

Flávia Cristina Campos

ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS DE  
INDIVÍDUOS COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA DURANTE O  
EXERCÍCIO FÍSICO

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

2006

Flávia Cristina Campos

ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS DE  
INDIVÍDUOS COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA DURANTE O  
EXERCÍCIO FÍSICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

**Área de Concentração:** Desempenho Funcional Humano

**Orientadora:** Raquel Rodrigues Britto

**Co-orientadora:** Luci Fuscaldi Teixeira-Salmela

Belo Horizonte

Universidade Federal de Minas Gerais

2006

C198r CAMPOS, Flávia Cristina  
2006 Estudo eletromiográfico de músculos inspiratórios de indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica durante o exercício físico. [manuscrito] / Flávia Cristina Campos. – 2006.  
80 f., enc.

Orientadora: Profa. Dra. Raquel Rodrigues Brito  
Co-orientadora: Profa. Dra. Luci Fuscaldi Teixeira-Salmela

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.  
Bibliografia: f. 41-45

1.Eletromiografia – Teses. 2.Pulmões – Doenças obstrutivas - Teses.  
3.Exercícios físicos – Teses. 4.Músculos respiratórios – Teses. I. Brito, Raquel Rodrigues; Teixeira-Salmela, Luci Fuscaldi. II.Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III.Título.

CDU: 616.24

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho...*

*Ao meu pai, sempre presente, embora ausente.*

*À minha mãe, fonte de amor e equilíbrio.*

*Ao meu marido, alicerce desta e de outras caminhadas.*

*À minha irmã, exemplo de força e dinamicidade.*

*Obrigada pela paciência e*

*pelo incentivo...*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Profa. Raquel Rodrigues Britto pela orientação neste trabalho e pelos ensinamentos técnicos, mas agradeço principalmente pela “orientação de vida” , em especial por ter me ensinado três importantes coisas: que podemos decidir tudo (ou quase tudo), mas que para ficar com uma coisa é preciso perder a outra (pelo menos temporariamente) e que cada um é responsável pelas suas decisões...

Agradeço à Profa. Luci Fuscaldi Teixeira-Salmela pela disponibilidade em nos atender mesmo com o trabalho em andamento e pela preciosa contribuição.

À Profa. Verônica Franco Parreira, pelo empenho na aquisição dos equipamentos do LabCare, que possibilita a realização deste e de outros estudos; e pela agradável convivência.

Aos professores do Programa de Mestrado em Ciências da Reabilitação pela contribuição em minha formação científica, à Marilane Soares pela dedicação e disponibilidade e ao Leandro Fuscaldi pelos inúmeros socorros prestados.

Às queridas Ana Beatriz Vilaça, Érica Soki e Karoline Moraes pela imprescindível colaboração nas coletas de dados e aos colegas do LabCare.

Às companheiras de mestrado Gislaine Alves, Clarissa Matos e Jocimar Martins pelo apoio e pelos momentos de diversão.

À equipe do Serviço Especial de Diagnóstico e Tratamento de Pneumologia e Cirurgia Torácica do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que permitiram o recrutamento dos voluntários para esta pesquisa.

Ao médico Luiz Felipe Nogueira pela atenção e pelo empenho em ajudar. Foi preciosa a sua colaboração...

Aos participantes deste estudo, nossa fonte de pesquisa, que contribuem voluntariamente para o desenvolvimento da ciência...

Ao querido Luiz Oswaldo Carneiro Rodrigues, o "Lor", que ajudou a decidir meu caminho científico e, mesmo de longe, me deixa sentir seu carinho e apoio.

Aos colegas Daniel Albuquerque e Luciana Napoleão pelo carinho e pela colaboração em minha formação científica.

À minha amiga Roberta Berbert Lopes, que me ensinou a dar os primeiros passos no mundo da ciência, pelo apoio e pela presença nos momentos bons e ruins...

À minha equipe do Setor de Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Policlínica Municipal de Brumadinho, à Rita de Cássia minha coordenadora técnica e à Cida coordenadora do Departamento Pessoal da Saúde agradeço imensamente a compreensão na antecipação das férias e nas trocas de plantões.

À todos os meus amigos pelos inúmeros "nãos" a tantos convites...

À minha querida família, minha grandiosa mãe Terezinha, meu Wendel, meus irmãos, cunhado e cunhada, amados sobrinhos Luísa, Danton, Rafaela e Rodrigo, D. Joana, Sr. Wilson e minha família do Wendel, pela compreensão da minha ausência neste período e pelo fundamental apoio.

Pelo convívio nestes dois anos, pelo rico aprendizado, pelo crescimento científico, profissional e pessoal, por todos vocês, valeu a pena!

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>Capítulo 1- INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1- Resposta ventilatória no repouso e durante o exercício em indivíduos com DPOC.....	<b>11</b>
1.2- Eletromiografia de superfície (EMGsup).....	<b>15</b>
1.2.1- EMGsup de músculos respiratórios em saudáveis.....	<b>18</b>
1.2.2- EMGsup de músculos respiratórios em indivíduos com DPOC.....	<b>20</b>
1.3- Objetivo do estudo.....	<b>25</b>
<b>Capítulo 2- MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
2.1- Tipo de estudo.....	<b>26</b>
2.2- Local de realização.....	<b>26</b>
2.3- Amostra.....	<b>26</b>
2.3.1- Critérios de inclusão.....	<b>26</b>
2.3.2- Critério de exclusão.....	<b>27</b>
2.4- Aspectos éticos.....	<b>27</b>
2.5- Variáveis estudadas e instrumentação.....	<b>28</b>
2.5.1- Para a caracterização da amostra.....	<b>28</b>
2.5.2- Para o cálculo da EMGmáx do diafragma.....	<b>28</b>
2.5.3- Para avaliação das respostas cardiorrespiratórias e de tolerância ao exercício.....	<b>29</b>
2.5.4- Para a realização do protocolo experimental.....	<b>31</b>
2.6- Procedimentos.....	<b>34</b>
2.6.1- Posicionamento dos eletrodos.....	<b>34</b>
2.6.2- Manobras de Contração Isométrica Voluntária Máxima.....	<b>35</b>

2.6.3- Protocolo incremental.....	37
2.6.4- Preparação dos dados.....	38
2.6.4.1- Seleção do registro correspondente às fases de exercício....	38
2.6.4.2- Quantificação do sinal.....	39
2.7- Aspectos estatísticos.....	39
2.7.1- Cálculo amostral.....	39
2.7.3- Análise estatística.....	40
Capítulo 3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
Capítulo 4- Artigo: RESPOSTA ELETROMIOGRÁFICA DE MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS DE INDIVÍDUOS COM DPOC, DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO	45
Capítulo 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
ANEXO I- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	
ANEXOII- Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG	
ANEXO III- Ficha de Avaliação Clínica	



## RESUMO

Campos, F.C. **Estudo eletromiográfico de músculos inspiratórios de indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica durante o exercício físico.** Belo Horizonte, UFMG, 2006.

Sujeitos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) apresentam um desequilíbrio entre o aumento da carga imposta ao sistema respiratório e a diminuição da capacidade dos músculos respiratórios. O objetivo deste estudo foi identificar a quantidade de ativação da musculatura inspiratória em indivíduos com DPOC durante o exercício físico. A atividade eletromiográfica dos músculos esternocleidomastóideo (ECM), paraesternal, escaleno e diafragma foi analisada por meio da eletromiografia de superfície no repouso e em três momentos de exercício físico: fases inicial, intermediária e final, determinados em relação à carga máxima alcançada por cada indivíduo. Cada fase foi analisada em relação às fases anteriores. O protocolo foi realizado em cicloergômetro com carga inicial de 20 watts e incrementos de 10 watts a cada 2 minutos até a exaustão ou até o indivíduo atingir 90% da frequência cardíaca máxima ou pressão diastólica maior que 110 mmHg. Foram estudados 21 indivíduos com DPOC (Idade=  $67,71 \pm 7,53$  anos;  $VEF_1 = 40,31 \pm 13,53\%$ ) para os músculos ECM, paraesternal e escaleno. Destes, 08 indivíduos (Idade=  $65,63 \pm 10,45$  anos;  $VEF_1 = 40,91 \pm 11,29\%$ ) foram estudados também com relação ao diafragma. Os dados foram preparados para análise pelo método Root Mean Square (RMS). Foi utilizada ANOVA para medidas repetidas seguida de contraste pré-planejado e correção de Bonferroni considerando as seis possibilidades de comparação, para comparar a ativação eletromiográfica no repouso e nas diferentes fases de exercício em cada um dos músculos estudados, com nível de significância de 0,008. Para comparar a variação da ativação eletromiográfica do repouso para a fase final de exercício entre os diferentes músculos estudados foi utilizada ANOVA one way seguida do post hoc Games-Howell, com nível de significância de 0,05. Os resultados foram expressos em relação ao repouso. Nos resultados, as diferenças significativas encontradas foram: no ECM houve aumento significativo ( $p < 0,008$ ) em todas as fases de exercício em relação ao repouso, na fase intermediária em relação à fase inicial, e na fase final em relação às fases inicial e intermediária. No escaleno também houve aumento da atividade eletromiográfica em todas as fases de exercício em relação ao repouso e na fase final em relação às fases inicial e intermediária, porém não houve aumento na fase intermediária em relação à fase inicial. Nos músculos paraesternal e diafragma houve aumento da atividade eletromiográfica em todas as fases de exercício, porém apenas em relação ao repouso. Houve maior variação da atividade eletromiográfica entre o repouso e a fase final ( $p < 0,05$ ) nos músculos ECM e escaleno que nos músculos diafragma e paraesternal. Houve correlação inversa entre o índice de Tiffeneau e atividade eletromiográfica do ECM e do escaleno. Indivíduos com DPOC durante atividade em cicloergômetro apresentam importante sobrecarga eletromiográfica da musculatura já exigida para a ventilação em repouso.

## ABSTRACT

Campos, F.C. **Inspiratory muscles' electromyography activity of COPD subjects during exercise**. Belo Horizonte, UFMG, 2006.

Subjects with pulmonary chronic pulmonary disease (COPD) demonstrate imbalances between increased loads of the respiratory system and decreases in capacity of the inspiratory muscles. The aim of this study was to quantify the activity of the inspiratory musculature in subjects with COPD during three levels of physical exercise. The activity of the sternocleidomastoideus (SCM), parasternal, scalenus and diaphragma muscles was investigated using surface electromyography (EMG) at rest and at three levels of physical exercise. Initial, intermediate, and final levels were determined in relation to the maximal load achieved by each subject. Each phase was analysed in relation to the previous phases. The protocol was carried out on a cycloergometer with an initial load of 20 watts and increments of 10 watts every two minutes until exhaustion or if the subjects reached 90% of their maximal heart rate or their diastolic pressure was over 110 mmHg. The EMG activity of the SCM, parasternal, and scalenus muscles was investigated in 21 DPOC subjects (age=67.71±7.53 years; FEV<sub>1</sub>= 40.31±13.53%), whereas the activity of the diaphragma was investigated only in eight subjects (age= 65.63±10.45 years; FEV<sub>1</sub>= 40.91±11.29%). The EMG activity was expressed in Root Mean Squares (RMS). Repeated measure ANOVA followed by pre-planned contrasts with Bonferroni corrections was employed considering six comparisons of the EMG activity of each muscle at rest and during the different exercise phases with a significance level of 0.008. To compare the EMG activity of all investigated muscles between the rest phase and the final exercise level, one-way ANOVA with Games-Howell post-hoc was employed. The SCM did not show significant increases in EMG activity ( $p < 0.008$ ) between all exercise phases in relation to rest, from the intermediate phase in relation to the initial level, and from the final in relation to the initial and intermediate phases. For the scalenus, significant increases in EMG activity were observed for all phases of exercise in relation to the rest phase and during the final phase in relation to the initial and intermediate phases. However, no significant differences were found between the intermediate and initial phases. For the parasternal and diaphragma muscles, significant increases in EMG activity were observed for all phases, but only in relation to the rest phase. Compared to the parasternal and diaphragma, the EMG activity of the SCM and scalenus muscles showed greater variability ( $p < 0.05$ ) between the rest and the final phases. There was inverse correlation between EMG activity and Tiffeneau to the SCM and to the scalenus. Conclusions: The findings suggested that subjects with COPD demonstrated overload of the inspiratory musculature during exercise with the cycloergometer. Changes in EMG activity between rest and the final exercise level was greater for the SCM and scalenus.

