

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PNEUMOLÓGICAS**

**Efeito do Teste de Caminhada dos Seis Minutos sobre as Propriedades  
Neuromusculares em Indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva  
Crônica**

**Juliana Saraiva Pereira**

Porto Alegre – RS, 2014.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PNEUMOLÓGICAS**

**Efeito do Teste de Caminhada dos Seis Minutos sobre as Propriedades  
Neuromusculares em Indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva  
Crônica**

Juliana Saraiva Pereira

**Orientador:** Prof. Dr. Alexandre Simões Dias

*Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Pneumológicas, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul .*

Porto Alegre – RS, 2014.

Catálogo na Publicação

*“A meta da vida não é a perfeição,  
mas o eterno processo de aperfeiçoamento,  
amadurecimento, refinamento.”*

*John Dewey*

## **Agradecimentos**

Agradeço, inicialmente, a Deus por minha vida e por guiar meu caminho sempre.

Ao meu marido, Fábio Cangeri Di Naso, por me incentivar e me ajudar em todos os momentos nestes últimos nove anos. Por ser meu grande parceiro, meu companheiro, meu amor. Te amo.

Aos meus pais, Júlio e Maria do Carmo, por me ensinarem os verdadeiros valores da vida e pelo amor incondicional.

A minha irmã, Luciana, aos meus avós, tios, primos, amigos e colegas de trabalho por compreenderem minha ausência em alguns momentos.

Ao meu orientador, Professor Dr. Alexandre Simões Dias; professor desde a graduação; pela oportunidade de desenvolver este trabalho. Obrigada pela compreensão, pela paciência e pelas palavras que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.

A Professora Marli Maria Knorst pela contribuição ao longo de todo o trabalho.

Aos Professores do mestrado pelas discussões que auxiliaram na construção do meu conhecimento e ao secretário Marco Aurélio.

Aos colegas Fernando Aguiar, Renata Krüger e Alice Oliveira pelo auxílio nas coletas com os pacientes e na análise de dados.

A equipe de médicos, técnicos e secretárias do Serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

A todos os pacientes e voluntários que participaram desta pesquisa e sem os quais não seria possível a obtenção destes resultados.

## **Sumário**

<b>Lista de abreviaturas e Siglas.....</b>	<b>8</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>9</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>10</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>11</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>12</b>
<b>1.Introdução.....</b>	<b>13</b>
<b>2.Revisão da Literatura.....</b>	<b>15</b>
2.1.Definição de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC).....	15
2.2.Epidemiologia.....	16
2.3.Diagnóstico.....	17
2.4. Sintomas e Fatores de Risco.....	19
2.5.Manifestações Sistêmicas da DPOC.....	19
2.5.1.Estado Nutricional.....	20
2.5.2. Alteração da Musculatura Periférica.....	21
2.5.3.Capacidade Funcional.....	22
2.6. Métodos de Avaliação na DPOC.....	24
2.6.1.Avaliação da Função Pulmonar (espirometria).....	24
2.6.2. Avaliação da Composição Corporal (antropometria).....	25
2.6.3. Avaliação da Capacidade Funcional (TC6').....	25
2.6.4. Avaliação da Força Muscular de Membros Inferiores (eletromiografia).....	27
<b>3. Justificativa.....</b>	<b>29</b>

<b>4. Objetivos.....</b>	<b>30</b>
4.1.Geral .....	30
4.2. Específicos.....	30
<b>5. Referências da revisão de literatura.....</b>	<b>34</b>
<b>6. Artigo.....</b>	<b>39</b>
<b>7.Conclusão.....</b>	<b>57</b>
<b>8. Considerações Finais.....</b>	<b>58</b>

### **Apendices**

Apendice A- Aprovação do Projeto no Comitê de Ética e Pesquisa.....	59
Apendice B- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	60

### **Anexos**

Anexo1 .Ficha de Avaliação .....	62
Anexo2 Escala de Borg Modificada.....	63

## Lista de abreviaturas e Siglas

**6MWT:** *six-minute walk test*

**ATS:** *American Toracic Society*

**BODE:** índice de prognóstico de mortalidade para DPOC (B=Body;  
O=Obstrutive; D= Dyspnea e E=Effort)

**CIVM:** contração isométrica voluntária máxima

**CVF:** capacidade vital forçada

**DPOC:** Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

**FC:** frequência cardíaca

**FR:** frequência respiratória

**GC:** Grupo controle

**GDPOC:** grupo com doença pulmonar obstrutiva crônica

**GOLD:** *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*

**HCPA:** Hospital de Clinicas de Porto Alegre

**IMC:** índice de massa corporal

**ISAK:** *International Society for the Advancement of Kineanthropometry*

**MT:** *motor time*

**MMRC:** índice de dispneia modificado *Medical Research Council*

**MVIC:** *maximum voluntary isometric contraction*

**PA:** pressão arterial

**PaO<sub>2</sub>:** pressão parcial de oxigênio no sangue arterial

**PaCO<sub>2</sub>:** pressão de gás carbônico no sangue arterial

**PMT:** *premotor time*

**RF:** músculo reto femoral

**SpO<sub>2</sub>:** saturação periférica de oxigênio

**TC6':** Teste de caminhada de seis minutos.

**TM:** tempo motor

**TMAX:** torque máximo

**TPM:** tempo pré-motor

**TRT:** tempo de reação total

**TRT:** *total reaction time*

**VEF<sub>1</sub>:** volume expiratório forçado no primeiro segundo

**VEF<sub>1</sub>/CVF:** relação entre volume expiratório forçado no primeiro segundo com  
a capacidade vital forçada

**VL:** músculo vasto lateral



## Lista de Tabelas

### Dissertação

Tabela 1- Classificação da DPOC pela gravidade segundo critérios da GOLD .....	31
Tabela 2- Escala de dispneia <i>Medical Research Council</i> .....	32
Tabela3- Índice de BODE (B= <i>Body</i> ; O= <i>Obstrutive</i> ; D= <i>Dyspnea</i> e E= <i>Effort</i> ).....	33

### Artigo

Tabela 1- Características clínicas e antropométricas dos pacientes e do grupo controle.....	54
Tabela 2- Análise das variáveis neuromusculares antes e após a realização do TC6'.....	55

## Lista de Figuras

### Artigo

Figura 1: Comparação da contração isométrica voluntária máxima pré e pós TC6' no grupo DPOC e no grupo controle.....56

## RESUMO

Objetivo: Avaliar as propriedades neuromecânicas musculares dos extensores do joelho antes e após o teste de caminhada de seis minutos (TC6') em indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e indivíduos controle. Métodos: Foram incluídos pacientes com DPOC que estavam em acompanhamento médico no Serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), os quais foram selecionados a partir da análise de prontuários. Os indivíduos do grupo controle foram selecionados através de pareamento de idade e sexo com o grupo DPOC. Foi realizada uma avaliação da composição corporal, além do teste de força de membros inferiores através de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos extensores de joelho antes e após o TC6'. Além disso, foi avaliado o tempo de reação total (TRT), tempo pré-motor (TPM) e tempo motor (TM) a partir da eletromiografia de superfície dos músculos extensores de joelho: vasto lateral e reto femoral. Resultados: Foram incluídos no estudo 18 indivíduos com DPOC (10 homens,  $VEF_1$   $36 \pm 12\%$  do previsto) e 8 indivíduos no grupo controle (5 homens,  $VEF_1$   $82 \pm 7\%$  do previsto). Os pacientes com DPOC desenvolveram uma menor força muscular, tanto pré ( $21,77 \pm 7,86$  kg) quanto pós ( $11,16 \pm 4,70$  kg) TC6' quando comparado com o grupo controle (pré  $33,50 \pm 14,01$ ; pós  $29,25 \pm 16,66$  kg). Houve redução significativa na CIVM após o TC6' e aumento significativo no TRT e TPM dos músculos avaliados no grupo DPOC, não ocorrendo no grupo controle. Os parâmetros de tempo de reação foram maiores no grupo DPOC após o TC6' quando comparados ao controle. Houve correlação inversa significativa entre o TRT ( $r = -0,535$ ,  $p < 0,005$ ) e o TPM ( $r = -0,549$ ,  $p < 0,005$ ) com a CIVM após o TC6'. Conclusão: Pacientes com DPOC apresentam alterações neuromusculares relacionadas com a ativação do neurônio motor superior que pode contribuir na redução da capacidade de contração muscular máxima após a realização do teste funcional.

**Palavras chave:** teste de caminhada dos seis minutos, doença pulmonar obstrutiva crônica, força muscular, eletromiografia.

## ABSTRACT

Objective: To evaluate the neuromechanical properties of the knee extensors muscles before and after the six minutes walk test (6MWT) in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease and control subjects (COPD). Methods: COPD patients who were under care at the Department of Pulmonology of the Hospital de Clinicas de Porto Alegre (HCPA), which were selected from the analysis of medical records were included. The control subjects were selected by matching age and sex with COPD. An assessment of body composition was performed in addition to lower limb strength by maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the knee extensors before and after the 6MWT. Furthermore, we evaluated the total reaction time (TRT), premotor time (PMT) and motor time (MT) from surface electromyography of knee extensor muscles: rectus femoris and vastus lateralis. Results: 18 patients with COPD (10 men, FEV1  $36 \pm 12\%$  predicted) and 8 subjects in the control group (5 men, FEV1  $82 \pm 7\%$  predicted) were included in the study. Patients with COPD developed lower muscle strength, both before ( $21.77 \pm 7.86$  kg) and after ( $11.16 \pm 4.70$  kg) 6MWT compared with the control group ( $33.50 \pm 14.01$  before; post  $29.25 \pm 16.66$  kg). There was a significant reduction in MVIC after the 6MWT and significant increase in TRT and PMT muscles evaluated in COPD does not occur in the control group. The parameters of reaction time were higher in the COPD group after the 6MWT compared to control. There was a significant inverse correlation between the TRT ( $r = -0.535$ ,  $p < 0.005$ ) and PMT ( $r = -0.549$ ,  $p < 0.005$ ) with the MVIC after the 6MWT. Conclusion: Patients with COPD present neuromuscular changes associated with activation of the upper motor neuron that may contribute to the impairment of maximal muscle contraction after performing the functional test.

Keywords: six minutes walk test, chronic obstructive pulmonary disease, muscle strength, electromyography.

## 1. INTRODUÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é definida como doença respiratória prevenível e tratável, caracterizada pela obstrução crônica ao fluxo aéreo que não é totalmente reversível. Essa obstrução é progressiva e está relacionada à resposta inflamatória anormal dos pulmões. Devido ao principal agente causador da doença ser a inalação de gases tóxicos (principalmente fumo), uma grande parcela da população é acometida <sup>1-3</sup>. A DPOC é considerada a quinta maior causa de internação no sistema público de saúde do Brasil, sendo observado em 2003 um total de 196.698 internações hospitalares de indivíduos maiores de 40 anos. Um gasto de aproximadamente 72 milhões de reais foi gerado, colocando a DPOC entre as principais doenças consumidoras de recursos públicos <sup>4</sup>.

A tosse é o sintoma mais encontrado, podendo ser produtiva na metade dos casos. Já a dispneia é o principal sintoma incapacitante e pode variar em diferentes graus de esforços <sup>4</sup>.

A DPOC, embora seja primariamente uma doença pulmonar, apresenta manifestações sistêmicas secundárias. A disfunção musculoesquelética e a fadiga muscular são de fundamental interesse clínico, pois influenciam os sintomas que limitam o exercício e contribuem de forma independente para mau estado de saúde, piora da qualidade de vida e aumento da utilização de cuidados de saúde <sup>5-8</sup>.

