que não fossem encontrados resultados favoráveis à intervenção proposta.

Outro fator limitante foi a impossibilidade do incremento de carga gradualmente, apesar de aumentar apenas 0,5 N.m, o mínimo que o equipamento permitia, percebemos que o acréscimo por vezes não era tolerado pelo paciente, mesmo que no nível anterior estivesse sem sinais (objetivos e subjetivos) de esforço ou desconforto.

### **3.5. CONCLUSÃO**

Apesar de não ter encontrado relevância estatística, o presente estudo mostrou que o treinamento de MMSS no cicloergômetro adaptado proposto tende a ser eficaz na melhora da capacidade física e do estado funcional de pacientes com DPOC moderada a grave.

### **3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, Zu Wallack R, Nici L, Rochester C, et al. Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation: An official American thoracic society and European respiratory society statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;188(8):13–64.
4. Casaburi R, Gosselink R, Decramer M, Dekhuijzen R, Fournier M. Skeletal Muscle Dysfunction in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:S1–40.
5. Janaudis-Ferreira T, Hill K, Goldstein RS, Robles-Ribeiro P, Beauchamp MK, Dolmage TE, et al. Resistance arm training in patients with COPD: A randomized controlled trial. *Chest* 2011;139(1):151–8.
11. Costi S, Crisafulli E, Degli Antoni F, Beneventi C, Fabbri LM, Clini EM.

- Effects of unsupported upper extremity exercise training in patients with COPD: A randomized clinical trial. *Chest* 2009;136(2):387–95.
13. Skumlien S, Hagelund T, Bjørtuft Ø, Ryg MS. A field test of functional status as performance of activities of daily living in COPD patients. *Respir. Med.* 2006;100(2):316–23.
  14. Janaudis-Ferreira T, Beauchamp MK, Goldstein RS, Brooks D. How should we measure arm exercise capacity in patients with COPD? A systematic review. *Chest* 2012;141(1):111–20.
  16. Lima VP, Velloso M, Pessoa BP, Almeida FD, Ribeiro-samora GA, Janaudis-Ferreira T. Valores normativos para o teste Unsupported Upper Limb Exercise para adultos saudáveis no Brasil. *J. Bras. Pneumol.* [Internet] 2020;46(1):1–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-3713/e20180267>
  18. Janaudis-Ferreira T, Hill K, Goldstein RS, Wadell K, Brooks D. Arm Exercise Training in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *J. Cardiop. Rehabil. Prev.* 2009;29(5):277–83.
  19. Criner GJ, Celli BR. Effect of unsupported arm exercise on ventilatory muscle recruitment in patients with severe chronic airflow obstruction. *Am. Revi. Respir. Dis.* 1988;138(4):856–61.
  20. Janaudis-ferreira T. Strategies for exercise assessment and training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. [Internet]. 2010;(1360). Available from: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:345134/FULLTEXT01.pdf>
  22. Dourado VZ, Godoy I. Recondicionamento muscular na DPOC: Principais intervenções e novas tendências. *Rev. Bras. Med. do Esporte* 2004;10(4):331–8.
  24. Novais DV. Projeto e construção de um ergômetro para cadeirantes. 2010;
  25. Silva RAS. Construção e calibração de uma bicicleta de ciclismo indoor com graduação de carga. *Rev. Brasi. Cineantrop. Desemp. Hum.* 2006;8(2):85–91.
  27. Lake F, Henderson K, Briffa T, Openshaw J. Upper-limb and lower-limb exercise training in patients with chronic airflow obstruction. *Chest*