## Capítulo 1- INTRODUÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma entidade clínica prevenível e tratável, que se caracteriza pela presença de obstrução crônica e progressiva do fluxo aéreo, que não é totalmente reversível. A obstrução do fluxo aéreo está associada a uma resposta inflamatória dos pulmões, causada primariamente pelo tabagismo. Na DPOC, além do comprometimento pulmonar, há também conseqüências sistêmicas significativas. Esse processo inflamatório crônico pode produzir alterações dos brônquios (bronquite crônica), bronquíolos (bronquiolite obstrutiva) e parênquima pulmonar (enfisema pulmonar)<sup>1</sup>.

Em nosso meio a real prevalência da DPOC ainda não está definida. Os dados de prevalência para o Brasil, obtidos até o momento, são de questionários de sintomas, que permitem estimar a DPOC em adultos maiores de 40 anos em 12% da população, ou seja, 5.500.000 indivíduos. Uma prevalência menor é encontrada quando se utiliza como parâmetros a relação  $VEF_1/CVF$  inferior a 0,70 e o  $VEF_1$  inferior a 80% do previsto como critérios de diagnóstico. Quando se utiliza somente a relação  $VEF_1/CVF$  inferior a 0,70 essa prevalência aumenta. A DPOC, em 2003, foi a quinta maior causa de internação no sistema público de saúde do Brasil, em maiores de 40 anos, com 196.698 internações e um gasto aproximado de 72 milhões de reais. Em nosso país vêm ocorrendo um aumento do número de óbitos por DPOC nos últimos 20 anos, em ambos os sexos, estando a DPOC entre as dez principais causas de morte<sup>1</sup>. No Brasil, estima-se a existência de 6,1 milhões de não-fumantes e 7,4 milhões de fumantes com DPOC<sup>2</sup>.

A classificação do grau da DPOC é importante para o tratamento da doença, porém, classificar o indivíduo unicamente como portador de DPOC leve, moderado, grave ou muito grave é inespecífico, pois esta patologia apresenta vários níveis de acometimento e graus de dispnéia com repercussões variadas na qualidade de vida. É importante pensar na doença de acordo com a *International Classification of Functioning, Disability and Health* (ICF)<sup>3</sup> classificação de reabilitação desenvolvida pela Organização Mundial de Saúde (OMS). A CIF (abreviatura em português) baseia-se na função e disfunção (em níveis de evidência: estrutura e função; atividades e participação) e fatores contextuais (fatores ambientais e pessoais).

Este estudo tem a CIF como um de seus princípios, pois existe interesse no contexto em que a DPOC se insere, e não simplesmente interesse em classificar o indivíduo e o grau da patologia. Essa classificação abrangente facilita a avaliação das reais condições de vida, prognóstico e possibilidades de tratamento.

### **1.1- Resposta ventilatória no repouso e durante o exercício em indivíduos com DPOC**

A intolerância ao exercício é a conseqüência mais incapacitante da DPOC e geralmente aumenta com a progressão da doença. O consumo de oxigênio é maior em indivíduos com DPOC no repouso se comparados aos indivíduos sem a doença. Além disso, os indivíduos com DPOC apresentam aumento do espaço morto no repouso e durante o exercício. Nos indivíduos com a doença em fase mais avançada há também diminuição da ventilação alveolar para o mesmo consumo de oxigênio em indivíduos sem a doença. Além disso, durante o repouso e o exercício existe aumento do volume expiratório final em conseqüência à limitação do fluxo expiratório

que estes indivíduos apresentam. Portanto, são várias as alterações fisiológicas que os indivíduos com DPOC apresentam, especialmente durante o exercício<sup>4</sup>.

A limitação ao fluxo expiratório na DPOC mais avançada aparece mesmo em repouso e contribui para a presença de desconforto respiratório<sup>5,6</sup>. Essa limitação promove um aumento da capacidade residual funcional (CRF) com concomitante diminuição da capacidade inspiratória (CI), do volume de reserva inspiratório (VRI), do volume expiratório forçado em 1 segundo (VEF<sub>1</sub>) e da capacidade vital forçada (CVF).

A hiperinsuflação pulmonar está relacionada à pressão positiva expiratória final (PEEP) intrínseca dos indivíduos com DPOC. Em repouso e no final da expiração observa-se pressão esofágica (mensurada por meio de cateter interno) aumentada nestes indivíduos, quando comparados aos indivíduos sem a doença, comprovando a existência da PEEP intrínseca<sup>6</sup>.

Portanto, os indivíduos com DPOC apresentam, mesmo em repouso, um desequilíbrio entre o aumento da carga imposta ao sistema respiratório (pela hiperinsuflação pulmonar) e a diminuição da capacidade dos músculos respiratórios (pela desvantagem biomecânica). Por este motivo, esses indivíduos desenvolvem diferentes estratégias respiratórias, comparados aos indivíduos saudáveis, para manter uma ventilação adequada, especialmente quando há maior aumento da carga imposta ao sistema respiratório, como ocorre durante o exercício<sup>7</sup>.

De maneira resumida, há sobrecarga da musculatura inspiratória em indivíduos com DPOC devido a cinco fatores<sup>4</sup>:

- a- Aumento do volume expiratório final (conseqüência da hiperinsuflação dinâmica);
- b- Aumento da resistência inspiratória,
- c- Aumento do volume minuto;
- d- Diminuição da complacência pulmonar;
- e- Desvantagem biomecânica da caixa torácica.

Paralelamente à sobrecarga da musculatura inspiratória há diminuição da capacidade de gerar pressão inspiratória, devido a dois fatores<sup>4</sup>:

- a- Fraqueza da musculatura inspiratória e;
- b- Hiperinsuflação pulmonar.

SINDERBY *et al*<sup>8</sup> afirmaram que há sobrecarga do músculo diafragma nos indivíduos com DPOC durante o repouso e estimaram que sessenta e cinco por cento das mudanças na ativação do diafragma que ocorrem nestes indivíduos podem ser explicadas pela redução da sua capacidade em gerar pressão.

Durante a atividade física, acredita-se que a limitação ao fluxo aéreo seja a grande responsável pela hiperinsuflação dinâmica (incapacidade de expirar o volume total de ar inspirado, com conseqüente aprisionamento aéreo) e limitação ao exercício dos indivíduos com DPOC, apesar de poderem coexistir outros fatores<sup>9</sup>.

YAN, KAMINSKI e SLIWISKI<sup>10</sup> fizeram um estudo com o objetivo de investigar a contribuição do diafragma para o movimento da caixa torácica em indivíduos com DPOC durante protocolo incremental em bicicleta ergométrica. Para tal, mensuraram a pressão diafragmática por meio de eletrodo gástrico e a pressão dos outros músculos inspiratórios por meio de eletrodo esofágico. Concluíram que em

indivíduos com DPOC durante o exercício até a exaustão existe aumento progressivo da contribuição da pressão inspiratória total dos músculos inspiratórios em relação ao diafragma durante a inspiração e a maior pressão diafragmática ocorre imediatamente antes do fluxo inspiratório, momento que precede a inspiração. Então, a contribuição predominante dos músculos inspiratórios torácicos na fase de fluxo inspiratório não ocorre apenas pelo aumento do volume corrente, mas também para compensar a diminuição gradativa da contribuição diafragmática nestes indivíduos com hiperinsuflação dinâmica. Os resultados mostraram que parece existir sobrecarga da musculatura inspiratória torácica nos indivíduos com DPOC durante o exercício.

Percebe-se, então, que indivíduos com DPOC geralmente têm limitação ao exercício, desenvolvendo dispnéia e fadiga precocemente. Estes sintomas são os principais determinantes da diminuição do desempenho nas atividades de vida diária, no trabalho e na qualidade de vida relacionada à saúde, e constituem a fundamentação científica da indicação de um programa de reabilitação pulmonar<sup>1</sup>.

Entretanto, outros fatores além das disfunções musculares respiratória e ventilatória citadas anteriormente, podem contribuir para a limitação ao exercício como: hipóxia, dispnéia, descondicionamento, acidose respiratória ou metabólica, disfunção cardíaca ou outras comorbidades, falta de motivação entre outros<sup>4</sup>.

Neste estudo foi dado enfoque à função muscular inspiratória dos indivíduos com DPOC, avaliada por meio da eletromiografia de superfície.

## 1.2- Eletromiografia de superfície

Uma forma de avaliar a função muscular é utilizar a eletromiografia (EMG) que é, essencialmente, o estudo da função muscular por meio da análise do sinal elétrico originado no músculo<sup>11</sup>. Existem várias formas de EMG, tais como a EMG com eletrodos de agulha, a EMG com eletrodo esofagiano e a EMG de superfície (EMGsup). As duas primeiras formas são métodos invasivos de mensuração. A EMGsup apresenta algumas vantagens em relação aos métodos invasivos. Por ser não-invasiva, a EMGsup é um método seguro, que oferece um desconforto mínimo ao participante e que pode ser facilmente aplicado na prática clínica<sup>7</sup>.

O primeiro pesquisador importante na área de EMGsup foi Francesco Redi que documentou a eletricidade de um músculo altamente especializado de um peixe em meados do século XVII. Porém, apenas no final do século XVIII o pesquisador chamado Luigi Galvani obteve evidências diretas da relação entre contração muscular e eletricidade. Este cientista demonstrou, em 1771, a atividade muscular gerada após estimulação de neurônios e registros de potenciais de fibras nervosas nos estados de contração em rãs. Em 1792 Volta, outro pesquisador, discordou de Galvani alegando que a eletricidade não seria emanada do músculo e sim de artefatos mecânicos. Criou-se uma disputa entre ambos devido à grande popularidade de Volta. Os estudos de Galvani ficaram adormecidos e a partir do final do século XIX foram desenvolvidos uma série de estudos sistemáticos confirmando os trabalhos deste importante pesquisador. A partir desta época surgiram vários pesquisadores que marcaram a história da EMGsup tais como: Duchenne, Matteuci, Dubois-Reymond, Pratt, Gasser, Newcomer, Edmund Jacobson, Price, Floyd, Silver, Basmajian, Green e outros<sup>11,12</sup>.



Atualmente a EMGsup é utilizada na avaliação de doenças neuromusculares, traumatismos e como instrumento cinesiológico no estudo da função muscular<sup>12</sup>.

A EMG envolve a detecção e o registro dos potenciais elétricos das fibras musculares esqueléticas<sup>12</sup>. É importante lembrar que a EMGsup não mensura força, nem alongamento e nem comprimento muscular. Mensura apenas a atividade elétrica originada no músculo, e com análises de tempo pode-se inferir o padrão de recrutamento muscular. Os pesquisadores devem estar atentos à interpretação dos dados eletromiográficos para não superestimá-los<sup>11</sup>.

Uma questão importante na metodologia dos trabalhos com EMGsup é o correto posicionamento dos eletrodos, fundamental para a fidedignidade dos dados obtidos. Existe, na literatura, grande variabilidade de posicionamentos de eletrodos para o mesmo músculo. Além disso, a pobreza de descrições exatas dos posicionamentos dificulta as comparações entre os estudos e a escolha do posicionamento adequado para cada músculo estudado<sup>13</sup>.