A fadiga contrátil muscular e a ativação neuromuscular podem ser avaliadas através da quantificação do declínio da capacidade de exercício após um protocolo de exercício <sup>9,10</sup>. Neste contexto, o teste de caminhada de seis

minutos (TC6') possui a finalidade de determinar uma relação com a aptidão física submáxima. O teste é baseado em uma atividade rotineira de fácil aceitação pelos pacientes e caracteriza-se como o principal teste de avaliação da capacidade de exercício por sua simplicidade e facilidade de realização e interpretação <sup>11,12</sup>.

Por isso, a avaliação do paciente com base apenas no teste de função pulmonar, torna-se mais restrita e ao mesmo tempo bastante generalista a ponto de não considerar o estado geral de saúde. Desta forma, percebe-se a necessidade da caracterização de funções neuromusculares após a realização de um estresse agudo tecidual, para compreender e identificar a capacidade de ativação neuromuscular e a produção de força antes e após uma atividade funcional em portadores de DPOC.

Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do teste de caminhada de seis minutos sobre as propriedades neuromecânicas musculares dos extensores do joelho em pacientes com DPOC e indivíduos saudáveis.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Definição de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é caracterizada por obstrução crônica ao fluxo aéreo, normalmente de forma progressiva, mas que pode ser revertida parcialmente. Neste sentido, vários fatores estão relacionados ao aparecimento da doença, podendo ser extrínsecos ou intrínsecos. Entre os fatores extrínsecos a inalação de gases tóxicos é apontada como o principal causador. Desta forma, o fumo, a exposição à fumaça de lenha e a poeira ocupacional, estão citadas como potentes agentes<sup>3,13</sup>. Fatores como, deficiência de alfa1-antitripsina, glutathione transferase e a hiperresponsividade crônica, estão entre os fatores intrínsecos encontrados<sup>14</sup>. Além disso, infecções respiratórias na infância, condições socioeconômicas, desnutrição e prematuridade também devem ser consideradas<sup>3,4</sup>.

O processo inflamatório produz um misto de alterações tanto do parênquima pulmonar (enfisema pulmonar) como de pequenas vias aéreas (bronqueolite obstrutiva) como de grandes vias aéreas (bronquite crônica). O grau de prevalência de cada característica varia de pessoa para pessoa e observa-se relação com os sintomas apresentados<sup>2,15</sup>.

Na bronquite crônica, os brônquios inflamados e espessos produzem cronicamente muco de forma excessiva. A tosse produtiva crônica por pelo menos três meses por dois anos consecutivos é a principal característica da doença. Não há uma causa definida para bronquite crônica, pois muitos fatores contribuem para o desenvolvimento da doença, entre eles o tabagismo, as infecções do trato respiratório e a poluição atmosférica. Na maioria dos casos,

a doença resulta em uma somação desses fatores, dentre os quais o tabagismo ocupa o primeiro lugar <sup>2,3</sup>.

No enfisema, há uma destruição e dilatação dos bronquíolos terminais e dos alvéolos, pela perda do recolhimento elástico. Esta característica favorece o aprisionamento de ar nos pulmões e a incapacidade de manter as vias aéreas abertas na expiração, aumentando a resistência ao fluxo de ar e favorecendo a hiperinsuflação pulmonar <sup>4</sup>.

## **2.2.Epidemiologia**

A DPOC é um importante problema de saúde pública com elevados gastos e grande morbidade e mortalidade. Sua prevalência varia entre os países e está relacionada ao consumo de tabaco <sup>16</sup>.

Segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde, 65 milhões de pessoas têm DPOC de moderada a grave. Em 2002, a DPOC foi a quinta maior causa de morte. Já 2005, a mortalidade foi de mais de 3 milhões de pessoas, o que corresponde a 5% de todas as mortes no mundo <sup>5</sup>. Dados epidemiológicos precisos sobre a DPOC são difíceis de coletar o que os torna caros. A maioria das informações disponíveis sobre a prevalência de DPOC, morbidade e mortalidade vêm de países de alta renda. Porém, quase 90% das mortes por DPOC ocorrem em países de baixa e média renda <sup>17</sup>.

Medidas urgentes para reduzir os fatores de risco subjacentes da doença precisam ser tomadas, especialmente a redução ou cessação do uso do tabaco; caso contrário o número total de mortes tende a aumentar em mais de 30% nos próximos 10 anos. Estimativas mostram que a DPOC torna-se em 2030 a terceira principal causa de morte no mundo <sup>18</sup>.



No Brasil, estima-se que até 12% da população acima de 40 anos tenha DPOC. De acordo com um estudo epidemiológico, a DPOC é aparentemente mais prevalente em homens (18% da população masculina) que em mulheres (14%). Esse mesmo padrão se reproduz em cidades como Santiago do Chile, Cidade do México, Montevideu e Caracas. No Brasil, a DPOC é responsável por cerca de 28% das mortes por doença respiratória <sup>19</sup>.

### **2.3.Diagnóstico**

O diagnóstico de DPOC é fundamental para traçar o tratamento adequado. Deve ser considerado nos indivíduos que apresentam os sintomas e que estiveram ou estão expostos a fatores desencadeadores da inflamação pulmonar <sup>20</sup>.

A Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia preconiza a utilização da espirometria como padrão áureo para a confirmação do diagnóstico. Deve ser realizada antes e após a administração de broncodilatador, de preferência em fase estável da doença. A espirometria permite a avaliação de uma multiplicidade de parâmetros, porém os mais importantes do ponto de vista de aplicação clínica são a capacidade vital forçada (CVF), o volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), e a relação  $VEF_1/CVF$ , pois mostram menor variabilidade inter e intra-individual. A existência de limitação do fluxo aéreo é definida pela presença da relação  $VEF_1/CVF$  abaixo de 0,70 pós-broncodilatador <sup>4</sup>.

Tradicionalmente a DPOC é definida pelo grau de obstrução a partir do  $VEF_1$  após o uso do broncodilatador. A *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD) propõem uma classificação segundo esses parâmetros

para determinar o grau de severidade da doença respiratória, variando de Leve- grau I- a grave- grau IV <sup>21</sup>.

A radiografia e a tomografia computadorizada também são utilizadas para descartar outras doenças e, geralmente, apresentam hiperinsuflação e destruição tecidual além do aumento do diâmetro ântero-posterior, elevação da cúpula diafragmática e horizontalização das costelas. A gasometria arterial é utilizada para avaliar a repercussão da doença sobre a ventilação e a troca gasosa. Dependendo da gravidade da doença, observa-se hipoxemia e hipercapnia com alteração do pH sanguíneo <sup>2</sup>.

A dispneia é o sintoma que gera maior incapacidade física e por consequência afeta a qualidade de vida. Algumas escalas como MMRC (*Modified Medical Research Council*) e escala de Borg são utilizadas para quantificar a percepção da dispneia. A MMRC tem-se mostrado com uma boa relação com o prognóstico <sup>22</sup>.

Mais recentemente, novos parâmetros estão sendo adotados com preditores de sobrevida. O índice de BODE, que é composto pela avaliação do índice de massa corporal (B), grau de obstrução das vias respiratórias (O), gravidade da dispneia (D) e a capacidade de exercício (E). O índice varia de 0 a 10 (23). Quanto maior o somatório dos itens, pior a sobrevida. Esta composição demonstrou melhor correlação com o prognóstico do que o VEF<sub>1</sub> de forma isolada <sup>23,24</sup>.

#### **2.4. Sintomas e Fatores de Risco**

Para um diagnóstico adequado e precoce, fatores de risco e sintomas clínicos devem ser avaliados com cuidado. Neste sentido, vários fatores estão

relacionados ao aparecimento da doença, podendo ser extrínsecos ou intrínsecos. Entre os fatores extrínsecos a inalação de gases tóxicos é apontada como o principal causador. Desta forma, o fumo, a exposição à fumaça de lenha e a poeira ocupacional, estão citadas como potentes agentes<sup>25</sup>.

Durante muito tempo, considerou-se que apenas 15% dos fumantes desenvolveriam DPOC. Contudo, mais recentemente demonstrou-se que a continuidade do tabagismo determinaria obstrução aérea em até 50% em indivíduos com mais de 70 anos<sup>25,26</sup>.

Entre os sintomas encontrados em pacientes com DPOC estão: tosse produtiva, dispnéia, fadiga e intolerância aos esforços. A tosse é o sintoma mais encontrado, podendo ser produtiva na metade dos casos. Já a dispnéia é o principal sintoma incapacitante e pode variar em diferentes graus de esforços<sup>2</sup>.

Fatores como, deficiência de alfa1-antitripsina, glutatona transferase e a hiperresponsividade crônica, estão entre os fatores intrínsecos encontrados. Além disso, infecções respiratórias na infância, condições socioeconômicas, desnutrição e prematuridade também devem ser consideradas<sup>4</sup>.

## **2.5. Manifestações Sistêmicas da DPOC**

Embora a DPOC acometa os pulmões, há diversas manifestações sistêmicas relacionadas a esta enfermidade. Observa-se a presença de inflamação sistêmica com alteração das citocinas circulantes, alterações de células inflamatórias e desequilíbrio entre a produção de radicais livres de oxigênio e a capacidade antioxidante<sup>27</sup>. O quadro clínico e as repercussões no

estado geral de saúde do paciente sofrem a influência dessas manifestações sistêmicas<sup>28</sup>.

Dentre as principais comorbidades pode-se destacar a alteração do estado nutricional, a disfunção muscular e a redução da capacidade de exercício<sup>29</sup>.

### **2.5.1.Estado Nutricional**

As alterações do estado nutricional em indivíduos com DPOC pode variar de sobrepeso e obesidade a casos de desnutrição. A perda de peso é normalmente associada com a progressão da doença e ao mau prognóstico nesses pacientes<sup>3,30</sup>.

O desequilíbrio entre o consumo e o gasto energético parece ser um fato envolvido nos casos de perda de peso. Além da presença de citocinas que podem estimular a anorexia e a proteólise, a hipoxemia crônica também pode alterar o estado nutricional em pacientes com DPOC<sup>31</sup>.

As principais consequências da desnutrição são o aumento da depleção proteica muscular, a queda do desempenho da musculatura, inclusive de músculos acessórios da respiração e maior probabilidade de insuficiência respiratória<sup>31</sup>.

## 2.5.2. Alteração da Musculatura Periférica

Alterações cardiorrespiratórias e a disfunção muscular periférica (DMP) contribuem para a redução da capacidade de exercício e da sobrevida em pacientes com DPOC <sup>5,32,33</sup>

A DMP tem sido caracterizada pela atrofia, perda de força e potencia muscular, além do aparecimento precoce de fadiga, que está relacionada a intolerância ao exercício <sup>5</sup>. O impacto da DMP se desenvolve por anormalidades na estrutura, na bioenergética e na função muscular. Entretanto as implicações clínicas devem-se principalmente pela alteração da massa, força e resistência muscular <sup>34</sup>.

Estudos demonstraram que a disfunção da musculatura periférica de indivíduos com DPOC limitam a capacidade de produção de força. Anormalidades estruturais morfológicas (atrofia das fibras musculares, apoptose de neurônios motores lentos e/ou aumento do percentual de fibras rápidas) e bioquímicas (relação capilaridade/mitocôndria e redução das enzimas oxidativas) colaboram com a redução da funcionalidade do músculo nas atividades de vida diária <sup>35-38</sup>.