- 1990;97(5):1077–82.
29. Porta R, Vitacca M, Gile LS. Supported Arm Training in Patients Recently Weaned From Mechanical Ventilation. *Chest* 2005;128(4):2511–20.
  32. McKeough ZJ, Bye PTP, Alison JA. Arm exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial. *Chron. Respir. Dis.* 2012;9(3):153–62.
  35. O'Donnell DE, Guire MMC, Samis L, Webb KA, O'Donnell DE, McGuire M, et al. General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157(5 Pt 1):1489–97.
  36. Wadell K, Webb KA, Preston ME, Amornputtisathaporn N, Samis L, Patelli J, et al. Impact of pulmonary rehabilitation on the major dimensions of dyspnea in COPD. *COPD J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* 2013;10(4):425–35.
  39. Benedetti TRB, Antunes P de C, Rodriguez-Añez CR, Mazo GZ, Petroski EL. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) em homens idosos. *Rev. Bras. Med. do Esporte* 2007;13(1):11–6.
  43. Pessoa BV, Beltrame T, Pires Di Lorenzo VA, Catai AM, Borghi-Silva A, Jamami M. COPD patients' oxygen uptake and heart rate on-kinetics at cycle-ergometer: Correlation with their predictors of severity. *Braz. Jour. Phys. Ther.* 2013;17(2):152–62.
  49. Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Exercise training in COPD patients: The basic questions. *Eur. Respir. Jour.* 1997;10(12):2884–91.
  50. Martinez FJ, Couser JI, Celli BR. Respiratory response to arm elevation in patients with chronic airflow obstruction. *Am Rev Respir Dis.* 1991;143(3):476–80.
  51. GOLD. Strategy for Diagnosis, Management and Prevention of COPD [Internet]. 2018. Available from: [http://goldcopd.org/wp-content/uploads/2017/11/GOLD-2018-v6.0-FINAL-revised-20-Nov\\_WMS.pdf](http://goldcopd.org/wp-content/uploads/2017/11/GOLD-2018-v6.0-FINAL-revised-20-Nov_WMS.pdf)
  52. Weisman IM, Weisman IM, Marciniuk D, Martinez FJ, Sciruba F, Sue D, et al. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am. J.*

- Respir. Crit Care Med. 2003;167(2):211–77.
53. Guyatt G, Berman L, Townsend M, Pugsley S, Chambers L. A measure of quality of life for clinical trials in chronic lung disease. *Thorax* 1987;42(10):773–8.
  54. Jones PW. St George'S Respiratory Questionnaire Manual. 2009;2.3:0–16.
  55. Jones PW. Interpreting thresholds for a clinically significant change in health status in asthma and COPD. *Eur. Respi. Jour.* 2002;19(3):398–404.
  56. Dolmage TE, Janaudis-Ferreira T, Hill K, Price S, Brooks D, Goldstein RS. Arm elevation and coordinated breathing strategies in patients with COPD. *Chest* 2013;144(1):128–35.
  57. Vilaró J, Resqueti VR, Fregonezi GAF. Clinical assessment of exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Rev. Bras. Fisiot.* 2008;12(4):249–59.
  58. Lima VP, Velloso M, Almeida FD, Carmona B, Ribeiro-Samora GA, Janaudis-Ferreira T. Test–retest reliability of the unsupported upper-limb exercise test (UULEX) and 6-min peg board ring test (6PBRT) in healthy adult individuals. *Physiother. Theory Pract.* [Internet] 2018;00(00):1–7. Available from: <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1425786>
  59. Almeida FD. Teste das argolas de seis minutos e teste de exercício de membros superiores sem apoio: valores normativos para a população brasileira. 2017;
  60. Dechman G, Scherer SA. Outcome Measures in Cardiopulmonary Physical Therapy: Focus on the Glittre ADL-Test for People with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Cardiop. Phys. Ther. J.* [Internet] 2008;19(4):115–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2845232/>
  61. Andrade AAF. Avaliação do Glittre ADL Test como instrumento de classificação da capacidade funcional em indivíduos com doenças cardiovasculares. 2015;
  62. Reis C, Mayer AF. Equação de referência para o teste de avd glittre. 2014;