FALLA *et al*<sup>13</sup> realizaram um estudo em indivíduos saudáveis, com eletrodos de superfície, para localizar a zona de inervação dos músculos esternocleidomastóideo (ECM) e escaleno e, a partir disso, definir a região ideal para colocação dos eletrodos nestes músculos. Encontraram melhores sinais no terço inferior do escaleno anterior e no terço inferior da porção esternal do ECM. Estes achados inovaram a indicação para o posicionamento dos eletrodos nestes dois músculos, diferenciando do que foi sugerido por CRAM, KASMAN & HOLTZ<sup>11</sup> e por outros estudos com EMGsup.

Além do posicionamento adequado dos eletrodos, a normalização dos dados é indispensável ao desenvolvimento de estudos com EMG. O propósito da

quantificação do sinal eletromiográfico é a comparação da atividade entre sessões, músculos ou pacientes. Devido à variabilidade inerente nos procedimentos de EMG e às diferenças interindividuais nas características dos movimentos e da anatomia, faz-se necessário algum tipo de normalização para permitir comparações. Em seguida se expressa todos os outros valores de EMG como uma porcentagem do valor obtido na forma de normalização escolhida. Este valor de controle serve como padrão contra o qual todas as comparações podem ser feitas, mesmo que os valores de teste excedam o controle<sup>12</sup>.

KNUTSON *et al*<sup>14</sup>, em 1994, publicaram um estudo interessante com o objetivo de determinar a forma mais adequada de normalização dos dados da EMG. Estudaram EMG<sub>sup</sub> no músculo gastrocnêmio em indivíduos com (n=20) e sem lesão (n=20) de Ligamento Cruzado Anterior (LCA) durante atividade de equilíbrio com apoio unilateral na posição de pé em uma plataforma instável. Utilizaram três formas de normalização: Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), Pico da Contração Dinâmica (pico-d) e Média da Contração Dinâmica (média-d). A manobra de CIVM foi realizada na posição de *long sitting* com o tornozelo a 90 graus e resistência manual à flexão plantar. Para cada tipo de normalização foram feitas análises estatísticas de coeficiente de variação (CV) intersujeitos, CV intrasujeitos, índice de variância e coeficiente de correlação intraclasse. Concluíram que a melhor forma de normalização é a CIVM porque apresenta maior reprodutibilidade.

Nas últimas décadas, a EMG<sub>sup</sub> dos músculos respiratórios tem sido usada em várias pesquisas e estudos clínicos em animais<sup>15,16,17</sup>, bem como em humanos<sup>18,19,7,13,20,21,9,5,6,22</sup>.

### 1.2.1- *EMGsup de músculos respiratórios em indivíduos saudáveis*

Em 1994, COSTA *et al*<sup>18</sup> publicaram um estudo com EMGsup em indivíduos saudáveis com o objetivo de investigar a participação do ECM como músculo acessório da respiração. Os indivíduos foram orientados a respirar profundamente: de forma espontânea, pela boca, pelo nariz, e de forma rápida e brusca. Esses quatro tipos de respiração foram realizados na posição sentada na primeira fase do estudo. Na segunda fase, as respirações foram feitas enquanto os indivíduos pedalavam numa bicicleta ergométrica; e posteriormente, na terceira fase, na posição supina. O padrão respiratório dos indivíduos foi classificado em diafragmático, costal ou misto. Os autores concluíram que os indivíduos saudáveis que apresentaram respiração costal e respiraram rápida e bruscamente usaram o ECM de forma mais intensiva. Este estudo utilizou a análise subjetiva do sinal eletromiográfico bruto (não houve análise estatística dos dados).

RATNOVSKY *et al*<sup>6</sup>, em 2003, estudaram quatro músculos respiratórios (ECM, intercostal externo, reto abdominal e oblíquo externo) em indivíduos saudáveis com o objetivo de explorar quantitativamente a contribuição relativa destes músculos para a ventilação pulmonar por meio de EMGsup. Para este propósito foi desenvolvido um sistema experimental computadorizado para mensurações simultâneas não invasivas de fluxos inspiratórios e expiratórios e de pressão de boca. Estes autores concluíram que: (1) a atividade muscular respiratória aumenta com o aumento do esforço respiratório; (2) os músculos inspiratórios apresentam maior contribuição para a inspiração em fluxos mais baixos enquanto que os músculos expiratórios são recrutados em fluxos mais altos; (3) a força gerada pelo músculo depende também de suas propriedades musculares (comprimento,

área de secção transversa, velocidade de contração e outros) e não apenas da ativação eletromiográfica; (4) o padrão da curva de força varia entre os indivíduos, mas em geral obedecem ao aumento do esforço respiratório.

YOKOBA *et al*<sup>22</sup>, em 2003, realizaram um estudo com eletrodo de agulha em indivíduos saudáveis para examinar a ativação dos músculos escaleno, ECM, trapézio e transversos abdominais durante as manobras de pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>) e de pressão expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>). Os autores expressaram os resultados como porcentagem da atividade eletromiográfica máxima (%EMG<sub>máx</sub>) atingida por cada músculo estudado. A 90% da PE<sub>máx</sub> obtiveram  $52,6 \pm 30,4$  %EMG<sub>máx</sub> de transversos abdominais. A 90% da PI<sub>máx</sub> obtiveram  $56,0 \pm 23,8$ ;  $43,5 \pm 31,4$  e  $7,7 \pm 5,7$  %EMG<sub>máx</sub>, de escaleno, ECM e trapézio, respectivamente. Estudaram também os sinais brutos dos músculos ECM, escaleno e trapézio, relacionando-os ao gráfico da manobra de PI<sub>máx</sub> para cada sujeito, fazendo análise do início de ativação de cada músculo durante a manobra. A mesma análise foi realizada para o músculo transversos abdominais durante a manobra de PE<sub>máx</sub>. Concluíram que há um recrutamento progressivo do músculo transversos abdominais durante a manobra de PE<sub>máx</sub> e um recrutamento progressivo dos músculos escaleno, ECM e trapézio durante a manobra de PI<sub>máx</sub>. Porém, o recrutamento do trapézio inicia-se mais tardiamente, no final da manobra de PI<sub>máx</sub> e apresenta atividade eletromiográfica menor ( $p < 0,05$ ) comparado aos outros músculos inspiratórios.

Percebe-se, por meio dos estudos citados, que em indivíduos saudáveis existe aumento da ativação dos músculos respiratórios com o aumento do esforço respiratório imposto.

### 1.2.2- EMGsup de músculos respiratórios em indivíduos com DPOC

Em indivíduos com DPOC foram realizados alguns estudos eletromiográficos de músculos respiratórios durante o repouso e durante o esforço com carga específica<sup>19,7,23,21,8</sup>.

Com relação à avaliação da musculatura respiratória de indivíduos com DPOC, MAÑANAS *et al*<sup>1</sup> observaram, por meio da EMGsup do ECM, que este músculo está diretamente envolvido na função respiratória. Esses autores avaliaram a ativação muscular durante dois testes com sobrecarga específica da musculatura respiratória: teste incremental e teste de carga máxima. Concluíram que o nível do sinal eletromiográfico depende da *performance* do ECM e que a atividade eletromiográfica do ECM aumenta linearmente com o aumento da carga inspiratória no protocolo incremental mantendo-se constante no protocolo de carga máxima no qual é fixada uma única carga (80% da carga máxima obtida no teste incremental).

Em 2004, DUIVERMAN *et al*<sup>7</sup> testaram a reprodutibilidade e a responsividade da técnica de EMGsup dos músculos respiratórios em indivíduos saudáveis e em indivíduos com DPOC durante o repouso e durante a respiração com diferentes cargas respiratórias: 7, 14 e 21 cmH<sub>2</sub>O. Observaram que a atividade muscular inspiratória aumentou significativamente durante as cargas crescentes em indivíduos saudáveis e em indivíduos com DPOC. Porém os indivíduos com DPOC apresentaram maior atividade elétrica nos intercostais e no escaleno quando comparados com indivíduos saudáveis. Concluíram que a EMGsup é reprodutível e sensível para avaliar a atividade eletromiográfica da musculatura respiratória em indivíduos saudáveis e em indivíduos com DPOC.

Com relação ao controle corticoespinal dos músculos respiratórios em indivíduos com DPOC HOPKINSON *et al*<sup>3</sup>, em 2004, usaram a estimulação magnética transcranial para investigar a excitabilidade corticoespinal dos músculos diafragma, oblíquo externo, reto abdominal e vasto lateral em repouso e no esforço inspiratório. A resposta dos músculos respiratórios à estimulação magnética transcranial (potencial evocado motor) foi menor em indivíduos com DPOC que em indivíduos saudáveis, demonstrando hipoexcitabilidade cortical para estes músculos, enquanto não houve diferença entre os dois grupos para o músculo vasto lateral. Além disso, os indivíduos com DPOC apresentaram potencial evocado motor na fase que precedia o esforço inspiratório, enquanto os indivíduos saudáveis mostraram silêncio no sinal de pressão dos músculos respiratórios nesta mesma fase. Esses achados apontam para um efeito máximo no *output* motor cortical dos músculos respiratórios nos indivíduos com DPOC. Em outras palavras, os indivíduos com DPOC têm elevado *drive* respiratório. Provavelmente a presença do potencial evocado motor em repouso é uma adaptação ao aumento crônico da carga respiratória imposta a estes indivíduos com o desenvolvimento da DPOC. Da mesma forma, se estes indivíduos apresentam efeito máximo do *output* motor cortical para os músculos respiratórios, não é possível aumentar o potencial evocado motor destes músculos nos indivíduos com DPOC como ocorre nos indivíduos saudáveis. Então, a grande desvantagem desse processo é que o fato destes indivíduos possuírem o *drive* respiratório aumentado mesmo em repouso dificulta a potencialização do *output* cortical em momentos de exacerbação da doença, pela hipoexcitabilidade cortical para estes músculos nestes indivíduos, e a falência ventilatória é a causa mais comum de morte nos indivíduos com DPOC.

SINDERBY *et al*<sup>8</sup>, apontaram uma questão importante com relação à estimulação magnética transcranial, já verificada em outros estudos: apesar de ser esperada uma ativação máxima do diafragma quando este é estimulado por essa técnica, na grande maioria das vezes essa ativação não é máxima. Uma explicação interessante seria o fato de que essa técnica é relativa ao nível de recrutamento de unidades motoras, mas como ela envolve a estimulação do nervo frênico com uma frequência fixa, provavelmente não gera valores de pressões diafragmáticas que representem a capacidade máxima de recrutamento das unidades motoras. Por isso, várias vezes, mesmo em indivíduos saudáveis, não há ativação máxima do diafragma à estimulação magnética. Apesar de não haver ativação máxima do diafragma em alguns casos em indivíduos saudáveis, a resposta de ativação diafragmática em indivíduos com DPOC é ainda menor.

Estes mesmos autores<sup>8</sup> estudaram a ativação eletromiográfica voluntária do diafragma por meio de eletrodos esofágico e de superfície, e concluíram que indivíduos com DPOC apresentam maior intensidade de atividade eletromiográfica deste músculo (43% do máximo valor de Root Mean Square - RMS) em relação aos indivíduos saudáveis (8% do máximo valor de RMS) durante o repouso. Portanto, a respiração dos indivíduos com DPOC grave em repouso é caracterizada pelo aumento da ativação do diafragma associada à diminuição da capacidade deste músculo em gerar pressão.