Fatores como a desnutrição, miopatias pelo uso de corticoides, hipercapnia, descondicionamento muscular pelo desuso, hipoxemia, alterações hormonais e estresse oxidativo tem sido relacionados como potenciais fatores associados ao desenvolvimento da DMP<sup>33</sup>.

A redução de força muscular é predominante nos membros inferiores e, entre as explicações possíveis para este fato, podem ser citadas: atividades relacionadas ao desenvolvimento de marcha que são comumente evitadas pelos pacientes com DPOC em virtude da sensação de dispnéia, predomínio

das atividades de vida diária realizadas com os membros superiores e grande número de músculos da cintura escapular responsáveis tanto pela elevação dos braços como na respiração acessória <sup>4,12,28,39,40</sup>. Estes mecanismos parecem ser os principais responsáveis pela força muscular de membros superiores estar relativamente preservada nos pacientes com DPOC<sup>40</sup>.

A capacidade do desenvolvimento de força do músculo quadríceps femoral de pacientes com DPOC; pode apresentar uma redução média de 30% quando comparada a de idosos saudáveis. Tal resultado foi atribuído à redução das fibras do tipo I e ao aumento das fibras do tipo II, assim como à redução do metabolismo oxidativo e ao descondicionamento do músculo quadríceps. Além disso, a área de secção transversa da coxa é significativamente menor em indivíduos com DPOC, caracterizando um estado de inibição tecidual <sup>41</sup>.

A inibição muscular por sua vez, pode ser gerada tanto por aspectos morfológicos quanto neurais. Entretanto, os aspectos neurais prejudicam a capacidade de produção de força muscular por déficit de ativação central. Isto pode ocorrer devido a um distúrbio na transmissão neuromuscular, entre o Sistema Nervoso Central e a membrana muscular, e por déficit de ativação periférico, que por sua vez, pode levar a uma redução na capacidade de produção de força muscular devido à alteração na membrana muscular <sup>42</sup>.

### **2.5.3.Capacidade Funcional**

A redução da capacidade funcional e a intolerância ao esforço é uma marca que acompanha a DPOC e se associa ao aumento da mortalidade e conseqüente queda da qualidade de vida. O doente com DPOC tende a

diminuir a sua atividade física global devido à deterioração progressiva da função pulmonar, traduzida por percepção de cansaço ao realizar qualquer tipo de atividade física <sup>2</sup>.

Além da inflamação das vias aéreas, há evidências de inflamação sistêmica nos doentes com DPOC, tendo por base os mesmos mecanismos de estresse oxidativo e inflamação crônica que promovem as alterações a nível pulmonar. Esta condição tem reflexos na perda de massa muscular e consequente diminuição de força, alterações determinantes de descondicionamento físico global e prognóstico <sup>23</sup>.

O distúrbio ventilatório gera dispneia que limita e desencoraja a realização das atividades diárias e diminui a tolerância ao exercício. O indivíduo com DPOC entra em um círculo vicioso que para amenizar os sintomas acaba reduzindo as atividades que resulta em uma queda do condicionamento físico e piora do estado de saúde <sup>2</sup>.

A redução da atividade física altera a aptidão cardiovascular e ocorre o acúmulo de ácido láctico de forma mais precoce. A redução da força muscular é um importante fator que deve ser considerado na piora da capacidade de exercício <sup>39,43,44</sup>.

Portanto, vários mecanismos podem influenciar na capacidade funcional como a queda da saturação periférica de oxigênio <sup>45</sup>, a percepção de dispneia e função muscular <sup>43</sup>.

## **2.6. Métodos de Avaliação**

### **2.6.1. Avaliação da Função Pulmonar (Espirometria)**

A espirometria exige a compreensão e a colaboração do paciente, equipamentos exatos e emprego de técnicas padronizadas aplicadas, devendo ser realizadas, aproximadamente, no mesmo período do dia. Os valores obtidos são comparados a valores previstos. Para a realização do teste e verificação das medidas dos fluxos e volumes pulmonares, o indivíduo deve ficar em repouso por cinco a dez minutos antes do mesmo. O procedimento deve ser explanado cuidadosamente, enfatizando a necessidade de evitar vazamentos aéreos. O paciente adota a postura sentada com a cabeça mantida na posição neutra, fazendo o uso de um clipe nasal. O indivíduo é orientado, inicialmente, para inspirar até a capacidade pulmonar total (CPT), fazendo, então, uma pausa inspiratória, a qual não deve ultrapassar 3 segundos. A seguir, deve ser estimulado rigorosamente a executar uma expiração rápida e intensa, para que o esforço seja “explosivo” no início da manobra. Durante a fase expiratória, o avaliador observa o indivíduo e estimula positivamente, para que o esforço seja mantido pelo tempo necessário (i. e. no mínimo seis segundos em adultos, se valores normais, ou dez segundos, em indivíduos com obstrução brônquica) <sup>4</sup> Com base nos valores espirométricos a severidade da doença é classificada de acordo com critérios aceitos internacionalmente determinados pela GOLD.



### **2.6.2. Avaliação da Composição Corporal (antropometria)**

A avaliação antropométrica mede, de maneira estática, os diversos compartimentos corporais. Os resultados obtidos pela avaliação antropométrica são indicadores objetivos e necessários para a prática clínica de avaliação nutricional; incluem medida da massa corporal, altura, dobra cutânea e circunferência dos membros. Estes indicadores determinam a mensuração global de todos os compartimentos.

A antropometria é bastante empregada na avaliação do estado nutricional devido a sua fácil aplicabilidade, baixo custo e por ser um método não invasivo. Utiliza-se a avaliação da composição corporal para identificar a condição inicial do indivíduo, com o objetivo de verificar sua quantidade e distribuição de gordura corporal <sup>46</sup>. A avaliação da composição corporal tem sido realizada em pacientes com DPOC com o objetivo de avaliar a depleção nutricional <sup>47</sup>.

### **2.6.3. Avaliação da Capacidade Funcional (TC6')**

O teste de caminhada de seis minutos (TC6') se constitui em uma adaptação do teste introduzido por Kenneth Cooper em 1968, com a finalidade de determinar a relação entre a aptidão física e o consumo máximo de oxigênio. Tal teste é baseado em uma atividade rotineira de fácil aceitação pelos pacientes: a caminhada. Assim, é verificada a distância percorrida pelo avaliado dentro de um período de seis minutos, em terreno plano, com uma distância mínima de 30 metros de corredor e estímulo verbal padronizado <sup>48,49</sup>.

Inicialmente, o TC6' foi preconizado para indivíduos saudáveis. Porém, atualmente tem sido utilizado em portadores de patologias, sendo considerado

um teste seguro, com método reprodutível e confiável. Além disso, caracteriza-se como o principal teste de avaliação da capacidade de exercício por sua simplicidade e facilidade de realização e interpretação. O TC6' é utilizado para avaliar o esforço submáximo <sup>49</sup>, indicando a capacidade de realização de atividades de vida diárias, podendo ser executado por idosos e pacientes em condições graves de saúde <sup>28,50</sup>

Antes de iniciar a caminhada (paciente em repouso), próximo ao ponto de partida da caminhada, são coletados os seguintes dados: pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC) e saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) e a frequência respiratória (FR) pela observação das incursões ventilatórias pelo tempo de um minuto. Durante o teste o paciente também é monitorado pelo oxímetro de pulso, controlando-se a FC e a SpO<sub>2</sub>.

O paciente é estimulado verbalmente a cada minuto transcorrido, para prosseguir a caminhada. No caso de se sentir cansado, ele pode diminuir o ritmo da caminhada, ou até mesmo parar, sendo que neste último caso o cronômetro não é parado até completar o tempo de seis minutos.

No início e no final do teste a dispnéia é avaliada através da escala de dispnéia de Borg Modificada. Esta é uma escala que varia 0 a 10 pontos, e o paciente escolhe qual a intensidade de sua dispnéia no momento da avaliação. O valor zero significa nenhuma dispnéia e o valor dez a máxima dispnéia apresentada. O paciente é sempre estimulado a andar o mais rápido que puder. Após é calculado o percentual caminhado a partir do valor previsto, com base no sexo, peso, altura e idade do paciente <sup>48,51</sup>.

O teste mostra-se como um bom preditor de mortalidade e morbidade, além de ser possível controlar a queda na SpO<sub>2</sub> durante o exercício <sup>50</sup>.

#### **2.6.4. Avaliação da Força Muscular de Membros Inferiores (eletromiografia)**

A força muscular pode ser compreendida como a capacidade de um músculo ou grupo muscular de gerar tensão. Pode ser avaliada de diferentes formas, tanto de maneira estática quanto dinâmica <sup>52</sup>.

A fraqueza muscular dos membros inferiores altera as propriedades contráteis destes tecidos e por consequência a biomecânica articular gerando dificuldades para a manutenção de diferentes níveis de atividade física o que pode gerar uma interrupção precoce do exercício <sup>39</sup>. Nesse sentido, diante da importância que os músculos extensores de joelho possuem para a locomoção e demais atividades de vida diária dos indivíduos <sup>53</sup>, estes grupamentos musculares são mais utilizados para investigar os efeitos da doença pulmonar sobre a função muscular periférica <sup>54,55</sup>.

A eletromiografia de superfície (EMGs) é uma ferramenta amplamente utilizada como método não-invasivo de avaliação da função muscular por meio da colocação de eletrodos sobre a pele. É possível o diagnóstico de disfunções neurais e/ou metabólicas desencadeadas por processos patológicos e observar a modulação da força muscular em situações de esforço devido a sua sensibilidade às alterações fisiológicas e morfológicas no músculo <sup>56</sup> O estudo da função muscular pela EMGs resulta da análise da atividade elétrica do músculo por meio da determinação da somatória dos potenciais de ação de todas as fibras musculares <sup>11</sup>.

Alguns trabalhos têm utilizado a eletromiografia de superfície para avaliar a ativação elétrica, a força e a fadiga muscular de quadríceps em

pacientes com DPOC frente a diferentes modalidades de exercícios como o teste de caminhada de seis minutos, cicloergometro, teste senta-levanta e teste de *endurance* muscular localizada<sup>55,57-59</sup>.

### **3. JUSTIFICATIVA**

A doença pulmonar obstrutiva crônica, por suas características sistêmicas, pode gerar limitações físico-funcionais. A função pulmonar, a saturação de oxigênio e o grau de dispneia, força da musculatura periférica e fadiga de membros inferiores são apontados como alguns fatores responsáveis pela diminuição das atividades.

A capacidade do desenvolvimento de força muscular na DPOC, pode apresentar uma redução quando comparada a indivíduos saudáveis. A inibição muscular por sua vez, pode ser gerada tanto por aspectos morfológicos quanto neurais. Entretanto, os aspectos neurais prejudicam a capacidade de produção de força muscular por déficit de ativação central. Isto pode ocorrer devido a um distúrbio na transmissão neuromuscular, entre o Sistema Nervoso Central e a membrana muscular, e por déficit de ativação periférico, que por sua vez, pode levar a uma redução na capacidade de produção de força muscular devido à alteração na membrana muscular.

Embora estudos prévios tenham utilizado a eletromiografia para avaliar aspectos neurofisiológicos da fadiga muscular, desfechos como o tempo de reação total, tempo motor e tempo pré-motor nunca antes foram descritos para este fim.