63. Gulart AA, Araujo CLP, Munari AB, Santos K dos;, Karloh M, Foscarini BG, et al. The minimal important difference for Glittre-ADL test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Brazilian J. Phys. Ther.* [Internet] 2020;24(1):54–60. Available from: <http://www.redalyc.org/html/930/93012686002/>
65. Jones PW. St. George's Respiratory Questionnaire: MCID. *COPD* 2005;2(1):75–9.
66. Casaburi R. Factors determining constant work rate exercise tolerance in COPD and their role indicating the minimal clinically important difference in response to interventions. *COPD J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* [Internet] 2005;2(1):131–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17136973/>
67. Lima VP, Almeida FD, Janaudis-Ferreira T, Carmona B, Ribeiro-Samora GA, Velloso M. Valores de referência para o teste de argolas de seis minutos em adultos saudáveis no Brasil. *J Bras Pneumol.* 2018;44(3):190–4.
68. Karloh M, Araujo CLP, Gulart AA. The Glittre-ADL test reflects functional performance measured by physical activities of daily living in patients with chronic obstructive pulmonary disease. 2015;1–8.
69. Gulart AA, Munari AB, Klein SR, Santos da Silveira L, Mayer AF. The Glittre-ADL Test Cut-Off Point to Discriminate Abnormal Functional Capacity in Patients with COPD. *COPD J. Chronic Obstr. Pulm. Dis.* [Internet] 2018;15(1):73–8. Available from: <https://doi.org/10.1080/15412555.2017.1369505>
70. Ramos-Cerqueira AT de A, Crepaldi AL. Qualidade de Vida em doenças pulmonares Crônicas : Aspectos Conceituais E Metodológicos. *J. Pneumol* 2000;26(4):207–13.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como abordado na contextualização, pacientes com DPOC e incapacidade funcional podem ter maior tolerância ao treinamento sem apoio ao realizarem um período de adaptação com o treinamento de MMSS em

cicloergômetro, reconquistando assim sua independência na execução de atividades cotidianas que envolvam os MMSS. No entanto, há dificuldade na utilização desses cicloergômetros, já que os mais acessíveis para compra não apresentam as características técnicas necessárias (mensuração da intensidade da carga de trabalho, da cadência de giro e regulagem de altura das manoplas) para a aplicação do treinamento com apoio de MMSS. Portanto, esta tese teve por objetivos propor adaptações em um cicloergômetro acessível para compra em sites de aparelhos de saúde, tornando-o apropriado para realização do treinamento de MMSS (artigo 1) e verificar os efeitos do seu uso no treinamento de MMSS de pacientes com DPOC moderada a grave (artigo 2).

Resumindo os resultados dos dois estudos apresentados nesta tese, observou-se de acordo com o artigo 1 que o cicloergômetro de MMSS adaptado foi capaz de avaliar a capacidade funcional ao reproduzir um TEI submáximo em pacientes com DPOC. As adaptações propostas para o equipamento podem ser úteis na prática clínica para treinamento de MMSS, sendo necessário a realização de ensaios clínicos para comprovar sua eficácia. Além disso, segundo o artigo 2, apesar de não ter encontrado relevância estatística, o presente estudo mostrou que o treinamento de MMSS no cicloergômetro adaptado proposto tende a ser eficaz na melhora da capacidade física e do estado funcional de pacientes com DPOC moderada a grave.

Apesar dos objetivos atingidos neste estudo, há que se considerar algumas limitações, tais como o reduzido tamanho amostral do artigo 2, causado por interrupções inesperadas na coleta dos dados devido a presente pandemia do Covid-19. Entretanto, acreditamos que os resultados obtidos foram promissores e podem contribuir para futuros ensaios clínicos envolvendo o treinamento de MMSS em cicloergômetro em pacientes com DPOC.

## 5. APÊNDICES

### A. MONITORIZAÇÃO DO TESTE DE EXERCÍCIO INCREMENTAL DE MMSS COM ANÁLISE DE GASES

	SpO <sub>2</sub> (%)	FC (bpm)	PA (mmHg)	Borg Dispneia	Borg MMII	Carga (N.m)
<b>Início</b>						
<b>1'</b>						
<b>2'</b>						
<b>3'</b>						
<b>4'</b>						
<b>5'</b>						
<b>6'</b>						
<b>7'</b>						
<b>8'</b>						
<b>9'</b>						
<b>10'</b>						
<b>11'</b>						
<b>12'</b>						
<b>13'</b>						
<b>14'</b>						
<b>15'</b>						
<b>Final</b>						
<b>Rec1'</b>						
<b>Rec3'</b>						
<b>Rec6'</b>						

Observação: \_\_\_\_\_

---



---



---



---

## B. MONITORIZAÇÃO DO TESTE DE CARGA CONSTANTE DE MMSS COM ANÁLISE DE GASES

	SpO <sub>2</sub> (%)	FC (bpm)	PA (mmHg)	Borg Dispneia	Borg MMII	TEMPO DE TESTE
<b>Início</b>						
<b>1'</b>						
<b>2'</b>						
<b>3'</b>						
<b>4'</b>						
<b>5'</b>						
<b>6'</b>						
<b>7'</b>						
<b>8'</b>						
<b>9'</b>						
<b>10'</b>						
<b>11'</b>						
<b>12'</b>						
<b>13'</b>						
<b>14'</b>						
<b>15'</b>						
<b>Final</b>						
<b>Rec1'</b>						
<b>Rec3'</b>						
<b>Rec6'</b>						