DORNELAS de ANDRADE *et al*<sup>19</sup> publicaram, em 2005, um estudo com eletromiografia de superfície dos músculos ECM e diafragma em indivíduos com DPOC (n=7) e em indivíduos saudáveis (n=7), com os objetivos de investigar a quantidade de ativação destes músculos a 30% da manobra de P<sub>Imáx</sub>, analisar a

correlação entre a ativação do ECM e  $P_{\text{máx}}$  e a correlação entre a ativação do ECM e o nível de obstrução dos indivíduos com DPOC expressada pelo volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ). Obtiveram como resultados: (a) a ativação do ECM nos indivíduos com DPOC aumentou 28% na fase carga (30% da  $P_{\text{máx}}$ ) comparada ao repouso e não diminuiu na fase pós-carga. No entanto, não houve diferença de ativação do ECM nos indivíduos saudáveis na fase carga, mas houve redução de 10% da ativação deste músculo no período pós-carga. (b) Não houve variação significativa na ativação do diafragma entre as fases pré e pós-carga e as fases carga e pós-carga nos indivíduos com DPOC. Entretanto, para os indivíduos saudáveis, houve uma tendência a aumento de 11% entre as fases pré-carga e carga e tendência à redução de 12% entre as fases carga e pós-carga. (c) Houve tendência à correlação inversa entre a ativação do ECM e os indivíduos com valores baixos de  $VEF_1$  ( $r = -0.537$ ,  $p=0.214$ ). (d) Nenhuma correlação foi estabelecida entre a ativação individual do ECM no repouso e na fase carga nos indivíduos com DPOC e saudáveis ( $r = -0.013$ ,  $p= 0.965$ ). Diante destes resultados, os autores concluíram que o aumento da carga por meio do aparelho comercial Threshold<sup>®</sup> promove aumento da atividade muscular inspiratória e, em indivíduos com DPOC este aumento ocorre especialmente nos músculos acessórios, representado pelo ECM.

Os indivíduos com DPOC, assim como os indivíduos saudáveis, apresentam aumento da atividade eletromiográfica dos músculos respiratórios com o aumento da carga imposta. De acordo com a literatura parece que o aumento da atividade eletromiográfica do diafragma é menos intenso em indivíduos com DPOC que nos indivíduos saudáveis, pois os indivíduos com DPOC apresentam sobrecarga dos



músculos inspiratórios mesmo em repouso. Assim, como o diafragma encontra-se muito estimulado em repouso e em grande desvantagem biomecânica, os indivíduos com DPOC apresentam maior ativação eletromiográfica dos músculos acessórios durante o exercício físico.

Na literatura pesquisada não foi encontrado estudo com EMG dos músculos inspiratórios extra-diafragmáticos em indivíduos com DPOC durante a atividade física. Em indivíduos saudáveis apenas um estudo descritivo com estas características foi encontrado<sup>18</sup>.

Desta forma, espera-se que os resultados deste original estudo contribuam para a elucidação de questões relacionadas à ativação da musculatura respiratória em indivíduos com DPOC durante o exercício e para o desenvolvimento de protocolos em programas de reabilitação pulmonar.

### **1.3- Objetivo do estudo**

Os objetivos deste estudo foram comparar a quantidade de atividade eletromiográfica da musculatura inspiratória entre diferentes fases de exercício físico: repouso, inicial, intermediária e final, e comparar a variação da atividade eletromiográfica dos mesmos músculos do repouso para a fase final, em indivíduos com DPOC.

## Capítulo 2- MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1- Tipo de Estudo

Observacional do tipo Transversal.

### 2.2- Local de realização

O estudo foi realizado no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) do Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

### 2.3- Amostra

Os participantes do estudo foram selecionados entre indivíduos com DPOC encaminhados ao Serviço Especial de Diagnóstico e Tratamento (SEDTE) de Pneumologia e Cirurgia Torácica do Hospital das Clínicas da UFMG e de ambulatórios de pneumologia, a partir dos seguintes critérios:

#### 2.3.1- Critérios de inclusão

- Ser portador de DPOC com  $VEF_1$  pós-broncodilatador  $< 80\%$  do previsto, com relação  $VEF_1/CVF$  inferior a 0,70 pós-broncodilatador<sup>1,24</sup>.
- Apresentar estabilidade clínica: não haver exacerbação da doença nas últimas seis semanas<sup>25</sup>;
- Ter idade inferior a 80 anos;

- Apresentar índice de massa corporal abaixo dos valores considerados como obesidade, ou seja  $<30\text{Kg/m}^2$  <sup>26</sup>;
- Não praticar exercício físico regular ou participar de programa de reabilitação;
- Ter assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO I)<sup>1</sup>.

### 2.3.2- Critérios de exclusão

- Apresentar qualquer intercorrência durante a coleta das medidas;
- Apresentar resposta anormal de frequência cardíaca (FC) e/ou pressão arterial (PA) durante a coleta das medidas.
- Ser incapaz de compreender e/ou realizar os procedimentos.

## 2.4- Aspectos Éticos

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (Parecer nº ETIC 092/05, Belo Horizonte/ MG, 25/05/2005 – ANEXO II). Os participantes do estudo foram informados e instruídos quanto aos procedimentos, sendo que estes somente foram realizados após a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Após a realização de todos os procedimentos propostos, cada participante foi encaminhado ao programa de reabilitação pulmonar gratuito mais próximo de sua residência, com o conhecimento do médico que o encaminhou.

---

<sup>1</sup>O termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi aprovado como componente de um projeto de pesquisa mais amplo intitulado “**Avaliação de Parâmetros Ergoespirométricos, Eletromiográficos e Pletismográficos de Sujeitos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, Durante o Repouso e a Atividade Física**”, no qual estava prevista a avaliação dos parâmetros eletromiográficos dos músculos inspiratórios em DPOC.

## 2.5- Variáveis estudadas e instrumentação

### 2.5.1- Para a caracterização da amostra

#### ➤ Índice de Massa Corporal (IMC)

Para aferir o peso e a altura dos participantes foi utilizada balança calibrada (*Filizola*® Ind. Ltda; São Paulo, SP) que possui também régua milimetrada acoplada para verificação da altura. A partir destes dados foi calculado IMC de cada participante, apenas para atender ao critério de inclusão.

$$\text{IMC} = \text{peso (Kg)} / \text{altura (m)}^2^{27}$$

### 2.5.2- Para o cálculo da EMGmáx do diafragma

#### ➤ Pressão inspiratória máxima (PImáx)

O manovacuômetro (GeRar- São Paulo-Brasil) – figura 01 foi utilizado para a realização da manobra de CIVM do músculo diafragma, ou seja, para mensurar a PImax, parâmetro que é utilizado como índice de força dos músculos inspiratórios<sup>28</sup>. Este aparelho é composto por um medidor de pressão, com um intervalo operacional de  $\pm 300$  cmH<sub>2</sub>O.



Figura 01: manovacuômetro e clips nasal

### 2.5.3- Para avaliação das respostas cardiorrespiratórias e de tolerância ao exercício

#### > **Frequência cardíaca (FC)**

Neste estudo foi utilizado o cardiofrequencímetro POLAR® (modelo S 810; Kempele, Finlândia), programado para registro da FC batimento a batimento (gravação do intervalo R-R). O equipamento é constituído de um cinto transmissor colocado em nível do apêndice xifóide e um monitor de pulso. O sinal eletrocardiográfico é detectado pelo cinto e transmitido através de uma onda eletromagnética para o receptor de pulso Polar, onde essa informação é processada, exibida e armazenada.

A FC foi monitorizada continuamente em repouso, durante o exercício e no período de recuperação. A FC foi avaliada em valores absolutos a fim de observar o aumento da resposta cronotrópica com o aumento da intensidade de exercício, respeitando o limite de 90% da FC<sub>máx</sub><sup>29</sup>.

$$FC_{máx} = (220 - \text{idade do participante})^{30}$$

#### > **Pressão arterial (PA)**

Para mensuração da PA foram utilizados esfigmomanômetro Issouri® e estetoscópio BD DUO SONIC®.

A PA foi mensurada em repouso, a cada dois minutos durante o exercício (no final de cada fase) e no período de recuperação até voltar aos valores basais, com o objetivo de avaliar a adequada resposta inotrópica ao esforço e identificar respostas hipertensivas (pressão diastólica > 110mmHg)<sup>29</sup> que identificasse a necessidade de interrupção do protocolo de teste.

### ➤ **Dispnéia**

A quantificação da percepção subjetiva ao esforço do participante foi realizada por meio da escala de Borg<sup>31</sup>. No final de cada fase de exercício, a cada dois minutos, a escala foi posicionada próximo à mão direita do participante, a uma altura possível de ser visualizada sem movimento de flexão da cabeça. O participante foi, então, orientado a indicar com o dedo o número correspondente à percepção de dispnéia, sem elevar o membro superior, para evitar interferências no sinal eletromiográfico.

### ➤ **Saturação periférica da hemoglobina em oxigênio (SpO<sub>2</sub>)**

O oxímetro de pulso (Mod 1001 – J. G. Moriya Indústria e Comércio de Equipamentos Médicos Hospitalares LTDA – Ipiranga/SP - figura 02) foi usado para monitorar a SpO<sub>2</sub> no repouso e durante o exercício, com o objetivo de garantir ao participante uma SpO<sub>2</sub> adequada durante a coleta de dados. Nos casos em que houve dessaturação inferior a 88%, foi utilizado suporte de oxigênio (O<sub>2</sub>) por meio de cateter nasal, suficiente para manter a SpO<sub>2</sub> mínima de 92 %<sup>32</sup>.

A oximetria de pulso é um método seguro de monitorização e pode ser utilizada para avaliar a resposta da saturação arterial de oxigênio em intervenções terapêuticas<sup>33</sup>.

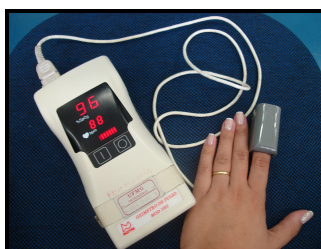


Figura 02- Oxímetro de pulso

#### 2.5.4- Para a realização do protocolo experimental

##### > Exercício

Foi utilizado cicloergômetro mecânico *MAXX Pro*, padrão Monark, de frenagem mecânica para a realização do exercício (figura 03).



Figura 03: cicloergômetro associado ao MCE e ao eletromiógrafo

##### > Carga de exercício

O software multicicloergômetro (MCE)<sup>34</sup> para sistema DOS (Windows 95, 98, Millenium; Hidrofit<sup>®</sup>, Brasil), associado ao cicloergômetro, foi utilizado para permitir o controle da carga por meio de feedback visual (figura 04). A carga foi instituída através do produto da velocidade desenvolvida pelo participante e da carga fixa de 1 kg imposta ao cicloergômetro.