A partir dos resultados destas investigações poderemos observar o comportamento muscular em indivíduos com e sem DPOC; além de ter ciência dos reais elementos que minimizem o estresse agudo causado após a realização de um teste funcional, como o teste da caminhada dos seis minutos. Com este entendimento poderemos estabelecer melhores parâmetros de avaliação e tratamento para pacientes com DPOC.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Geral**

Avaliar as propriedades neuromecânicas musculares dos extensores de joelho antes e após o teste de caminhada de seis minutos em pacientes com DPOC e indivíduos hígidos.

### **4.2. Específicos**

1. Mensurar a força muscular de extensores de joelho por meio de contração isométrica voluntária máxima (antes e após um teste de capacidade funcional), assim como o tempo de reação neuromuscular;
2. Comparar intergrupo e intragrupo a contração isométrica voluntária máxima e o tempo de reação total assim como o tempo pré-motor e tempo motor antes e após um teste de caminhada de seis minutos;
3. Correlacionar a função pulmonar e as variáveis do TC6' e de força muscular;
4. Correlacionar o tempo de reação neuromuscular e a Contração isométrica voluntária máxima.

**TABELA 1- Classificação da DPOC pela gravidade segundo critérios da  
*Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)***

<b>CLASSIFICAÇÃO DA DPOC PELA GRAVIDADE SEGUNDO CRITÉRIOS DA GOLD AVALIAÇÃO PÓS-BRONCODILATADOR</b>		
GOLD I	LEVE	VEF <sub>1</sub> /CVF < 0,70 VEF <sub>1</sub> ≥ 80% previsto
GOLD II	MODERADO	VEF <sub>1</sub> /CVF < 0,70 VEF <sub>1</sub> ≥ 50% e < 80% previsto
GOLD III	GRAVE	VEF <sub>1</sub> /CVF < 0,70 VEF <sub>1</sub> ≥ 30% e < 50% previsto
GOLD IV	MUITO GRAVE	VEF <sub>1</sub> /CVF < 0,70 VEF <sub>1</sub> < 30% previsto ou < 50% previsto + insuficiência respiratória crônica*

\* PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg com ou sem PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg

VEF<sub>1</sub>: Volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: Capacidade vital forçada

PaO<sub>2</sub>: Pressão parcial de Oxigênio Arterial

*GOLD 2011*

**TABELA 2- Escala de dispneia Medical Research Council**

---

**Escala de dispneia MMRC**

---

*(Medical Research Council)*

---

<b>Grau</b>	<b>Descrição</b>
<b>0</b>	Sem problemas de falta de ar, exceto ao exercício intenso
<b>1</b>	Falta de ar quando caminha apressado no plano ou quando sobe ladeira “leve”
<b>2</b>	Caminha mais levemente do que pessoas da sua idade no plano por causa de falta de ar ou tem que parar para respirar quando caminha no seu próprio passo no plano
<b>3</b>	Parar para respirar após caminhar cerca de 100m ou após andar poucos minutos no plano
<b>4</b>	Muita falta de ar para sair de casa, ou falta de ar quando tira ou veste a roupa

---

*Modificado de Brooks, 1982*



**TABELA 3- Índice de Bode**

<b>Pontos</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>VEF1%</b>	$\geq 65$	50-64	36-49	$\leq 35$
<b>Dist. No TC6'' (m)</b>	$\geq 350$	250-349	150-249	<150
<b>MMRC</b>	0-1	2	3	4
<b>IMC</b>	>21	$\leq 21$		

**VEF<sub>1</sub>**: volume expiratório forçado no primeiro segundo ; **TC6'**: Teste de caminhada de seis minutos; **MMRC**: índice de dispneia modificado *Medical Research Council*; **IMC**: índice de massa corporal

Pontuação: 0 = melhor a 10= Péssimo

*Celli, 2004*

## Referências da revisão Bibliográfica

1. Fabbri L, Pauwels RA, Hurd SS, Committee GS. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: GOLD Executive Summary updated 2003. *Copd*. 2004 Apr;1(1):105-41; discussion 3-4..
2. Vestbo J, Hurd SS, Agusti AG, Jones PW, Vogelmeier C, Anzueto A, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2013 Feb 15;187(4):347-65.
3. Schols AM. Nutrition in chronic obstructive pulmonary disease. *Current opinion in pulmonary medicine*. 2000 Mar;6(2):110-5.
4. II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. *J Pneumol*. 2004;30(5s): S1-42.
5. Bernard S, LeBlanc P, Whittom F, Carrier G, Jobin J, Belleau R, et al. Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1998 Aug;158(2):629-34.
6. Van Cutsem M, Duchateau J, Hainaut K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *The Journal of physiology*. 1998 Nov 15;513 ( Pt 1):295-305.
7. Wouters EF. Local and systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. *Proceedings of the American Thoracic Society*. 2005;2(1):26-33. PubMed
8. Wust RC, Degens H. Factors contributing to muscle wasting and dysfunction in COPD patients. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2007;2(3):289-300.
9. Zattara-Hartmann MC, Badier M, Guillot C, Tomei C, Jammes Y. Maximal force and endurance to fatigue of respiratory and skeletal muscles in chronic hypoxemic patients: the effects of oxygen breathing. *Muscle & nerve*. 1995 May;18(5):495-502.
10. Wehrmeister FC, Knorst M, Jardim JR, Macedo EC, Noal RB, Martinez-Mesa J, et al. Pulmonary rehabilitation programs for patients with COPD. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2011 Jul-Aug;37(4):544-55.
11. Rondelli RR, Dal Corso S, Simoes A, Malaguti C. Methods for the assessment of peripheral muscle fatigue and its energy and metabolic determinants in COPD. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2009 Nov;35(11):1125-35.

12. Rasekaba T, Lee AL, Naughton MT, Williams TJ, Holland AE. The six-minute walk test: a useful metric for the cardiopulmonary patient. *Internal medicine journal*. 2009 Aug;39(8):495-501.
13. Bagatin E, Jardim JR, Stirbulov R. [Occupational chronic obstructive pulmonary disease]. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2006;32 Suppl 2:S35-40.
14. MacNee W. Pulmonary and systemic oxidant/antioxidant imbalance in chronic obstructive pulmonary disease. *Proceedings of the American Thoracic Society*. 2005;2(1):50-60.
15. Marquez-Martin E, Ramos PC, Lopez-Campos JL, Serrano Gotarredona Mdel P, Herrero SN, Aguilar RT, et al. Components of physical capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease: relationship with phenotypic expression. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2011;6:105-12.
16. Raheison C, Girodet PO. Epidemiology of COPD. *European respiratory review: an official journal of the European Respiratory Society*. 2009 Dec;18(114):213-21.
17. Burden of COPD. [www.who.int/respiratory/copd/burden/en/index.html](http://www.who.int/respiratory/copd/burden/en/index.html).
18. Laurendi G, Mele S, Centanni S, Donner CF, Falcone F, Frateiaci S, et al. Global alliance against chronic respiratory diseases in Italy (GARD-Italy): strategy and activities. *Respiratory medicine*. 2012 Jan;106(1):1-8.
19. Menezes AM, Muino A, Lopez-Varela MV, Valdivia G, Lisboa C, Jardim JR, et al. A Population-Based Cohort Study on Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Latin America: Methods and Preliminary Results. The PLATINO Study Phase II. *Archivos de bronconeumologia*. 2014 Jan;50(1):10-7.
20. Murray CJ, Lopez AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study. *Lancet*. 1997 May 24;349(9064):1498-504.
21. Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, Barnes PJ, Buist SA, Calverley P, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2007 Sep 15;176(6):532-55.
22. Kovelis D, Segretti NO, Probst VS, Lareau SC, Brunetto AF, Pitta F. Validation of the Modified Pulmonary Functional Status and Dyspnea Questionnaire and the Medical Research Council scale for use in Brazilian patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2008 Dec;34(12):1008-18.
23. Celli BR, Cote CG, Marin JM, Casanova C, Montes de Oca M, Mendez RA, et al. The body-mass index, airflow obstruction, dyspnea, and exercise capacity index in chronic obstructive pulmonary disease. *The New England journal of medicine*. 2004 Mar 4;350(10):1005-12.

24. Cardoso F, Tufanin AT, Colucci M, Nascimento O, Jardim JR. Replacement of the 6-min walk test with maximal oxygen consumption in the BODE Index applied to patients with COPD: an equivalency study. *Chest*. 2007 Aug;132(2):477-82.
25. Bagatin E JJ, Stirbulov R. Doença pulmonar obstrutiva crônica ocupacional. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicação oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2006;32 (supl 2): S53-58.
26. Carvalho AK, Menezes AM, Camelier A, Rosa FW, Nascimento OA, Perez-Padilla R, et al. Prevalence of self-reported chronic diseases in individuals over the age of 40 in Sao Paulo, Brazil: the PLATINO study. *Cadernos de saúde pública*. 2012 May;28(5):905-12.
27. O'Donnell DE. Hyperinflation, dyspnea, and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Proceedings of the American Thoracic Society*. 2006 Apr;3(2):180-4.
28. Dourado VZ, Tanni SE, Vale SA, Faganello MM, Sanchez FF, Godoy I. Systemic manifestations in chronic obstructive pulmonary disease. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicação oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*. 2006 Mar-Apr;32(2):161-71.
29. Aliverti A, Macklem PT. The major limitation to exercise performance in COPD is inadequate energy supply to the respiratory and locomotor muscles. *J Appl Physiol* (1985). 2008 Aug;105(2):749-51; discussion 55-7.
30. Lee H, Kim S, Lim Y, Gwon H, Kim Y, Ahn JJ, et al. Nutritional status and disease severity in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Archives of gerontology and geriatrics*. 2013 May-Jun;56(3):518-23.
31. Laveneziana P, Palange P, Faculty ERSRS. Physical activity, nutritional status and systemic inflammation in COPD. *The European respiratory journal*. 2012 Sep;40(3):522-9.
32. Swallow EB, Reyes D, Hopkinson NS, Man WD, Porcher R, Cetti EJ, et al. Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 2007 Feb;62(2):115-20.
33. Debigare R, Maltais F. The major limitation to exercise performance in COPD is lower limb muscle dysfunction. *J Appl Physiol* (1985). 2008 Aug;105(2):751-3; discussion 5-7.
34. Eisner MD, Blanc PD, Yelin EH, Sidney S, Katz PP, Ackerson L, et al. COPD as a systemic disease: impact on physical functional limitations. *The American journal of medicine*. 2008 Sep;121(9):789-96.
35. Green HJ, Burnett ME, D'Arsigny C, Iqbal S, Ouyang J, Webb KA, et al. Muscle fiber type characteristics in females with chronic obstructive pulmonary disease. A preliminary study. *Journal of molecular histology*. 2009 Feb;40(1):41-51.