Observação: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### C. QUESTIONÁRIO DO HOSPITAL SAINT GEORGE NA DOENÇA RESPIRATÓRIA (SGRQ)

Esse questionário foi traduzido e validado no Brasil por Thais Costa de Sousa, José Roberto Jardim e Paul Jones.

Este questionário nos ajuda a compreender até que ponto a sua dificuldade respiratória o perturba e afeta a sua vida.

Nós o utilizamos para descobrir quais os aspectos da sua doença que causam mais problemas. Estamos interessados em saber o que você sente e não o que os médicos, enfermeiras e fisioterapeutas acham que você sente.

Leia atentamente as instruções.

Esclareça as dúvidas que tiver.

Não perca muito tempo nas suas respostas.

#### PARTE 1

♦ Nas perguntas abaixo, assinale aquela que melhor identifica seus problemas respiratórios nos últimos 3 meses.

♦ Obs.: Assinale um só quadrado para as questões de 01 a 08:

	Maioria dos dias da semana (5-7 dias)	Vários dias da semana (2-4 dias)	Alguns dias no mês	Só com infecções respiratórias	Nunca
1) Durante os últimos 3 meses eu tossi					
2) durante os últimos 3 meses tive catarro					
3) durante os últimos 3 meses tive falta de ar					
4) durante os últimos 3 meses tive chiado no peito					
5) Durante os últimos 3 meses, quantas vezes você teve crises graves de problemas respiratórios:					
Mais de 3	3	2	1		Nenhuma
6) Quanto tempo durou a pior dessas crises? (passe para a pergunta 7 se não teve crises graves)					
Uma semana ou	3 ou mais dias	1 ou 2 dias			Menos de 1 dia

mais

---

7) Durante os últimos 3 meses, em uma semana considerada como habitual, quantos dias bons (com poucos problemas respiratórios) você teve:

Nenhum dia	1 ou 2 dias	3 ou 4 dias	Quase todos os dias	Todos os dias
------------	-------------	-------------	---------------------	---------------

---

8) Se você tem “chiado no peito”, ele é pior de manhã?

Não	Sim
-----	-----

---

## PARTE 2

### Seção 1

A) assinale um só quadrado para descrever a sua doença respiratória:

É o meu maior problema	Me causa muitos problemas	Me causa alguns problemas	Não me causa nenhum problema
------------------------	---------------------------	---------------------------	------------------------------

---

B) Se você já teve um trabalho pago, assinale um dos quadrados:

(passe para a Seção 2, se você não trabalha)

- minha doença respiratória me obrigou a parar de trabalhar

---

- minha doença respiratória interfere (ou interferiu) com o meu trabalho normal ou já me obrigou a mudar de trabalho

---

- minha doença respiratória não afeta (ou não afetou) o meu trabalho

---

### Seção 2

As perguntas abaixo referem-se às atividades que normalmente têm provocado falta de ar em você nos últimos dias. Assinale com um “x” no quadrado de cada pergunta abaixo, indicando a resposta Sim ou Não, de acordo com o seu caso:

Sim	Não
-----	-----

- sentado/a ou deitado/a

---

- tomando banho ou vestindo

---

- 
- caminhando dentro de casa

---

  - caminhando em terreno plano

---

  - subindo um lance de escada

---

  - subindo ladeiras

---

  - praticando esportes ou jogos que impliquem esforço físico

---

### Seção 3

Mais algumas perguntas sobre a sua tosse e a sua falta de ar nos últimos dias. Assinale com um “x” no quadrado de cada pergunta abaixo, indicando a resposta Sim ou Não, de acordo com o seu caso:

- |  | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| - minha tosse me causa dor                           |     |     |
| - minha tosse me cansa                               |     |     |
| - tenho falta de ar quando falo                      |     |     |
| - tenho falta de ar quando dobro o corpo para frente |     |     |
| - minha tosse ou falta de ar perturba meu sono       |     |     |
| - fico exausto com facilidade                        |     |     |