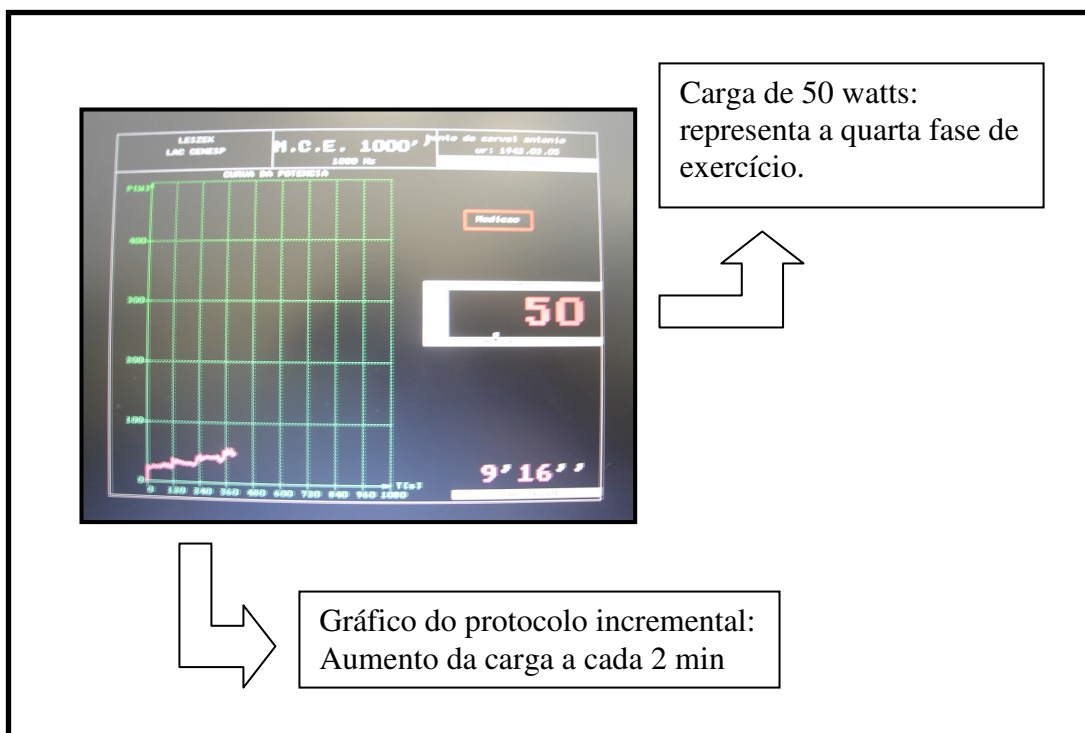


Figura 04: Tela do software MCE exibida durante o protocolo incremental

### ➤ Atividade eletromiográfica dos músculos inspiratórios

Os sinais eletromiográficos dos músculos inspiratórios estudados foram obtidos por meio do eletromiógrafo de oito canais (EMG System do Brasil LTDA, São Paulo, Brasil – figura 05-a), com filtro *band pass* com freqüências de corte de 20 e 500 Hz, ganho no amplificador de 1000 vezes e modo de rejeição comum inferior a 120 dB. Todos os dados foram processados utilizando software específico para aquisição e análise dos sinais (AqDados), com conversão analógica-digital (A/D) de 12 bits, freqüência anti-análise (ou freqüência de coleta) de 2000 Hz para cada canal e *input range* de 5mV.

Foram utilizados eletrodos bipolares para ECG Mini Medi Trace,100, Kendall – LTP/Tyco - Canada – figura 05-b), um par para cada canal.

Este instrumento é um método não invasivo de medir os sinais elétricos gerados pela despolarização das membranas das células musculares, que viabiliza o estudo da unidade motora e possibilita a avaliação do controle de ativação muscular, do início e da duração do estímulo mioelétrico e estabelece o desempenho das unidades motoras<sup>35,36</sup>.

A EMGsup é um método de mensuração reprodutível<sup>7,14,20</sup>, confiável<sup>14</sup> e com adequada responsividade<sup>7</sup>.

As medidas da EMGsup são baseadas na diferença de potencial elétrico originado em um músculo em comparação a um ponto de referência, o eletrodo terra (figura 05-c). Este eletrodo permite o cancelamento do efeito de interferência do ruído elétrico externo, como o causado por luzes fluorescentes, instrumentos de radiofusão, equipamentos de diatermia, e outros aparelhos elétricos. O eletrodo terra é um eletrodo superficial em placa, aderido à pele próximo aos eletrodos registradores, que deve ser posicionado sobre alguma extremidade óssea<sup>12</sup>.

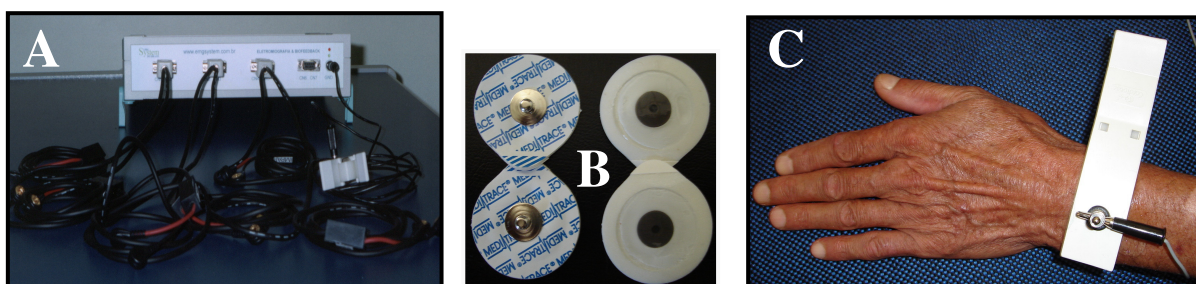


Figura 05: A- Eletromiógrafo EMG System do Brasil LTDA com entradas para os oito canais (na quarta entrada os fios estão desconectados). B- pares de eletrodos bipolares de superfície Mini Medi Trace,100, Kendall, vistas superior e inferior. C- eletrodo terra posicionado no punho esquerdo, sobre o processo estilóide da ulna.

## 2.6- Procedimentos

Os participantes do estudo foram avaliados em um único dia, quando foram informados sobre os procedimentos e receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para leitura. Após a leitura e assinatura do mesmo foi preenchida a ficha de avaliação clínica (ANEXO III) com os dados pessoais, espirométricos e investigação sobre tabagismo, medicação utilizada, comorbidades associadas e presença de sintomas cervicais.

Após o preenchimento da ficha de avaliação clínica foram realizadas as mensurações de peso e altura para o cálculo do IMC.

Os participantes foram orientados a comparecer ao LabCare com roupa e calçado confortáveis para permitir a atividade física.

Antes do posicionamento dos eletrodos, já com o participante sem camisa e sentado em cadeira de pés fixos, foi feita a preparação da pele com algodão e álcool esfregando firmemente e trocando sempre de algodão até que este ficasse totalmente limpo e a pele levemente avermelhada. Foi feita raspagem de pêlos quando necessário, previamente à limpeza com algodão e álcool, para diminuir a impedância<sup>18,19,7,20,6</sup>. Foi feita também a higienização do punho esquerdo para posterior posicionamento do eletrodo terra.

### 2.6.1- *Posicionamento dos eletrodos*

Após a preparação da pele foram posicionados os eletrodos bipolares nos músculos estudados da seguinte maneira (figura 06):

-**ECM** : no terço inferior da porção esternal direita<sup>13</sup>;

-**Paraesternal**: no segundo e terceiro espaços intercostais à direita, próximo à borda esternal<sup>37</sup>;

-**Escaleno**: no terço inferior do escaleno anterior esquerdo<sup>13</sup>;

-**Diafragma**: no sétimo e oitavo espaços intercostais entre as linhas hemiclavicular e axilar anterior à direita<sup>38,39</sup>.

Houve preferência pelo lado direito para evitar interferência eletrocardiográfica. Porém, para o escaleno foi utilizado o lado esquerdo pela dificuldade de posicionamento dos eletrodos para ECM e escaleno no mesmo lado.

Por fim, foi posicionado o eletrodo terra no punho esquerdo do participante.

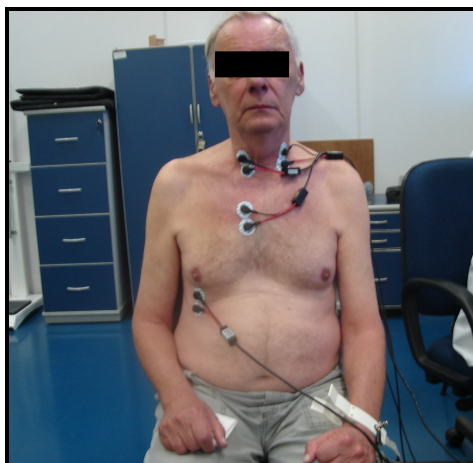


Figura 06: posicionamento dos eletrodos bipolares e terra

#### 2.6.2- Manobras de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM)

Apesar da normalização mais aceita na literatura ser pela CIVM<sup>11,14,12,36</sup>, neste estudo os dados foram normalizados pelo repouso. Então, após a colocação dos eletrodos, foram realizadas manobras de CIVM para cada músculo, com o objetivo de verificar a posição correta dos eletrodos. Cada manobra de CIVM foi realizada três vezes (exceto para o diafragma). Foram realizadas manobras específicas, uma para cada músculo:

-**ECM:** o participante foi submetido à resistência manual (na testa) à flexão do pescoço mantendo posição simultânea de inclinação homolateral (para direita) associada à rotação contralateral (para esquerda) e extensão da cabeça, sustentada por cinco segundos<sup>18</sup>.

-**Paraesternal:** O participante foi solicitado a realizar inspiração máxima e sustentada por cinco segundos no nível de capacidade pulmonar total – CPT<sup>22</sup>.

-**Escaleno:** o participante foi submetido à resistência manual (na testa) à flexão cervical sustentada por cinco segundos, pois esta posição coloca o músculo em maior encurtamento, capaz de gerar maior contração.

- **Diafragma:** foi realizada a manobra de esforço inspiratório para mensuração da pressão inspiratória máxima como descrito a seguir:

A medida foi realizada com os participantes sentados, com o tronco a 90° em relação aos membros inferiores, em uma cadeira com encosto alto e pés fixos, com as mãos apoiadas nas coxas. Foram realizadas 05 manobras tecnicamente satisfatórias, com variação < 10% entre pelo menos três delas. Houve um intervalo de 01 minuto entre as medidas. Todos os indivíduos fizeram uso de clipe nasal, foram instruídos a colocar os lábios no bocal e mantê-los, firmemente, para evitar perdas de ar<sup>40</sup>. A traquéia e o manovacuômetro foram segurados pelo examinador para evitar possível interferência no sinal eletromiográfico com a movimentação e contração isométrica dos membros superiores caso o participante o fizesse. O orifício de exalação com 8 mm foi ocluído com o dedo do examinador em determinado período da manobra para que a pressão fosse gerada. Essa oclusão foi feita imediatamente após observação do término da expiração para a medida de PImáx, bem como pela sinalização do participante com movimento leve da mão

direita. O participante expirou no bocal até volume residual e gerou um esforço inspiratório máximo contra uma via aérea ocluída.

Após a realização das manobras de CIVM, foram posicionados o freqüencímetro (três centímetros abaixo do mamilo e o relógio no punho direito) e o oxímetro de pulso (no dedo indicador esquerdo).

Houve um intervalo de trinta minutos entre as manobras de CIVM e o protocolo incremental no qual o participante permaneceu em repouso.

### *2.6.3- Protocolo incremental*

O participante foi posicionado no cicloergômetro. A altura do banco foi regulada com o participante em ortostatismo, no nível da crista ilíaca. Os participantes foram orientados a segurarem o guidão suavemente, evitando contração isométrica dos membros superiores.

Após o posicionamento adequado do participante na bicicleta, ele permaneceu em repouso por mais dois minutos. No segundo minuto da fase de repouso foi coletado o sinal eletromiográfico. Depois da fase de repouso foi iniciado o exercício com uma carga de 20 watts por dois minutos, com aumento progressivo da carga de 10 em 10 watts a cada dois minutos. O sinal eletromiográfico foi coletado sempre no último minuto de cada fase de exercício.

O exercício foi interrompido quando o participante atingiu a exaustão e manifestou o desejo de parar de pedalar, ou quando os níveis máximos de segurança dos dados pessoais foram ultrapassados: pressão diastólica > 110mmHg ou FC > 90% da FC<sub>máx</sub><sup>29</sup>, como dito anteriormente.

Ao ser interrompido o exercício, por um motivo ou outro, foi solicitado ao voluntário que pedalasse por mais dois minutos em carga mínima (20 watts). Após estes dois minutos o voluntário permaneceu em repouso, ainda na bicicleta, até atingir os níveis basais dos dados vitais, quando foi feita a coleta eletromiográfica por mais um minuto.

O tempo foi controlado por cronômetro da marca Sport Timer<sup>®</sup>.

O protocolo incremental foi escolhido porque os testes incrementais têm por finalidade detectar os determinantes das limitações periféricas (limitações ventilatórias, cardiovasculares ou musculares) ao exercício nos indivíduos com DPOC<sup>1</sup>.