36. Naimi AI, Bourbeau J, Perrault H, Baril J, Wright-Paradis C, Rossi A, et al. Altered mitochondrial regulation in quadriceps muscles of patients with COPD. *Clinical physiology and functional imaging*. 2011 Mar;31(2):124-31.
37. Vogiatzis I, Terzis G, Stratakos G, Cherouveim E, Athanasopoulos D, Spetsioti S, et al. Effect of pulmonary rehabilitation on peripheral muscle fiber remodeling in patients with COPD in GOLD stages II to IV. *Chest*. 2011 Sep;140(3):744-52.
38. Gosker HR, van Mameren H, van Dijk PJ, Engelen MP, van der Vusse GJ, Wouters EF, et al. Skeletal muscle fibre-type shifting and metabolic profile in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The European respiratory journal*. 2002 Apr;19(4):617-25.
39. Gosker HR, Schols AM. Fatigued muscles in COPD but no finishing line in sight. *The European respiratory journal*. 2008 Apr;31(4):693-4.
40. Miranda EF, Malaguti C, Corso SD. Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs. *Jornal brasileiro de pneumologia : publicacao oficial da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisilogia*. 2011 May-Jun;37(3):380-8.
41. Haccoun C, Smountas AA, Gibbons WJ, Bourbeau J, Lands LC. Isokinetic muscle function in COPD. *Chest*. 2002 Apr;121(4):1079-84.
42. Malaguti C, Nery LE, Dal Corso S, Napolis L, De Fuccio MB, Castro M, et al. Scaling skeletal muscle function to mass in patients with moderate-to-severe COPD. *European journal of applied physiology*. 2006 Nov;98(5):482-8.
43. Jenkins S, Cecins N. Six-minute walk test: observed adverse events and oxygen desaturation in a large cohort of patients with chronic lung disease. *Internal medicine journal*. 2011 May;41(5):416-22.
44. Neder JA, Jones PW, Nery LE, Whipp BJ. Determinants of the exercise endurance capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. The power-duration relationship. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2000 Aug;162(2 Pt 1):497-504.
45. Mak VH, Bugler JR, Roberts CM, Spiro SG. Effect of arterial oxygen desaturation on six minute walk distance, perceived effort, and perceived breathlessness in patients with airflow limitation. *Thorax*. 1993 Jan;48(1):33-8.
46. Waitzberg DL, Campos AC. Nutrition support in Brazil: past, present, and future perspectives. *JPEN Journal of parenteral and enteral nutrition*. 2004 May-Jun;28(3):184-91.
47. Baarends EM, Schols AM, van Marken Lichtenbelt WD, Wouters EF. Analysis of body water compartments in relation to tissue depletion in clinically stable patients with chronic obstructive pulmonary disease. *The American journal of clinical nutrition*. 1997 Jan;65(1):88-94.

48. Laboratories ATSCoPSfCPF. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. American journal of respiratory and critical care medicine. 2002 Jul 1;166(1):111-7.
49. Moreira MACM, M.R.; Tannus, R. Teste de caminhada de seis minutos em pacientes com DPOC durante programa de reabilitação. . J Pneumol 2001 (27(6)):295-300.
50. Carter R, Holiday DB, Nwasuruba C, Stocks J, Grothues C, Tjep B. 6-minute walk work for assessment of functional capacity in patients with COPD. Chest. 2003 May;123(5):1408-15.
51. Wong R, Sibley KM, Hudani M, Roeland S, Visconti M, Balsano J, et al. Characteristics of people with chronic lung disease who rest during the six-minute walk test. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2010 Nov;91(11):1765-9.
52. Force ERST, Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. The European respiratory journal. 2007 Jan;29(1):185-209.
53. Stackhouse SK, Dean JC, Lee SC, Binder-MacLeod SA. Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. Muscle & nerve. 2000 Nov;23(11):1706-12.
54. Harridge SD, Kryger A, Stensgaard A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. Muscle & nerve. 1999 Jul;22(7):831-9.
55. Mador MJ, Bozkanat E, Kufel TJ. Quadriceps fatigue after cycle exercise in patients with COPD compared with healthy control subjects. Chest. 2003 Apr;123(4):1104-11.
56. Stegeman DF, Blok JH, Hermens HJ, Roeleveld K. Surface EMG models: properties and applications. Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 2000 Oct;10(5):313-26.

## 6.Artigo

# **Efeito do Teste de Caminhada dos Seis Minutos sobre as Propriedades Neuromusculares em Indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica**

Juliana Saraiva Pereira<sup>1</sup>; Fernando de Aguiar Lemos<sup>2</sup>; Renata Krüger<sup>2</sup>; Alice de Oliveira<sup>3</sup>; Marli Maria Knorst<sup>4</sup>, Alexandre Simões Dias<sup>5</sup>.

1. Fisioterapeuta, aluna do Programa de Pós Graduação em Ciências Pneumológicas, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS.
2. Educador (a) Físico (a), aluno (a) Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano, Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
3. Fisioterapeuta, Docente do curso de fisioterapia da Universidade Católica de Pelotas.
4. Fisioterapeuta, Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
5. Médica do Serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, docente do programa de Pós-graduação em Ciências Pneumológicas da UFRGS.
6. Docente dos Programas de Pós-graduação em Ciências Pneumológicas e Ciências do Movimento Humano-UFRGS e Chefe do Serviço de Fisioterapia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

### Correspondência

Juliana Saraiva Pereira  
Av. Eng. Ary de Abreu Lima, 320/201.  
91360-070, Porto Alegre-RS- Brasil  
Tel: (51) 98772416.  
E-mail: jusaraiva21@yahoo.com.br

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar as propriedades neuromecânicas musculares dos extensores do joelho antes e após o teste de caminhada de seis minutos (TC6') em indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e indivíduos controle. **Métodos:** Foram incluídos pacientes com DPOC que estavam em acompanhamento médico no Serviço de Pneumologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), os quais foram selecionados a partir da análise de prontuários. Os indivíduos do grupo controle foram selecionados através de pareamento de idade e sexo com o grupo DPOC. Foi realizada uma avaliação da composição corporal, além do teste de força de membros inferiores através de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos extensores de joelho antes e após o TC6'. Além disso, foi avaliado o tempo de reação total (TRT), tempo pré-motor (TPM) e tempo motor (TM) a partir da eletromiografia de superfície dos músculos extensores de joelho: vasto lateral e reto femoral. **Resultados:** Foram incluídos no estudo 18 indivíduos com DPOC (10 homens,  $VEF_1$   $36\pm 12\%$  do previsto) e 8 indivíduos no grupo controle (5 homens,  $VEF_1$   $82\pm 7\%$  do previsto). Os pacientes com DPOC desenvolveram uma menor força muscular, tanto pré ( $21,77\pm 7,86$ kg) quanto pós ( $11,16\pm 4,70$ kg) TC6' quando comparado com o grupo controle (pré  $33,50 \pm 14,01$ ; pós  $29,25\pm 16,66$ kg). Houve redução significativa na CIVM após o TC6' e aumento significativo no TRT e TPM dos músculos avaliados no grupo DPOC, não ocorrendo no grupo controle. Os parâmetros de tempo de reação foram maiores no grupo DPOC após o TC6' quando comparados ao controle. Houve correlação inversa significativa entre o TRT ( $r = -0,535$ ,  $p < 0,005$ ) e o TPM ( $r = -0,549$ ,  $p < 0,005$ ) com a CIVM após o TC6'. **Conclusão:** Pacientes com DPOC apresentam alterações neuromusculares relacionadas com a ativação do neurônio motor superior que pode contribuir na redução da capacidade de contração muscular máxima após a realização do teste funcional.

**Palavras chave:** teste de caminhada dos seis minutos, doença pulmonar obstrutiva crônica, força muscular, eletromiografia.



## Introdução

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é definida como doença respiratória prevenível e tratável, caracterizada por obstrução crônica ao fluxo aéreo que não é totalmente reversível. Essa obstrução é progressiva e está relacionada à resposta inflamatória anormal dos pulmões. Devido ao principal agente causador da doença ser a inalação de gases tóxicos (principalmente fumo), uma grande parcela da população é acometida <sup>1,2</sup>.

Embora seja primariamente uma doença pulmonar, a DPOC apresenta manifestações sistêmicas secundárias. A disfunção musculoesquelética é de fundamental interesse clínico, pois influencia os sintomas que limitam o exercício e contribui de forma independente para mau estado de saúde, piora da qualidade de vida e o aumento da utilização de cuidados de saúde <sup>3</sup>. Os mecanismos relacionados à disfunção musculoesquelética na DPOC não estão totalmente elucidados, porém, a presença de atrofia, perda de força e de potência, além de fadiga muscular precoce são sinais comuns.

As principais causas da maior fadigabilidade muscular na DPOC incluem a redução dos níveis de fosfatos de alta energia, a redução da densidade mitocondrial, a lactacidemia precoce, o aumento da amônia sérica e a perfusão muscular reduzida <sup>4</sup>. Essas alterações podem ser evidenciadas por falência de contração, redução da taxa de disparo das unidades motoras e maior recrutamento de unidades motoras numa dada atividade, exteriorizando-se funcionalmente por redução da força, potência e resistência musculares <sup>3</sup>.

A fadiga muscular pode ser dividida em dois componentes: central e periférica. Essa terminologia se dá pela hierarquia neurofisiológica envolvida no processo da fadiga. Na fadiga central, a ativação muscular a partir do sistema nervoso central (SNC) está comprometida, enquanto, na fadiga periférica ou contrátil, o envolvimento é distal à junção neuromuscular <sup>5</sup>. Na DPOC, o SNC apresenta distúrbios na transmissão do impulso elétrico principalmente devido à hipoxemia crônica. Já o déficit de ativação periférica leva a redução da despolarização da membrana muscular que pode estar associado à fadiga <sup>6,7</sup>

A fadiga contrátil muscular e a ativação neuromuscular podem ser avaliadas através da eletromiografia de superfície (EMG) associada à capacidade de produção de força. Por meio dessas técnicas também pode-se

avaliar o tempo de reação neuromuscular. Essas informações são relevantes, pois caracterizam a capacidade neurofisiológica de pacientes com DPOC antes e após um estresse agudo tecidual gerado por testes funcionais, como o teste de caminhada de seis minutos (TC6').

O TC6' tem a finalidade de determinar a relação entre a aptidão física submáxima com as atividades de vida diária. O teste é baseado em uma atividade rotineira de fácil aceitação pelos pacientes e caracteriza-se como o principal teste de avaliação da capacidade de exercício por sua simplicidade e facilidade de realização e interpretação <sup>8</sup>. O teste pode ser limitado tanto por aspectos respiratórios quanto por aspectos periféricos.

Embora estudos prévios tenham utilizado a eletromiografia para avaliar aspectos neurofisiológicos da fadiga muscular <sup>9-11</sup>, desfechos como o tempo de reação total, tempo pré-motor e tempo motor nunca antes foram descritos para este fim. Desta forma, percebe-se a necessidade de avaliar as funções neuromusculares após a realização de um estresse agudo tecidual, para compreender e identificar a capacidade de ativação neuromuscular bem como a taxa de produção de força.

Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do teste de caminhada dos seis minutos sobre as propriedades neuromusculares em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica.

## **Métodos**

O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA-parecer nº 56595). Todos os indivíduos foram convidados a participar da pesquisa, e os procedimentos de avaliação somente foram iniciados após assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido. A amostra foi constituída por indivíduos com DPOC e indivíduos alocados em um grupo controle com pareamento para idade e sexo. A seleção da amostra ocorreu por meio de análise de prontuários e por encaminhamento médico.

*Critérios de inclusão:* Para participar do estudo os indivíduos deveriam ter diagnóstico de DPOC com obstrução ao fluxo aéreo, independente de gênero e idade, e estar em condições estáveis, sem exacerbações ou infecções nas últimas 4 semanas. Já o grupo controle além de todos serem sedentários e

desprovidos de patologias crônicas que limitassem a realização dos testes, também foram pareados com o grupo DPOC pelo gênero e idade.

*Critérios de exclusão:* Foram excluídos todos os indivíduos que (1) apresentaram co-morbidades não relacionadas ao processo patológico de origem; (2) apresentaram contra-indicações absolutas ou relativas à realização de testes aplicados; (3) com dificuldade de compreensão dos procedimentos propostos; (4) com dependência de oxigênio suplementar e (5) que não concordassem em participar do estudo por meio do termo de consentimento livre e esclarecido.