### Seção 4

Perguntas sobre outros efeitos causados pela sua doença respiratória nos últimos dias. Assinale com um “x” no quadrado de cada pergunta abaixo, indicando a resposta Sim ou Não, de acordo com o seu caso:

- |  | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| – minha tosse ou falta de ar me deixam envergonhado/a em público                         |     |     |
| – minha doença respiratória é inconveniente para a minha família, amigos ou vizinhos     |     |     |
| – tenho medo ou mesmo pânico quando não consigo respirar                                 |     |     |
| – eu não espero nenhuma melhora da minha doença respiratória                             |     |     |
| – minha doença me debilitou fisicamente, o que faz com que eu precise da ajuda de alguém |     |     |
| – fazer exercício é arriscado para mim   |     |     |
| – tudo o que faço parece ser um esforço muito grande                                     |     |     |

## Seção 5

A) Perguntas sobre a sua medicação. Assinale com um “x” no quadrado de cada pergunta abaixo, indicando a resposta Sim ou Não, de acordo com o seu caso: (passe para a Seção 6 se não toma medicamentos)

	Sim	Não
– minha medicação não está me ajudando muito		
– fico envergonhado/a ao tomar medicamentos em público		
– minha medicação me provoca efeitos colaterais desagradáveis		
– minha medicação interfere muito com o meu dia-a-dia		

## Seção 6

As perguntas seguintes se referem às atividades que podem ser afetadas pela sua doença respiratória. Assinale com um “x” no quadrado de cada pergunta abaixo, indicando a resposta Sim se pelo menos uma parte da frase corresponde ao seu caso; se não, assinale Não.

	Sim	Não
– levo muito tempo para me lavar ou me vestir		
– demoro muito tempo ou não consigo tomar banho de chuveiro ou na banheira		
– ando mais devagar que as outras pessoas, ou tenho que parar para descansar		
– demoro muito tempo para realizar as tarefas como o trabalho da casa, ou tenho que parar para descansar		
– quando subo um lance de escada, vou muito devagar, ou tenho que parar para descansar		
– se estou apressado/a ou caminho mais depressa, tenho que parar para descansar ou ir mais devagar		
– por causa da minha doença respiratória, tenho dificuldade para fazer atividades como: subir ladeiras, carregar objetos subindo escadas, dançar		
– por causa da minha doença respiratória, tenho dificuldades para fazer atividades como: carregar grandes pesos, fazer “cooper”, andar muito rápido ou nadar		
– por causa da minha doença respiratória, tenho dificuldade para fazer atividades como: trabalho manual pesado, correr, nadar rápido ou praticar esportes muito cansativos		

## Seção 7

A) Assinale com um “x” no quadrado de cada pergunta abaixo, indicando a resposta Sim ou Não, para indicar outras atividades que geralmente podem ser afetadas pela sua doença respiratória no seu dia-a-dia: (não se esqueça que Sim só se aplica ao seu caso quando você não puder fazer essa atividade devido à sua doença respiratória).

Sim      Não

---

– praticar esportes ou jogos que impliquem esforço físico

---

– sair de casa para me divertir

---

– sair de casa para fazer compras

---

– fazer o trabalho da casa

---

– sair da cama ou da cadeira

---

B) A lista seguinte descreve uma série de outras atividades que o seu problema respiratório pode impedir você de realizar (você não tem que assinalar nenhuma das atividades, pretendemos apenas lembrá-lo das atividades que podem ser afetadas pela sua falta de ar).

– Passear a pé ou passear com o seu cachorro

– fazer o trabalho doméstico ou jardinagem

– ter relações sexuais

– ir à igreja, bar ou a locais de diversão

– sair com mau tempo ou permanecer em locais com fumaça de cigarro

– visitar a família e os amigos ou brincar com as crianças

Por favor, escreva qualquer outra atividade importante que sua doença respiratória pode impedir você de fazer:

---



---



---

C) Assinale com um “x” somente a resposta que melhor define a forma como você é afetado/a pela sua doença respiratória:

– não me impede de fazer nenhuma das coisas que eu gostaria de fazer

---

– me impede de fazer uma ou duas coisas que eu gostaria de fazer

---

– me impede de fazer a maioria das coisas que eu gostaria de fazer

---

---

– me impede de fazer tudo o que eu gostaria de fazer

---

Obrigado por responder ao questionário. Antes de terminar, verifique se você respondeu a todas as perguntas.