Foi utilizado suporte suplementar de oxigênio, quando necessário, via cateter nasal para oxigênio tipo óculos - Laboratório Sanobiol Ltda para garantir uma saturação mínima de 92%<sup>32</sup>, como dito anteriormente.

#### 2.6.4- *Preparação dos dados*

##### 2.6.4.1- *Seleção do registro correspondente às diferentes fases de exercício*

A divisão das fases de exercício foi realizada com base na carga máxima alcançada por cada participante.

A Fase Inicial foi, para todos os participantes, a primeira fase de exercício realizada, com carga de 20 watts, e correspondeu de 22 a 50% da carga máxima.

A Fase Intermediária esteve entre 60 e 75% da carga máxima.

A Fase Final correspondeu, para todos os participantes, a 100% da carga máxima alcançada no exercício.

#### 2.6.4.2- Quantificação do Sinal

O método de quantificação utilizado neste estudo foi o *Root Mean Square* (RMS). O RMS é um método de quantificação que determina a raiz da média dos quadrados. É uma média eletrônica que representa a raiz quadrada da média dos quadrados da corrente ou da voltagem ao longo de todo o ciclo. O RMS fornece um sinal praticamente instantâneo da intensidade do sinal de EMG<sup>11,12</sup>.

Do período de um minuto de sinal eletromiográfico coletado em cada fase (Repouso, Fases Inicial, Intermediária e Final), foram utilizados os vinte segundos medianos para o cálculo do RMS, salvo em algumas situações de interferência mecânica ou de movimento em que foi necessário deslocar esses vinte segundos um pouco para direita ou para esquerda. Em nenhuma situação os vinte segundos foram fracionados.

Depois de determinado o RMS de cada fase foi calculada a porcentagem destes valores separadamente em relação ao repouso de cada músculo. O repouso foi um valor de referência de 100% correspondendo ao valor 1. Os valores de RMS maiores que 1 representam aumento da intensidade de atividade eletromiográfica e os valores de RMS menores que 1 representam diminuição da intensidade de atividade eletromiográfica.

## 2.7- Aspectos estatísticos

### 2.7.1- Cálculo amostral

O número amostral foi calculado com base em um estudo piloto com os primeiros dez participantes do estudo considerando os resultados da variável atividade eletromiográfica, de cada músculo estudado no repouso e nas fases de



exercício. Com um nível de significância de 0,008 e considerando os erros  $\alpha$  e  $\beta$ , o tamanho amostral resultante foi de 07 participantes. Porém, foi utilizado uma amostra maior porque este é o primeiro estudo no conhecimento dos autores e também porque ele foi realizado simultaneamente à outro estudo do laboratório com cálculo amostral maior.

### 2.7.3- *Análise estatística*

A preparação do banco de dados e a análise estatística foram realizadas por meio do pacote *Statistical Package for Social Sciences (SPSS 13.0, Chicago, IL, USA)*.

Foi utilizada ANOVA para medidas repetidas seguida de contraste pré-planejado e correção de Bonferroni considerando as seis possibilidades de comparação, para comparar a ativação eletromiográfica no repouso e nas diferentes fases de exercício em cada um dos músculos estudados, com nível de significância de 0,008.

Para comparar a variação da ativação eletromiográfica do repouso para a fase final do exercício entre os diferentes músculos estudados foi utilizada ANOVA one way seguida do post hoc Games-Howell, com nível de significância de 0,05.

Os resultados foram expressos como porcentagem da atividade eletromiográfica em relação ao repouso (considerando o repouso como um valor de referência correspondente a 100%, igual a 1).

Para relacionar a intensidade de atividade eletromiográfica em cada fase de exercício físico ao nível de obstrução do participante ( $VEF_1$  e  $VEF_1/CVF$ ), foi feita a correlação de Pearson, com nível de significância de 0,05.

## Capítulo 3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica - DPOC - 2004. **Jornal Brasileiro De Pneumologia**, Brasília, DF, Brasil, v. n.30, p. S1-S42, 2004.
2. SBPT. Diretrizes para Cessação do Tabagismo. **Jornal Brasileiro De Pneumologia**, v. 30, n.2, 2004.
3. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE ICDIH-2: International Classification of Functioning, Disability and Health. **Http://Www Who Int/Icidh**, v. 1999.
4. GALLAGHER,C.G.Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. **Clinics in Chest Medicine**, v. 15, n.2, p. 305-326, June 1994.
5. O'DONNELL D.E.; REVILL,S.M.; WEBB K.A.Dynamic hyperinsuflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. **Journal of Critical Respiratory Care and Medicine**, v. 164, n.5, p. 770-777, 2001.
6. RATNOVSKY,A. et al. Integrated approach for in vivo evaluation of respiratory muscles mechanics. **J Biomech**, v. 36, n.12, p. 1771-1784, Dec. 2003.
7. DUIVERMAN,M.L. et al. Reproducibility and responsiveness of a noninvasive EMG technique of the respiratory muscles in COPD patients and in healthy subjects. **J Appl Physiol**, v. 96, n.5, p. 1723-1729, May 2004.
8. SINDERBY,C. et al. Voluntary activation of the human diaphragm in health and disease. **J Appl Physiol**, v. 85, n.6, p. 2146-2158, 1998.
9. O'DONNELL D.E.; VERB,K.A.Exertional breathlessness in patients with chronic airflow limitation. **Am Rev Respir Dis**, v. 148, p. 1351-1357, 1993.
10. YAN,S.; KAMINSKI,D.; SLIWINSKI,P.Inspiratory Muscle Mechanics of Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease during Incremental Exercise. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 156, p. 807-813, 1997.
11. CRAM,J.R.; KASMAN, G. S.; HOLTZ, J. **Introduction to surface electromyography**. ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998.

12. PORTNEY,L. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In: O'SULLIVAN,S.B.; SCHIMITZ,T.J. **Reabilitação física: avaliação e tratamento**. São Paulo: Manole, 1993. p. 183-223.
13. FALLA,D. et al. Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles--a basis for clinical and research electromyography applications. **Clin Neurophysiol**, v. 113, n.1, p. 57-63, Jan. 2002.
14. KNUTSON L.M. et al. A Study of Various Normalization Procedures for Within Day Electromyographic Data. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 4, n.1, p. 47-59, 1994.
15. DE,T.A.; LEGRAND,A.; WILSON,T.A. Respiratory mechanical advantage of the canine external and internal intercostal muscles. **J Physiol**, v. 518 ( Pt 1), p. 283-289, 1 July 1999.
16. LEDUC,D.; DE TROYER,A. Effect of chest wall vibration on the canine diaphragm during breathing. **Eur Respir J**, v. 19, n.3, p. 429-433, 2002.
17. LEGRAND,A.; DE,T.A. Spatial distribution of external and internal intercostal activity in dogs. **J Physiol**, v. 518 ( Pt 1), p. 291-300, 1 July 1999.
18. COSTA,D. et al. Participation of the Sternocleidomastoid Muscle on Deep Inspiration in Man. An Electromyographic Study. **Electromyography Clinical Neurophysiology**, v. 34, p. 315-320, 1994.
19. DE ANDRADE,A.D. et al. Inspiratory muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 15, n.6, p. 631-639, Dec. 2005.
20. MAARSINGH,E.J. et al. Respiratory muscle activity measured with a noninvasive EMG technique: technical aspects and reproducibility. **J Appl Physiol**, v. 88, n.6, p. 1955-1961, June 2000.
21. MANANAS,M.A. et al. Study of myographic signals from sternomastoid muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **IEEE Trans Biomed Eng**, v. 47, n.5, p. 674-681, May 2000.
22. YOKOBA,M. et al. Respiratory muscle electromyogram and mouth pressure during isometric contraction. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 137, n.1, p. 51-60, 14 Aug. 2003.

23. HOPKINSON,N.S. et al. Corticospinal control of respiratory muscles in chronic obstructive pulmonary disease. **Respir Physiol Neurobiol**, v. 141, n.1, p. 1-12, 12 July 2004.
24. GOLD (Global initiative for chronic obstructive lung disease) - COPD. **Www Goldcopd Com**, v. 2004.
25. ALIVERTI,A. et al. Regional chest wall volumes during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. **Thorax**, v. 59, n.3, p. 210-216, Mar. 2004.
26. BAIOCCHI,K.M. Obesidade. In: **Nutrição clínica de adultos**. São Paulo: 2002. p. 131-150.
27. DEURENBERG,P.W.J.S.J.Body mass index as a measure of body fatness: age and sex specific prediction formulas. **British Journal of Nutrition**, v. 65, p. 105-114, 1991.
28. BLACK,L.F.H.R.E.Maximal respiratory pressures – normal values and relationship to age and sex. **Am Rev Respir Dis**, v. 99, p. 696-702, 1969.
29. MCCONNELL,T.R. Cardiorespiratory Assessment of Apparently Healthy Populations. In: BALTIMORE: LIPPINCOTT WILLIAMS&WILKINS **ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription**. 1998. p. 347-353.
30. HERRON,R.E.E.AL.Effects of aging on the carotid pulse in two Finnish populations. **Acta Med Scand Suppl**, v. 472, p. 125-135, 1967.
31. BORG G.A.Perceived exertion. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 2, p. 131-153, 1974.
32. COOPER,C.B. Pulmonary disease. In: ACSM **ACSM's exercise management for persons with chronic diseases and disabilities**. Champaign: 1997. p. 74-77.
33. AARC (AMERICAN ASSOCIATION FOR RESPIRATORY CARE)Clinical Practice Guideline. Pulse Oximetry. **Respir Care**, v. 36, p. 1406-1409, 1991.
34. STANIAK,A.Informacyjny system do wspomagania testow wydolnosciovych prowadzonych na cykloergometrze. **Trening**, v. 21, p. 251-258, 1994.

35. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 166, p. 518-624, 2002.
36. SODERBERG, G.L.; KNUTSON, L.M. A Guide for Use and Interpretation of Kinesiologic Electromyographic Data. **Physical Therapy**, v. 80, n.5, p. 485-498, May 2000.
37. GROSS, D. et al. The effect of training on strength and endurance of the diaphragm in quadriplegia. **The American Journal of Medicine**, v. 68, p. 27-35, 1980.
38. LUO, Y.M. et al. Diaphragm electromyogram measured with unilateral magnetic stimulation. **Eur Respir J**, v. 13, n.2, p. 385-390, Feb. 1999.
39. SHARSHAR, T. et al. Effect of voluntary facilitation on the diaphragmatic response to transcranial magnetic stimulation. **J Appl Physiol**, v. 95, n.1, p. 26-34, July 2003.
40. NEDER, J.A. et al. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. **Braz J Med Biol Res**, v. 32, n.6, p. 719-727, June 1999.

## Capítulo 4- ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS DE INDIVÍDUOS COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA, DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO

### RESUMO:

**Objetivo:** quantificar a atividade eletromiográfica da musculatura inspiratória durante o exercício. **Metodologia:** a atividade dos músculos esternocleidomastóideo (ECM), paraesternal, escaleno (n=21) e diafragma (n=8) foi analisada em indivíduos com DPOC ( $VEF_1=40,31\pm 13,53\%$ ) por meio da eletromiografia de superfície no repouso e em três fases de exercício físico. ANOVA para medidas repetidas, seguida de contraste pré-planejado com correção de Bonferroni e ANOVA one way seguida de post-hoc Games-Howell foram utilizadas. Os resultados foram expressos em relação ao repouso. **Resultados:** no ECM houve aumento significativo da atividade eletromiográfica ( $p<0,008$ ) em todas as fases de exercício em relação ao repouso, na fase intermediária em relação à fase inicial, e na fase final em relação às fases inicial e intermediária. No escaleno também houve aumento da atividade eletromiográfica em todas as fases de exercício em relação ao repouso e na fase final em relação às fases inicial e intermediária, porém não houve aumento na fase intermediária em relação à fase inicial. Nos músculos paraesternal e diafragma houve aumento da atividade eletromiográfica em todas as fases de exercício, porém apenas em relação ao repouso. Os músculos ECM e escaleno apresentaram maior variação eletromiográfica ( $p<0,05$ ) entre o repouso e a fase final que os músculos paraesternal e diafragma. Houve correlação inversa entre o índice de Tiffeneau e atividade eletromiográfica do ECM e do escaleno. **Conclusão:** Indivíduos com DPOC durante atividade em cicloergômetro apresentam importante sobrecarga eletromiográfica da musculatura já exigida para a ventilação em repouso.