*Procedimentos:* Todos os indivíduos foram avaliados pré e pós a realização do TC6'. Todas as avaliações foram realizadas no Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), no serviço de pneumologia. Os pacientes foram submetidos a uma série de avaliações: (1) avaliação da função pulmonar; (2) avaliação da composição corporal; (3) avaliação da capacidade funcional; (4) avaliação da força muscular e ativação neuromuscular dos músculos extensores de joelho do membro inferior dominante.

*Composição Corporal:* Todas as avaliações da composição corporal foram realizadas por um mesmo técnico em cineantropometria nível II da *International Society for the Advancement of Kineanthropometry* (ISAK), utilizando procedimentos estabelecidos pela própria instituição <sup>12</sup>. Os dados de composição corporal foram utilizados para caracterização da amostra.

*Capacidade Funcional:* O teste de caminhada de seis minutos (TC6') foi realizado para avaliação da capacidade funcional submáxima, segundo as recomendações da *American Thoracic Society* (ATS), 2002 <sup>13</sup>. Com o paciente ainda em repouso, próximo ao ponto de partida foi coletado os seguintes dados: pressão arterial sistêmica (PAS), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), pela observação das excursões ventilatórias pelo tempo de um minuto, e saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) através de um oxímetro BCI - *Finger Print* (*Pneupac limited master distributor –Bramingham Business Park, Enterprise way, Luton, Beds, LV3 4BV VK*).

*Variáveis biomecânicas e equipamentos:* Para a análise da força dos extensores de joelho foi utilizada uma cadeira extensora (Buick, NT-840) com uma célula de carga do tipo S com capacidade máxima de 100Kg acoplada. Os sinais eletromiográficos dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) foram coletados por meio de um sistema de eletromiografia (EMG) de 4 canais (Miotool), e pares de eletrodos de superfície passivos (Ag/AgCl, Meditrace-100, diâmetro de dois centímetros, Kendall, Canadá) <sup>14</sup>.

*Avaliação da força dos extensores do joelho:* Os sujeitos foram posicionados sentados na cadeira extensora, com o quadril e joelhos flexionados a 90°. Após familiarização com o protocolo, os indivíduos realizaram uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão do joelho dominante com duração de cinco segundos sendo registrado o valor da força máxima (F<sub>máx.</sub>). A CIVM também foi normalizada pela massa magra.

*Processamento dos valores da força:* Para a análise da força foi utilizado filtro passa-baixa de 15 Hz a fim de eliminar ruídos de alta frequência. O início da força foi estabelecido a partir da diferença de 2,5% em relação à linha de base e o pico de força durante a CIVM.

*Avaliação da ativação elétrica muscular (AE):* Concomitante a execução da CIVM, a AE dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) foi obtida por meio de eletromiografia (EMG) de superfície. Para a coleta da AE foram utilizados pares de eletrodos de superfície passivos em configuração bipolar, posicionados conforme as recomendações do SENIAM <sup>14-16</sup>. Antes da colocação dos eletrodos, a impedância elétrica da pele foi reduzida pela tricotomia dos pelos e pela limpeza da pele com algodão embebido em álcool, a fim de remover as células mortas e reduzir a oleosidade da pele. A seguir, os eletrodos foram fixados e uma leve pressão foi aplicada sobre eles para aumentar o contato entre o gel do eletrodo e a pele <sup>15,16</sup>. Os sinais eletromiográficos foram digitalizados com uma frequência de 2000 Hz por canal e posteriormente armazenados em um computador para uma subsequente análise.

*Processamento da AE:* Para a correção do “offset” do sinal eletromiográfico, foi realizado o ajuste da linha de base. Em seguida, foi utilizado um filtro passa-banda com frequências de corte entre 20 Hz e 500 Hz. Valores de *root mean square* (RMS) das musculaturas foram calculados durante a CIVM. O início da ativação muscular foi determinado automaticamente e foi estabelecido quando o sinal eletromiográfico assumia valores superiores a 3 vezes o desvio padrão da média do sinal eletromiográfico referente a linha de base.

*Procedimento para a avaliação do tempo de reação total (TRT):* Foram feitas análises através de três momentos: A apresentação do estímulo visual, o início do sinal eletromiográfico e o início do desenvolvimento do torque. O TRT foi definido como o tempo entre o estímulo visual e o início da produção de força. Este tempo pode ser dividido em tempo pré-motor e tempo motor. O tempo pré-motor (TPM) é definido como o tempo entre o estímulo visual e o início do sinal EMG, isto representa a quantidade de tempo necessário para que o Sistema Nervoso Central (SNC) processe o sinal visual até que ocorra o início da contração muscular. O tempo motor (TM) é definido como o tempo entre a chegada de estimulação neural no músculo e o início do desenvolvimento da força, isto representa o tempo de acoplamento excitação-contração muscular (17).

O TRT é mensurado através de um sinal luminoso, que acende a partir do comando manual do avaliador, e é considerada uma medida da velocidade de processamento de informações dos mecanismos centrais, representando o padrão de coordenação neuromuscular em que os estímulos são decodificados para iniciar a execução de ações motoras adequadas <sup>17</sup>.

Assim, durante a CIVM os indivíduos foram especificamente instruídos da seguinte forma: "Quando a luz acender, chute a perna com o máximo de força o mais rápido possível e continue chutando com sua maior força até o final dos 5 segundos".

Tanto a avaliação e força quanto do tempo de reação foram realizadas antes e após o TC6'. Além disso, foi utilizado estímulo verbal durante todo o procedimento de coleta de dados.

Todos os procedimentos de processamento dos sinais biológicos (força e EMG) para a obtenção das variáveis do estudo foram desenvolvidos por meio de rotinas matemáticas em plataforma Matlab® (Mathworks, USA).

### **Análise estatística**

A análise estatística foi realizada através do *software* SPSS versão 15.0. As variáveis contínuas foram analisadas através de média e desvio padrão (DP) e as variáveis categóricas através de percentual. Para comparação intergrupo um teste *t de Student* para amostras independentes. Para a comparação das variáveis neuromusculares e de força pré e pós TC6' foi utilizado uma ANOVA de um fator com teste de post hoc de Tukey. As correlações foram avaliadas através do teste de *Pearson*. Foi considerado um nível de significância de 5%.

### **Resultados**

Foram incluídos no estudo 18 indivíduos com DPOC (10 homens) e 8 indivíduos controle (5 homens). De acordo com a classificação espirométrica, 3 pacientes com DPOC apresentaram doença moderada, 9 doença grave e 6 muito grave. As características demográficas de ambos os grupos estão apresentadas na tabela 1. Não houve diferença significativa entre os grupos em relação a sexo, idade, índice de massa corpórea e percentual de massa magra. Os grupos apresentaram diferença significativa com relação aos parâmetros de função pulmonar.

A distância percorrida no teste da caminhada foi significativamente menor na DPOC, assim como a saturação periférica de oxigênio tanto pré quanto pós TC6'.

Observa-se na tabela 2 a avaliação das propriedades neuromusculares do grupo controle e grupo DPOC. A força muscular foi menor no grupo com DPOC tanto pré quanto pós TC6' quando comparado ao grupo controle (figura 1). Entretanto, quando normalizada pela massa magra, não houve diferença entre os grupos no momento pré TC6'.

Houve redução significativa na CIVM após o TC6' com perda de 45,30% da capacidade de desenvolvimento de força no grupo DPOC. No grupo

controle houve queda de 17,64% da força máxima, entretanto não demonstrou diferença estatisticamente significativa.

Não houve diferença estatisticamente significativa para as variáveis de força, tempo de reação total, tempo motor e tempo pré-motor no grupo controle. No grupo DPOC observou-se um aumento estatisticamente significativo no tempo de reação total após o estresse agudo. Este aumento no TRT, explica-se pelo aumento no tempo pré-motor, que também apresentou-se maior. Não houve diferença no tempo motor no grupo doente. Com isso, nota-se um comportamento diferente entre os grupos após o TC6', visto que aumenta o tempo de reação (reduzindo a velocidade de reação) no grupo com doença.

Houve correlação inversa significativa entre o TRT ( $r = -0,535$ ,  $p < 0,005$ ) e o TPM ( $r = -0,549$ ,  $p < 0,005$ ) com a CIVM somente após o TC6'. Além disso, o VEF<sub>1</sub> apresentou correlação positiva com a distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos ( $r = 0,748$ ,  $p < 0,001$ ) e uma correlação inversa com o delta da força muscular pré e pós TC6' ( $r = -0,468$ ,  $p = 0,018$ ). Ou seja, quanto pior a função pulmonar maior a variação da força muscular após o TC6'.

## **Discussão**

O principal achado do presente estudo está relacionado com o aumento do tempo de reação neuromuscular como um fator associado com a redução da capacidade de gerar força muscular periférica nos indivíduos com DPOC. Quando comparamos o grupo controle e o grupo DPOC não foram observadas diferenças entre o IMC e o percentual de massa magra. No entanto, acreditamos que outras análises seriam necessárias para determinarmos as alterações morfológicas das fibras musculares para diferenciarmos aspectos funcionais de força e resistência entre os dois grupos. Uma recente revisão sistemática estabeleceu que, com base em valores de referência, é frequente uma redução de 27% na proporção de fibras do tipo I e um aumento de 29% na proporção de fibras do tipo II em pacientes com DPOC grave<sup>18</sup>. No presente estudo, 83,3% dos indivíduos com DPOC avaliados apresentavam obstrução grave e muito grave.

Foi observada uma redução na distância percorrida no TC6' no grupo DPOC compatível com os achados clínicos da doença. O menor desempenho

de distância percorrida verificado ocorreu por provável limitação ventilatória, descondição físico e/ou anormalidades musculoesqueléticas, que comprometeram os resultados encontrados <sup>19</sup>.

Quando comparamos o grupo de pacientes com DPOC com o grupo controle pode ser observada uma diferença significativa entre a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) corrigida pela massa magra somente após a realização do TC6'. Em pacientes com DPOC, a perda da capacidade de gerar ou manter a CIVM durante o exercício de extensão do joelho tem sido representativo de fadiga muscular <sup>20</sup>. No presente estudo, além de uma redução basal da CIVM (60% em relação ao grupo controle), foi observada uma redução após o TC6' de 45,30%, enquanto no grupo controle foi observada uma redução de 17,64% (Figura 1). Estes achados sugerem a influência da força muscular avaliada através da CIVM como um fator que pode limitar atividades funcionais dos pacientes. A produção de força máxima muscular é considerada um importante parâmetro para a mensuração de desempenho neuromuscular <sup>21</sup>, podendo ser influenciada por aspectos morfológicos, como a área de secção transversa, área relativa das fibras rápidas, composição de isoforma da miosina de cadeia pesada <sup>22-25</sup> e distribuição das fibras musculares <sup>26-28</sup> e aspectos neurais, como a magnitude de produção eferente do motoneurônio na fase inicial de contração, a frequência de disparos e o recrutamento dos motoneurônios <sup>20,22,28,29</sup>.