**D. 6 MINUTE PEGBOARD AND RING TEST – TESTE DAS ARGOLAS DE 6 MINUTOS****MONITORIZAÇÃO**

	<b>Início</b>	<b>Final</b>		
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>				
<b>FC (bpm)</b>				
<b>PA (mmHg)</b>				
<b>Borg Dispneia</b>				
<b>Borg MMSS</b>				
<b>Número de Argolas</b>	-			

Observação: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**E. TESTE DE ATIVIDADE DE VIDA DIÁRIA GLITTRE - AVD-TGLITTRÉ  
MONITORIZAÇÃO**

	Teste 1		Teste 2	
	Início	Final	Início	Final
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>				
<b>FC (bpm)</b>				
<b>PA (mmHg)</b>				
<b>Borg Dispneia</b>				
<b>Borg MMII</b>				
<b>TEMPO DE TESTE</b>	-		-	

Observação: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## F. QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA (IPAQ) VERSÃO CURTA

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_/ \_/ \_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( )

Você trabalha de forma remunerada: ( ) Sim ( ) Não

Quantas horas você trabalha por dia: \_\_\_\_\_

Quantos anos completos você estudou: \_\_\_\_\_

De forma geral sua saúde está: ( ) Excelente ( ) Muito boa ( ) Boa

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender quão ativos nós somos em relação a pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana NORMAL, USUAL ou HABITUAL. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo.

Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal.
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez:

1a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades VIGOROSAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar BASTANTE ou aumentem MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

Dias \_\_\_\_\_ por semana ( ) nenhum

1b. Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanta tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

2a. Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades MODERADAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suar leve ou aumentem moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NAO INCLUA CAMINHADA)

Dias \_\_\_\_\_ por semana ( ) nenhum

2b. Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades por dia?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

3a. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

Dias \_\_\_\_\_ por semana ( ) nenhum

3b. Nos dias em que você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos quanta tempo no total você gasta caminhando por dia?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

4a. Estas últimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo por dia você fica sentado em um dia da semana?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

4b. Quanto tempo por dia você fica sentado no final de semana?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

## 6. ANEXOS

### A. Submissão artigo 1.



**Saúde e Pesquisa** <naep@unicesumar.edu.br>

para mim ▾

qua., 24 de mar. 21:39



Luana Aparecida vieira Gonzaga,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "PROPOSTA DE CICLOERGÔMETRO DE MEMBRO SUPERIOR PARA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE FUNCIONAL DE PACIENTES DPOC." para Saúde e Pesquisa. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/saudpesq/authorDashboard/submission/9978>

Login: luanafisio

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Saúde e Pesquisa

Profa. Dra. Sônia Marques Gomes Bertolini Editora-Chefe Saúde e Pesquisa <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/saudpesq/index>

## B. Submissão artigo 2.



Luana Vieira &lt;professoraluanafisio@gmail.com&gt;

### Confirming submission to Brazilian Journal of Physical Therapy

1 mensagem

**Brazilian Journal of Physical Therapy** <em@editorialmanager.com>  
Responder a: Brazilian Journal of Physical Therapy <aizzalasa.bjpt@gmail.com>  
Para: Luana Aparecida Vieira Gonzaga <professoraluanafisio@gmail.com>

20 de julho de 2021 16:32

\*This is an automated message.\*

EFFECTS OF ADAPTED ARM CYLOERGOMETER TRAINING ON FUNCTIONAL AND EXERCISE CAPACITY AND QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH COPD.

Dear Dr Gonzaga,

We have received the above referenced manuscript you submitted to Brazilian Journal of Physical Therapy.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/bjpt/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,  
Brazilian Journal of Physical Therapy

More information and support

You will find information relevant for you as an author on Elsevier's Author Hub: <https://www.elsevier.com/authors>

FAQ: How can I reset a forgotten password?  
[https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/28452/supporthub/publishing/kw/editorial+manager/](https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/kw/editorial+manager/)

For further assistance, please visit our customer service site: <https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/bjpt/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.