**Palavras-chave:** eletromiografia de superfície, DPOC, músculos inspiratórios, exercício físico.

---

Autores: Campos, Flávia C.; Alves, Gislaine S.; Parreira, Verônica F.; Teixeira-Salmela, Luci F.; Britto, Raquel R. *Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Fisioterapia*. Site: [www.ccbs.ufscar.br/dfisio/revista](http://www.ccbs.ufscar.br/dfisio/revista)

INTRODUÇÃO

Os indivíduos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) apresentam, mesmo em repouso, um desequilíbrio entre o aumento da carga imposta ao sistema respiratório (pela hiperinsuflação pulmonar) e a diminuição da capacidade dos músculos respiratórios (pela desvantagem biomecânica). Por este motivo esses indivíduos desenvolvem diferentes estratégias respiratórias, comparados aos indivíduos saudáveis, para manter uma ventilação adequada, especialmente quando há maior aumento da carga imposta ao sistema respiratório, como ocorre durante o exercício(1).

De maneira resumida, há sobrecarga da musculatura inspiratória em indivíduos com DPOC devido a cinco fatores: aumento do volume expiratório final, aumento da resistência inspiratória, aumento do volume minuto, diminuição da complacência pulmonar e desvantagem biomecânica da caixa torácica. Paralelamente à sobrecarga da musculatura inspiratória, há diminuição da capacidade de gerar pressão inspiratória, devido a dois fatores: fraqueza da musculatura inspiratória e hiperinsuflação pulmonar(2).

Uma forma de avaliar a musculatura respiratória é utilizar a eletromiografia (EMG) que permite o estudo da função muscular por meio da análise do sinal elétrico originado no músculo(3). A eletromiografia de superfície (EMGsup) é um dos métodos de EMG. Por ser não-invasiva, a EMGsup é um método seguro, que oferece um desconforto mínimo ao participante e que pode ser facilmente aplicado na prática clínica(1). A EMGsup é um método de mensuração reprodutível(1;4;5), confiável(4) e com boa responsividade(1).

Nas últimas décadas a EMGsup dos músculos respiratórios tem sido usada em várias pesquisas e estudos clínicos em humanos saudáveis(6-8) e com DPOC(1;9-12).

Poucos estudos avaliaram a atividade eletromiográfica dos músculos respiratórios de indivíduos saudáveis e com DPOC em relação à carga imposta, tendo sido utilizada, nestes estudos, sobrecarga específica da musculatura respiratória(1;6-8;11). De acordo a literatura parece que o aumento da atividade eletromiográfica do diafragma é menos intenso em indivíduos com DPOC que em indivíduos saudáveis(10), pois os indivíduos com DPOC apresentam sobrecarga dos músculos inspiratórios mesmo em repouso(1;12). Assim, como o diafragma encontra-se em desvantagem biomecânica e muito estimulado no repouso, os indivíduos com DPOC contam com maior ativação eletromiográfica dos músculos acessórios durante o exercício(9;13).

A literatura é escassa em estudos com eletromiografia dos músculos inspiratórios extra-diafragmáticos em indivíduos com DPOC durante o exercício. Apenas um estudo descritivo com estas características foi encontrado, porém foi realizado em indivíduos saudáveis(6).

O estudo da resposta eletromiográfica dos músculos inspiratórios em indivíduos com DPOC durante sobrecarga dinâmica pode contribuir para a elucidação de questões referentes às adaptações fisiológicas presentes nesta situação. Este conhecimento é essencial para subsidiar de maneira mais científica o planejamento dos programas de reabilitação pulmonar.

Neste sentido, os objetivos deste estudo foram comparar a quantidade de atividade eletromiográfica da musculatura inspiratória entre diferentes fases de



exercício físico: repouso, inicial, intermediária e final, e comparar a variação da atividade eletromiográfica dos mesmos músculos do repouso para a fase final, em indivíduos com DPOC.

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado em laboratório de pesquisa da instituição, com temperatura ambiente controlada e sempre com a participação da mesma equipe na coleta dos dados.

### Amostra

Os participantes do estudo foram selecionados entre indivíduos com DPOC encaminhados ao ambulatório de pneumologia vinculado à instituição, a partir dos seguintes critérios: ser portador de DPOC com VEF<sub>1</sub> pós-broncodilatador < 80% do previsto, com relação VEF<sub>1</sub>/CVF inferior a 0,70 pós-broncodilatador(14;15); apresentar estabilidade clínica: não haver exacerbação da doença nas últimas seis semanas(16); ter idade inferior a 80 anos; apresentar índice de massa corporal abaixo dos valores considerados como obesidade, ou seja <30Kg/m<sup>2</sup> (17); não praticar exercício físico regular ou participar de programa de reabilitação. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: apresentar qualquer intercorrência durante a coleta das medidas; apresentar resposta anormal de frequência cardíaca (FC) e/ou pressão arterial (PA) durante o protocolo; ser incapaz de compreender e/ou realizar os procedimentos.

Trinta e nove indivíduos com DPOC, recrutados de janeiro a agosto de 2006 em ambulatórios de pneumologia da cidade de Belo Horizonte, participaram deste

estudo. Dezoito destes indivíduos foram excluídos por diversos motivos: dois deles apresentavam grau leve da doença; dois possuíam IMC superior a 30Kg/m<sup>2</sup>; um era portador de insuficiência cardíaca congestiva; cinco apresentaram interferência do sinal de eletrocardiograma nos sinais eletromiográficos dos músculos estudados; e oito por apresentarem outros problemas técnicos. Dessa forma, a amostra final foi constituída por vinte e um indivíduos com DPOC para os músculos ECM, paraesternal e escaleno. Os últimos oito destes indivíduos foram estudados também com relação ao músculo diafragma. Esta diferença no tamanho da amostra ocorreu porque a decisão de estudar o diafragma foi tomada quando a coleta dos dados estava em andamento.

Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição (Parecer nº ETIC 092/05, 25/05/2005).

### Instrumentação

Para a realização do exercício foi utilizado o cicloergômetro mecânico *MAXX Pro*, padrão Monark, de frenagem mecânica. O software multicicloergômetro (MCE)(18) para sistema DOS (Windows 95, 98, Millenium, Hidrofit<sup>®</sup>, Brasil), associado ao cicloergômetro, foi utilizado para permitir o controle da carga por meio de feedback visual. A carga foi instituída pelo produto da velocidade desenvolvida pelo participante e da carga fixa de 1 Kg imposta ao cicloergômetro.

Os sinais eletromiográficos dos músculos inspiratórios estudados foram obtidos por meio do eletromiógrafo de oito canais (EMG System do Brasil LTDA, São Paulo, Brasil), com filtro *band pass* com freqüências de corte de 20 e 500 Hz, ganho

no amplificador de 1000 vezes e modo de rejeição comum inferior a 120 dB. Todos os dados foram processados utilizando software específico para a aquisição e análise dos sinais (AqDados), com conversão analógica-digital (A/D) de 12 bits, frequência anti-análise (de coleta) de 2000 Hz para cada canal e *input range* de 5mV. Foram utilizados eletrodos bipolares para ECG Mini Medi Trace, 100, Kendall – LTP/Tyco – Canadá, um par para cada canal.

Os participantes do estudo foram avaliados em um único dia. Inicialmente foi preenchida a ficha de avaliação clínica com os dados pessoais, espirométricos e investigação sobre tabagismo, medicação utilizada, comorbidades associadas e presença de sintomas cervicais. Após o preenchimento da ficha de avaliação clínica foram realizadas as mensurações de peso e altura para o cálculo do IMC. Os participantes foram orientados a comparecer ao laboratório com roupa e calçado confortáveis para favorecer o bom desempenho durante o exercício físico.

Antes do posicionamento dos eletrodos foi feita a preparação da pele com algodão, álcool e raspagem dos pêlos quando necessário; para diminuir a impedância(1;5;7;9). Foi feita também a higienização do punho esquerdo para posterior posicionamento do eletrodo terra.

Após a preparação da pele foram posicionados os eletrodos bipolares nos músculos estudados da seguinte maneira: Esternocleidomastóideo (**ECM**): no terço inferior da porção esternal direita(19); **Paraesternal**: no segundo e terceiro espaços intercostais à direita, próximo à borda esternal(20); **Escaleno**: no terço inferior do escaleno anterior esquerdo(19); **Diafragma**: no sétimo e oitavo espaços intercostais entre as linhas hemiclavicular e axilar anterior, à direita(21;22).

Houve preferência pelo lado direito para evitar interferência eletrocardiográfica. Porém, para o escaleno foi utilizado o lado esquerdo pela dificuldade de posicionamento dos eletrodos para ECM e escaleno no mesmo lado.

Por fim, foi posicionado o eletrodo terra no punho esquerdo do participante.

Logo após a colocação dos eletrodos foram realizadas manobras de Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) para cada músculo, com o objetivo de verificar a posição correta dos eletrodos. Foram realizadas manobras específicas, uma para cada músculo: **ECM**: resistência manual (na testa) à flexão do pescoço mantendo posição simultânea de inclinação homolateral (para direita) associada à rotação contralateral da cabeça (para esquerda), e extensão da cabeça, sustentada por cinco segundos(6); **Paraesternal**: inspiração máxima e sustentada por cinco segundos a nível de capacidade pulmonar total (CPT)(8); **Escaleno**: resistência manual (na testa) à flexão cervical sustentada por cinco segundos, pois esta posição coloca o músculo em maior encurtamento, capaz de gerar maior contração; **Diafragma**: manobra de esforço inspiratório para mensuração da pressão inspiratória máxima. Foi utilizada a manobra descrita por Neder *et al*, em 1999(23).

Cada manobras de CIVM foi realizada por três vezes (exceto para o diafragma em que foram realizadas cinco) para garantir o correto posicionamento dos eletrodos.

Após a realização das manobras de CIVM, foram posicionados o freqüencímetro (três centímetros abaixo do mamilo e o relógio no punho direito) e o oxímetro de pulso (no dedo indicador esquerdo).

Houve um intervalo de trinta minutos entre as manobras de CIVM e o protocolo incremental, no qual o participante permaneceu em repouso.

### Protocolo incremental

Após o posicionamento adequado do participante na bicicleta, ele permaneceu em repouso por mais dois minutos. No segundo minuto da fase de repouso foi coletado o sinal de EMG. Depois da fase de repouso foi iniciado o exercício com uma carga de 20 watts por dois minutos, com o aumento progressivo da carga de 10 em 10 watts a cada dois minutos. O sinal eletromiográfico foi coletado sempre no último minuto de cada fase de exercício.

O exercício foi interrompido quando o participante atingiu a exaustão e manifestou o desejo de parar de pedalar, ou quando os níveis máximos de segurança dos dados pessoais foram ultrapassados: pressão diastólica > 110mmHg ou FC > 90% da FC<sub>máx</sub>(24).

Foi utilizado suporte suplementar de oxigênio, quando necessário, via cateter nasal para oxigênio tipo óculos – Laboratório Sanobiol LTDA para garantir uma saturação mínima de 92%(25).