No entanto, os principais achados do presente estudo estão relacionados as análises de ativação neuromuscular representadas pelo tempo de reação total (TRT), tempo pré-motor (TPM) e tempo motor (TM) dos músculos reto femoral e vasto lateral e a influência destas avaliações sobre a CIVM obtida antes e após o TC6'. O estudo da função muscular pela eletromiografia (EMG) resulta da análise da atividade elétrica do músculo por meio da determinação da somatória dos potenciais de ação de todas as fibras musculares. O TRT pode ser definido como o intervalo entre a apresentação de um estímulo e a resposta motora. O TRT pode ser dividido em tempo pré-motor (TPM) e tempo motor (TM) <sup>29</sup>. Segundo Laroche et al. (2007) o TPM representa a quantidade de tempo necessário para que o sistema nervoso central processe o estímulo sensorial até o registro das primeiras atividades elétricas no músculo, realizada pelo sistema nervoso periférico, e o TM representa o



tempo de acoplamento excitação-contração muscular <sup>17</sup>. Marquis e colaboradores avaliaram o sinal de eletromiografia durante o teste de caminhada em indivíduos com DPOC e concluíram que o perfil de fadiga durante o exercício estava associada a uma queda progressiva da ativação elétrica dos músculos periféricos<sup>9</sup>. Saey e colaboradores investigaram a relação entre a diminuição da força do quadríceps, a atividade elétrica do quadríceps, a percepção de cansaço nas pernas e o nível de lactato arterial em pacientes com DPOC durante exercício constante ciclismo capacidade de trabalho. Neste estudo foi concluído que a frequência mediana eletromiográfica parece ser um marcador indireto valioso para prever a fadiga dos membros inferiores nesta população <sup>30</sup>. Os dados do presente estudo referentes as alterações no TRT e no TPM em indivíduos com DPOC corroboram aos achados anteriores.

Além disso, foi observado um aumento no TRT e TPM nos indivíduos com DPOC após a realização do TC6'. Estes achados sugerem que a influência do sistema nervoso central e a ativação do neurônio motor superior sobre a capacidade de reação e ativação muscular durante o exercício na DPOC determinou a resposta neuromuscular (TPM). Quando comparamos os grupos, observou-se que o aumento após o TC6' foi significativo nos indivíduos com DPOC no TRT e TPM. Estes achados tornam evidentes alterações na ativação neuromuscular na DPOC e sugerem uma provável contribuição deste fator sobre a capacidade de realizar força e a condição funcional <sup>31</sup>.

Quando correlacionamos as variáveis CIVM com os registros de EMG, observamos correlações inversas moderadas com o TRT e o TM apenas após a realização do TC6'. Não houve correlação significativa da CIVM com o TPM. Este achado também corrobora a influência da ativação do SNC sobre a capacidade de gerar força e provavelmente também com os sintomas de fadiga durante o esforço <sup>32</sup>. Estudos recentes avaliaram alterações no SNC de pacientes com DPOC. Estes estudos relataram diminuição da massa encefálica dos pacientes e associaram alterações do neurônio motor superior com a capacidade de exercício e a oxigenação do SNC. No entanto, ainda permanece desconhecido se em pacientes com DPOC a melhora na tolerância ao

exercício com suplementação de oxigênio esta associada ao aumento da oxigenação cerebral<sup>33,34</sup>.

Portanto, concluímos que a DPOC apresenta alterações neuromusculares relacionadas com a ativação do neurônio motor superior que pode contribuir para redução da capacidade de contração muscular máxima após um exercício funcional. O presente estudo apresenta limitações em relação a avaliação da massa magra e também em relação a medidas morfológicas de tipo de fibra muscular que poderiam contribuir para os achados e sugere a realização de estudos que realizem tais análises. Contudo, salienta-se a importância desses achados para a avaliação dos pacientes considerando um novo fator de influência na queda da força e no aumento da fadiga muscular durante as atividades de vida diária em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica.

## Referências

- 1 Vestbo J, Hurd SS, Agusti AG, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 187:347-365
- 2 Fabbri L, Pauwels RA, Hurd SS, et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: GOLD Executive Summary updated 2003. *COPD* 2004; 1:105-141; discussion 103-104
- 3 Dourado VZ, Tanni SE, Vale SA, et al. Systemic manifestations in chronic obstructive pulmonary disease. *J Bras Pneumol* 2006; 32:161-171
- 4 Malaguti C, Nery LE, Dal Corso S, et al. Scaling skeletal muscle function to mass in patients with moderate-to-severe COPD. *Eur J Appl Physiol* 2006; 98:482-488
- 5 Rondelli RR, Dal Corso S, Simoes A, et al. Methods for the assessment of peripheral muscle fatigue and its energy and metabolic determinants in COPD. *J Bras Pneumol* 2009; 35:1125-1135
- 6 Stackhouse SK, Dean JC, Lee SC, et al. Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. *Muscle Nerve* 2000; 23:1706-1712
- 7 Silva BA MF, Pacheco AM, Pacheco I Efeitos da fadiga muscular induzida por exercícios no tempo de reação muscular dos fibulares em indivíduos saudáveis. *Rev Bras Med Esp* 2006; 2:85-89
- 8 Rasekaba T, Lee AL, Naughton MT, et al. The six-minute walk test: a useful metric for the cardiopulmonary patient. *Intern Med J* 2009; 39:495-501
- 9 Marquis N, Debigare R, Bouyer L, et al. Physiology of walking in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41:1540-1548
- 10 Mador MJ, Bozkanat E, Kufel TJ. Quadriceps fatigue after cycle exercise in patients with COPD compared with healthy control subjects. *Chest* 2003; 123:1104-1111
- 11 Rocco CC, Sampaio LM, Stirbulov R, et al. Neurophysiological aspects and their relationship to clinical and functional impairment in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clinics (Sao Paulo)* 2011; 66:125-129
- 12 Lee H, Kim S, Lim Y, et al. Nutritional status and disease severity in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Arch Gerontol Geriatr* 2013; 56:518-523
- 13 Laboratories ATSCoPSfCPF. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166:111-117
- 14 SENIAM. Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles. 2009
- 15 Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* 2000; 10:361-374

- 16 Sacco IC, Gomes AA, Otuzi ME, et al. A method for better positioning bipolar electrodes for lower limb EMG recordings during dynamic contractions. *J Neurosci Methods* 2009; 180:133-137
- 17 Laroche DP, Knight CA, Dickie JL, et al. Explosive force and fractionated reaction time in elderly low- and high-active women. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39:1659-1665
- 18 Gosker HR, Zeegers MP, Wouters EF, et al. Muscle fibre type shifting in the vastus lateralis of patients with COPD is associated with disease severity: a systematic review and meta-analysis. *Thorax* 2007; 62:944-949
- 19 Faustini A, Marino C, Dovidio M, et al. [Mortality due to chronic obstructive pulmonary disease: indicators of impact, access to health services, and outcome of hospital treatment in an Italian region]. *Epidemiol Prev* 2007; 31:140-147
- 20 Man WD, Soliman MG, Gearing J, et al. Symptoms and quadriceps fatigability after walking and cycling in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168:562-567
- 21 Myers JB, Guskiewicz KM, Schneider RA, et al. Proprioception and neuromuscular control of the shoulder after muscle fatigue. *J Athl Train* 1999; 34:362-367
- 22 Hakkinen K, Alen M, Komi PV. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand* 1985; 125:573-585
- 23 Hakkinen K, Komi PV. Fatiguability in voluntary and reflex contraction after conditioning of human skeletal muscle. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1985; 25:319-330
- 24 Hakkinen K, Komi PV, Alen M. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand* 1985; 125:587-600
- 25 Talonen P, Baer G, Huhti M, et al. Modulation of muscle force by recruitment and firing rate during multipolar nerve stimulation. *Life Support Syst* 1985; 3 Suppl 1:316-320
- 26 Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol* 1976; 40:12-16
- 27 Aagaard P. Training-induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev* 2003; 31:61-67
- 28 Aagaard P, Andersen JL. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:1217-1222
- 29 Harridge SD, Kryger A, Stensgaard A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve* 1999; 22:831-839
- 30 Saey D, Cote CH, Mador MJ, et al. Assessment of muscle fatigue during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle Nerve* 2006; 34:62-71
- 31 Miller M, Downham D, Lexell J. Superimposed single impulse and pulse train electrical stimulation: A quantitative assessment during submaximal

- isometric knee extension in young, healthy men. *Muscle Nerve* 1999; 22:1038-1046
- 32 Van Cutsem M, Duchateau J, Hainaut K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol* 1998; 513 ( Pt 1):295-305
- 33 Vogiatzis I, Louvaris Z, Habazettl H, et al. Cerebral cortex oxygen delivery and exercise limitation in patients with COPD. *Eur Respir J* 2013; 41:295-301
- 34 Dodd JW, Chung AW, van den Broek MD, et al. Brain structure and function in chronic obstructive pulmonary disease: a multimodal cranial magnetic resonance imaging study. *Am J Respir Crit Care Med* 2012; 186:240-245

Tabela 1. Características clínicas e antropométricas dos pacientes e grupo controle.

Variável	Controle	DPOC	P
N	8	18	
Sexo (masculino/feminino)	5/3	10/8	,543
Idade (anos)	61,37±10,36	62,55±9,35	,776
Gold Leve-moderado (N/%)		3/16,7%	
Gold Grave (N/%)		9/50%	
Gold Muito grave (N/%)		6/33,3%	
Altura (m)	1,62± 0,10	1,60±0,06	,503
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	29,05±4,41	25,27±4,55	0,06
Massa magra (%)	42,50± 4,84	39,67±4,56	0,164
VEF <sub>1</sub> (%)	81,57±7,02	36,28±11,71	<0,0001
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	78,70±5,40	45,24±9,28	<0,0001
Distância TC6' (m)	557,62±72,59	391,61±109,20	0,0001
SpO <sub>2</sub> (pré-teste)	97,25±0,70	95,27±2,02	0,01
SpO <sub>2</sub> (pós-teste)	96,75±1,38	87,27±5,44	<0,0001

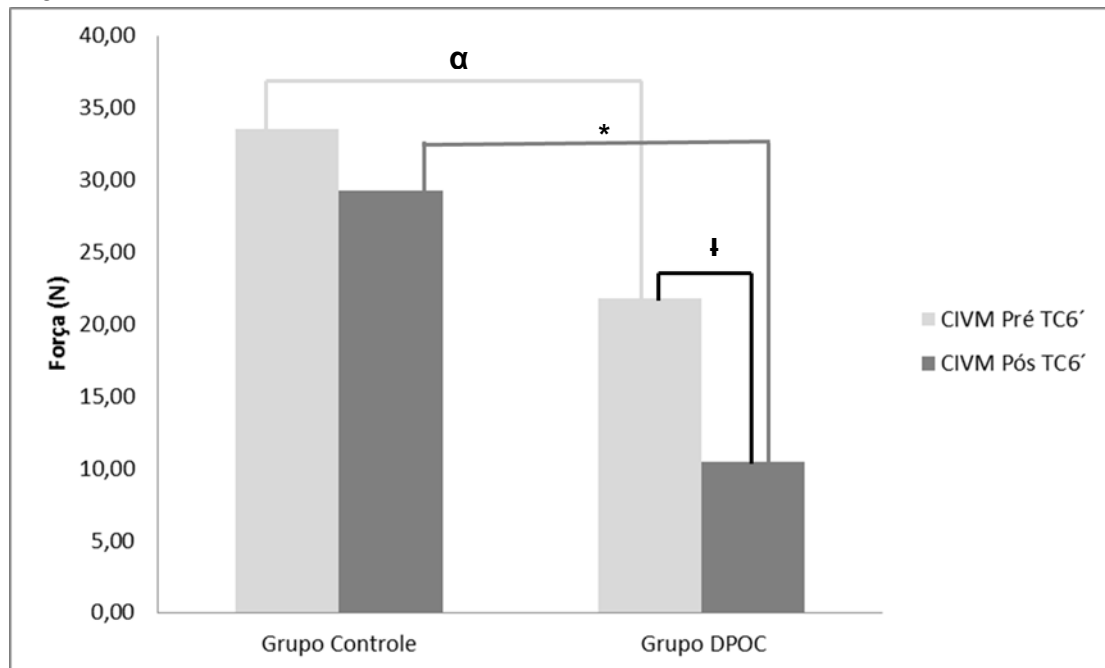
IMC: Índice de massa corporal; VEF<sub>1</sub>: Volume expiratório ao final do primeiro minuto; CVF: Capacidade vital forçada; TC6': Teste de caminhada de 6 minutos; SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica de oxigênio.

Tabela 2 -Análise das variáveis neuromusculares antes e após o TC6'.

Variáveis	Controle (GCO)		P (GCO)	DPOC(GDPOC)		P (GDPOC)	P (COxDPOC)	
	Pré-teste	Pós-teste	Pré X pós	Pré-teste	Pós-teste	Pré X pós	Pré	Pós
CIVM	33,50±14,01	29,25±16,66	NS	21,77±7,86	11,16±4,70	0,012	0,038	<0,0001
CIVM/MM	1,01±0,32	0,86±0,42	NS	0,83±0,33	0,41±0,17	<0,0001	NS	0,005
TRT VL (ms)	229,63±18,64	246,18±28,05	NS	232,25±27,49	319,36±38,94	<0,0001	NS	<0,0001
TRT RF (ms)	238,57±10,19	251,18±29,25	NS	231,35±32,92	336,07±39,99	<0,0001	NS	<0,0001
TPM VL (ms)	170,51±26,06	194,72±27,21	NS	162,57±25,51	252,48±36,52	<0,0001	NS	<0,001
TPM RF (ms)	180,24±11,85	197,81±27,74	NS	158,45±24,76	270,26±33,09	<0,0001	NS	<0,001
TM VL (ms)	59,11±8,28	51,46±4,42	NS	69,67±8,84	66,88±11,89	NS	NS	0,002
TM RF (ms)	58,33±4,42	53,37±4,14	NS	72,89±19,35	65,80±15,39	NS	NS	NS

CIVM: Contração isométrica voluntária máxima; MM: Massa magra;TRT: Tempo de reação total; TPM: Tempo pré-motor; TM: Tempo motor; VL: Vasto lateral; RF: Reto femoral, NS: não significativo estatisticamente. Valor de p de Anova com post hoc de Tukey.

**Figura 1: Comparação força entre os grupos DPOC e Controle pré e pós TC6'.**



† diferença significativa intragrupo pré e pós TC6'

α diferença significativa intergrupo pré TC6'

\* diferença significativa intergrupo pós TC6'



## 7. CONCLUSÕES

- A CIVM foi menor no grupo com DPOC tanto pré quanto pós TC6' quando comparado ao grupo controle.
- Quando normalizada pela massa magra, não houve diferença na CIVM entre os grupos no momento pré TC6'.
- Após o TC6', houve perda de 45,30% da capacidade de desenvolvimento de força no grupo DPOC e de 17,64% no grupo controle.
- Tempo de reação total foi maior após o estresse agudo no grupo DPOC. Que se explica por aumento no tempo pré-motor. Não houve diferença no tempo motor no grupo doente.
- Quanto mais comprometida a função pulmonar, menor a distância percorrida no TC6'.
- A distância percorrida no teste da caminhada foi significativamente menor no grupo DPOC, assim como a saturação periférica de oxigênio tanto pré quanto pós TC6'.
- Quanto pior a função pulmonar, maior a variação da força após o teste funcional.
- Indivíduos que apresentam um maior tempo de reação total e o tempo pré-motor, desenvolvem uma CIVM menor após os TC6'.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, observou-se que pacientes com DPOC desenvolvem uma menor força muscular tanto em repouso como após a execução do TC6' quando comparados a indivíduos saudáveis. A perda de capacidade de produção de força muscular após o exercício submáximo foi de 45,3% em pacientes com DPOC e 17,64% em indivíduos saudáveis.

Além disso, o tempo de reação total foi maior após o estresse agudo no grupo DPOC, que se explica por aumento no tempo pré-motor. Esses achados não foram observados no grupo controle.

Os resultados encontrados, salientam as diferenças presentes entre o grupo doente e o controle e reforçam que há alterações musculares importantes tanto na capacidade de produção de força quanto na capacidade de reação neuromuscular na DPOC.

Portanto, destacamos importância de nossos resultados para os pacientes com DPOC, considerando um novo fator de influência na queda da força e no aumento da fadiga muscular durante as atividades de vida diária. Deve-se considerar esses parâmetros como parte da avaliação, do acompanhamento e do tratamento da doença e de suas alterações sistêmicas. Sugerimos que exercícios de força muscular e de propriocepção sejam realizados antes de exercícios de resistência visando uma melhor *performance* e aumento da resistência a fadiga durante a reabilitação pulmonar. Ainda assim, novos estudos devem ser realizados a fim de avaliar as propriedades neuromusculares e relacionar aos aspectos morfológicos como o tipo de fibra muscular.

## Apendice A

### Aprovação do Projeto no Comitê de Ética e Pesquisa



HCPA - HOSPITAL DE CLÍNICAS DE PORTO ALEGRE  
GRUPO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

#### COMISSÃO CIENTÍFICA

A Comissão Científica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre analisou o projeto:

**Projeto:** 120267

**Data da Versão do Projeto:**

**Pesquisadores:**

ALEXANDRE SIMÕES DIAS

MARLI MARIA KNORST

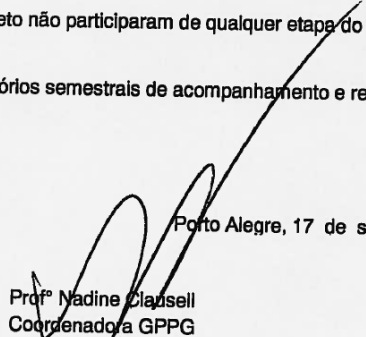
JULIANA SARAIVA PEREIRA

**Título:** Associação entre Variáveis Biomecânicas e Respiratórias com a Capacidade Funcional e a Qualidade de Vida em Indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.

Este projeto foi APROVADO em seus aspectos éticos, metodológicos, logísticos e financeiros para ser realizado no Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Esta aprovação está baseada nos pareceres dos respectivos Comitês de Ética e do Serviço de Gestão em Pesquisa.

- Os pesquisadores vinculados ao projeto não participaram de qualquer etapa do processo de avaliação de seus projetos.
- O pesquisador deverá apresentar relatórios semestrais de acompanhamento e relatório final ao Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação (GPPG)

Porto Alegre, 17 de setembro de 2012.

  
Prof. Nadine Clausell  
Coordenadora GPPG

## Apendice B

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

---

Identificação do Participante:

Nome:.....

---

Dados de Identificação do Pesquisador Responsável:

Prof. Dr. Alexandre Simões Dias

Professor do curso de Fisioterapia

Centro de Pesquisa Experimental, Laboratório de hepatologia experimental,  
2º andar

Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Ramiro Barcelos, 2.350 Bairro Santa Cecília Porto Alegre / RS

CEP 90035-903 TEL: 3359 8937 / 51- 99165657

---

Esse termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é parte de um projeto de pesquisa do qual você esta sendo convidado a participar. Ele deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente esse termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo desse projeto e o seu envolvimento nesse estudo como participante. O pesquisador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar do mesmo a qualquer momento. Sua participação neste estudo é estritamente voluntária. A recusa em participar não implicará em nenhuma penalidade (punição), perda de benefícios ou diminuição na qualidade de atendimento médico. Sua participação no projeto não implicará em custos, da mesma forma que você não receberá qualquer tipo de gratificação financeira por sua participação.

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar qual a influencia da força dos músculos da perna e a função do pulmão sobre a distância percorrida em um teste de caminhada de seis minutos. Apenas os pesquisadores terão contato com os resultados de sua avaliação. Seus dados pessoais serão preservados. Os resultados obtidos com a participação de todos os individuos serão utilizados apenas para fins acadêmicos. Posteriormente, você receberá um relatório padronizado contendo os resultados de suas avaliações.

A pesquisa busca beneficiar os portadores da doença pulmonar e a comunidade científica com novos conhecimentos com relação a saúde desses pacientes. Você terá o risco de ficar com falta de ar e cansaço em algumas avaliações como durante a caminhada e durante o teste de força muscular. Precisaremos

também retirar parte dos pelos das pernas com uma lâmina de barbear para avaliação da força dos músculos. As avaliações serão realizadas em um único dia, pois alguns dados serão coletados de seu prontuário. Gastará em torno de 1 hora para responder aos questionários sobre atividades de vida diária e qualidade de vida e 30 minutos para o teste de força muscular e de caminhada.

A sua assinatura nesse formulário indica que você entendeu satisfatoriamente a informação relativa à sua participação nesse projeto e você aceita o convite para ser sujeito da pesquisa. De forma alguma esse consentimento lhe faz renunciar aos seus direitos legais, e nem libera os investigadores de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. A sua participação continuada deve ser tão bem informada quanto o seu consentimento inicial, de modo que você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimentos ou novas informações durante a sua participação. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos relacionados com esta pesquisa, favor contatar os pesquisadores nos telefones indicados no início desse termo de consentimento ou o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (51 3359-7640)

Li e compreendi este termo de consentimento e todas as minhas dúvidas foram resolvidas. Recebi explicações sobre o objetivo da pesquisa, os procedimentos do estudo a que serei submetido(a), os possíveis riscos e desconfortos e os benefícios que posso apresentar. As alternativas à minha participação nesse estudo também foram discutidas. Portanto, concordo voluntariamente em fornecer meu consentimento para participar desse estudo clínico.

_____	_____
Pesquisador	Participante
_____	
Nome do pesquisador	

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ 201\_\_.

## ANEXO 1

### FICHA DE AVALIAÇÃO

Número da avaliação:

Data da avaliação

### DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

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

Telefone: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) M ( ) F Raça: \_\_\_\_\_

GOLD: ( ) I ( ) II ( ) III ( ) IV

Tempo da Doença: \_\_\_\_\_

Fumante: ( ) Sim ( ) Não Tempo de fumo: \_\_\_\_\_

Quantidade: \_\_\_\_\_ cigarros/dia

Tempo sem Fumar: \_\_\_\_\_

Procedência: \_\_\_\_\_ Naturalidade: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_ Ocupação atual: \_\_\_\_\_

### Espirometria

	1	2	3
CVF			
VEF1			
VEF1/CVF			
Peak Flow			

### Teste de Caminhada de 6 minutos

	0'	3'	6'	Observações:
FR				Número de voltas
FC				Distância percorrida
PA				Valor predito
SpO2				Número de paradas
Borg Dispneia				Tempo das paradas
Borg Fadiga				

## ANEXO 2

### Escala de Borg Modificada

<b>0</b>	Nenhuma
<b>0,5</b>	Muito, muito leve
<b>1</b>	Muito leve
<b>2</b>	Leve
<b>3</b>	Moderada
<b>4</b>	Pouco intensa
<b>5</b>	Intensa
<b>6</b>	
<b>7</b>	Muito intensa
<b>8</b>	
<b>9</b>	Muito, muito intensa
<b>10</b>	Máxima