A análise do sinal eletromiográfico foi realizada no repouso e em três fases do exercício. A divisão das fases foi feita com base na carga máxima alcançada por cada participante. A fase Inicial correspondeu, para todos os participantes, à primeira fase de exercício, com carga de 20 watts, correspondendo de 22 a 50% da carga máxima. A fase Intermediária esteve entre 60 e 75% da carga máxima. A fase final correspondeu, para todos os participantes, a 100% da carga máxima alcançada no exercício.

Do período de um minuto de sinal eletromiográfico coletado em cada fase (Repouso, Fases Inicial, Intermediária e Final), foram utilizados os vinte segundos medianos para o cálculo do RMS, salvo em algumas situações de interferência

mecânica ou de movimento em que foi necessário deslocar esses vinte segundos um pouco para direita ou para esquerda. Em nenhuma situação os vinte segundos foram fracionados.

A quantificação do sinal foi feita pelo método Root Mean Square (RMS)(3).

Não é possível garantir que as manobras de CIVM representem realmente a contração máxima de cada músculo, porque elas dependem da participação do indivíduo e porque não é possível colocar o diafragma e o paraesternal em posição de maior encurtamento como foi feito para o ECM e o escaleno. Por isso foi utilizado o repouso para a normalização dos dados apesar da normalização pela CIVM ser a mais aceita na literatura.

Sendo assim, o repouso foi um valor de referência de 100% correspondendo ao valor 1. Os valores de RMS maiores que 1 representam aumento da intensidade de atividade eletromiográfica e os valores de RMS menores que 1 representam diminuição da intensidade de atividade eletromiográfica.

#### Aspectos estatísticos

O número amostral foi calculado com base em um estudo piloto com os primeiros dez participantes do estudo considerando os resultados da variável quantidade de atividade eletromiográfica, de cada músculo estudado no repouso e nas fases de exercício. Considerando um nível de significância de 0,008, poder de 0,80 e os erros  $\alpha$  e  $\beta$ , o tamanho amostral indicado foi de 01(paraesternal), 06(escaleno e diafragma) e 07 (ECM). Sendo assim, o tamanho amostral mínimo indicado foi de 07 participantes(26). No entanto, considerando que este é o primeiro estudo com este desenho, de acordo com o conhecimento dos autores, foi incluído

um número maior de participantes. Além disso, o presente estudo não possui procedimentos invasivos em sua metodologia e a coleta dos dados foi realizada simultaneamente a outro estudo desenvolvido no laboratório que teve um número amostral maior e, portanto, os voluntários necessariamente seriam recrutados.

A preparação do banco de dados e a análise estatística foram realizadas por meio do pacote *Statistical Package for Social Sciences (SPSS 13.0, Chicago, IL, USA)*.

Foi utilizada ANOVA para medidas repetidas seguida de contraste pré-planejado e correção de Bonferroni, considerando as seis possibilidades de comparação, para comparar a ativação eletromiográfica no repouso e nas diferentes fases de exercício em cada um dos músculos estudados, com um nível de significância de 0,008. Para comparar a variação da quantidade de atividade eletromiográfica do repouso para a fase final do exercício entre os músculos estudados foi utilizada ANOVA one way seguida do post hoc Games-Howell, com nível de significância de 0,05. Os resultados foram expressos em relação ao repouso. Para relacionar a intensidade de atividade eletromiográfica com o nível de obstrução dos participantes ( $VEF_1$  e  $VEF_1/CVF$ ) foi utilizada Correlação de Pearson, com nível de significância de 0,05.

## RESULTADOS

A amostra utilizada neste estudo está caracterizada na tabela I.

O tempo de realização do exercício variou de 06 a 16 minutos, com duração média de  $9,68 \pm 3,10$  minutos. A carga máxima alcançada variou de 40 a 90 watts, numa média de  $56,67 \pm 15,60$  watts. Sete participantes utilizaram oxigênio

suplementar correspondendo a 33,33% da amostra. Em relação à interrupção do exercício 09 indivíduos interromperam por dispnéia (42,86% da amostra), 11 interromperam por fadiga de membros inferiores (52,38% da amostra) e 01 foi solicitado a interromper o exercício por apresentar compensação do tronco (4,76% da amostra).

Os resultados da intensidade da atividade eletromiográfica no repouso e nas diferentes fases de exercício de cada um dos músculos estudados estão expressos na tabela II. No ECM houve aumento da atividade eletromiográfica ( $p < 0,008$ ) em todas as fases de exercício em relação ao repouso, na fase intermediária em relação à fase inicial e na fase final em relação às fases inicial e intermediária. No escaleno também houve aumento da atividade eletromiográfica em todas as fases de exercício em relação ao repouso e na fase final em relação às fases inicial e intermediária, porém não houve aumento na fase intermediária em relação à fase inicial. Nos músculos paraesternal e diafragma houve aumento da atividade eletromiográfica em todas as fases de exercício, porém apenas em relação ao repouso.

A tabela III mostra as correlações entre  $VEF_1$  e intensidade de atividade eletromiográfica e entre Tiffeneau e intensidade de atividade eletromiográfica. Houve correlação fraca entre o índice de Tiffeneau e intensidade de atividade eletromiográfica no músculo escaleno nas fases inicial ( $r = -0,45$ ,  $\alpha = 0,04$ ) e intermediária ( $r = -0,47$ ,  $\alpha = 0,03$ ) e correlação moderada ( $r = -0,61$ ,  $\alpha = 0,00$ ) no músculo ECM na fase intermediária do exercício físico. Não houve correlação entre  $VEF_1$  e intensidade de atividade eletromiográfica em nenhuma fase de exercício nos músculos estudados.



O gráfico I representa a comparação do valor da Escala de Borg entre as fases de exercício analisadas. Houve aumento gradativo no valor da escala em todas as fases em relação à fase anterior.

O gráfico II mostra a comparação da variação da intensidade de atividade eletromiográfica do repouso para a fase final do exercício entre os músculos. Houve maior variação da atividade eletromiográfica dos músculos ECM e escaleno com relação aos músculos diafragma e paraesternal.

## DISCUSSÃO

Este estudo foi realizado para investigar a intensidade da atividade eletromiográfica inspiratória em indivíduos com DPOC durante o exercício físico.

O principal e original resultado deste estudo é que existe aumento da intensidade da atividade eletromiográfica nas fases de exercício físico em relação ao repouso, em todos os músculos estudados. Este é um resultado original, pois o presente estudo demonstrou, pela primeira vez, o comportamento da atividade eletromiográfica dos músculos inspiratórios durante o exercício físico dinâmico. Os estudos encontrados na literatura utilizaram sobrecarga específica da musculatura inspiratória, por exemplo, com a utilização do dispositivo Threshold<sup>®</sup>. Os resultados deste estudo confirmam os resultados de outros estudos de sobrecarga respiratória específica que afirmam que há aumento da atividade eletromiográfica com o aumento da carga em indivíduos com DPOC(1;9;11).

No presente estudo o aumento da atividade eletromiográfica ocorreu em todos os músculos avaliados, porém de maneira diferenciada em relação à intensidade de sobrecarga. Para o ECM, o aumento significativo da atividade

eletromiográfica ocorreu de forma progressiva em todas as fases de exercício. Este resultado foi semelhante ao estudo de MANÑANAS *et al*, em 2000(11) que avaliaram a atividade eletromiográfica de ECM em indivíduos com DPOC durante sobrecarga específica da musculatura inspiratória e observaram aumento linear com o aumento da carga inspiratória específica.

No músculo escaleno houve estabilização da quantidade de ativação eletromiográfica na fase intermediária do protocolo incremental. Parece que existe maior ativação deste músculo no início do exercício, seguida de acomodação do nível de atividade eletromiográfica numa espécie de equilíbrio entre sobrecarga dinâmica e atividade da musculatura inspiratória. Posteriormente, na fase de maior esforço possível (a 100% da carga máxima alcançada) a ativação eletromiográfica do escaleno volta a aumentar, para atender à sobrecarga.

Nos músculos paraesternal e diafragma o aumento da atividade eletromiográfica ocorreu apenas em relação ao repouso, demonstrando maior atividade destes músculos no início do exercício. Nestes músculos não parece haver necessidade de aumento da atividade eletromiográfica na fase intensa do exercício físico.

Em 2004, DUIVERMAN *et al* (1) estudaram a atividade eletromiográfica por meio da técnica de EMGsup dos músculos inspiratórios intercostal, escaleno e diafragma em indivíduos saudáveis e com DPOC no repouso e durante respiração com diferentes cargas inspiratórias: 7, 14 e 21 cmH<sub>2</sub>O. Nos indivíduos com DPOC, o aumento da atividade dos músculos intercostal e diafragma foi significativo do repouso para a carga de 7cmH<sub>2</sub>O seguida de estabilização nas outras cargas. O mesmo ocorreu no presente estudo, ou seja, houve aumento da atividade

eletromiográfica destes músculos na fase inicial de exercício seguida de estabilização nas fases intermediária e final. Por outro lado, no estudo de DUIVERMAN *et al*, a atividade do escaleno aumentou nas três cargas nos indivíduos com DPOC; enquanto que, no presente estudo, houve aumento da atividade eletromiográfica deste músculo nas fases inicial e final, com estabilização na fase intermediária.

A diferença entre os resultados do presente estudo e os encontrados por DUIVERMAN *et al* em relação à quantidade de atividade eletromiográfica no escaleno pode ser atribuída à diferença no tipo de sobrecarga respiratória (carga específica *versus* carga dinâmica).

De maneira geral, observa-se que a resposta eletromiográfica está relacionada com a identificação de maior sobrecarga, que é variável nos músculos inspiratórios.

Os resultados representados no gráfico I garantem o aumento gradativo da carga dinâmica, caracterizando o protocolo incremental proposto no presente estudo.

Alguns autores afirmam que os indivíduos com DPOC apresentam, mesmo em repouso aumento da atividade eletromiográfica dos músculos respiratórios em relação aos indivíduos saudáveis(1;5;11), e por este motivo apresentam menor aumento da atividade eletromiográfica destes músculos durante sobrecarga específica da musculatura inspiratória. Isso ocorre especialmente para o diafragma(10;12), que além de estar sobrecarregado no repouso encontra-se em desvantagem biomecânica. No presente estudo foi identificado aumento da quantidade de atividade eletromiográfica apenas em relação ao repouso nos

músculos diafragma e paraesternal. Ou seja, houve aumento da atividade eletromiográfica apenas na fase inicial do exercício (Tabela II). Além disso, estes músculos apresentaram menor variação da atividade eletromiográfica do repouso para a fase final de exercício (Gráfico II).

A partir disso pode-se levantar duas possibilidades: a primeira seria que não há aumento da atividade eletromiográfica destes músculos na fase intensa do exercício porque realmente não há necessidade desta adaptação ao exercício. A segunda seria que não há aumento da atividade eletromiográfica destes músculos na fase intensa de exercício porque eles se encontram em desvantagem biomecânica e por este motivo há maior estímulo nos músculos que se encontram melhor posicionados (ECM e escaleno).

No entanto, é preciso considerar que a função dos músculos ECM e escaleno não é apenas respiratória. Eles também estão envolvidos com a manutenção da postura e da movimentação da cabeça. DE TROYER *et al*(27) encontraram, em 1994, silêncio eletromiográfico no ECM e ativação no escaleno durante respiração espontânea em indivíduos com DPOC severo na posição supina, sugerindo função respiratória primária deste músculo. Na posição sentada houve ativação dos dois músculos, provavelmente pela função postural. Neste sentido, estes músculos podem ter apresentado maior variação da atividade eletromiográfica no presente estudo porque receberam output cortical não só para a respiração, mas também para as outras funções.

Outro fator a ser considerado é que a atividade eletromiográfica não é sinônima de movimento. Ela está envolvida no processo de contração, mas o aumento da intensidade da atividade eletromiográfica não necessariamente é

traduzido em aumento da contração muscular. Portanto, apesar dos músculos paraesternal e diafragma apresentarem menor variação da quantidade de atividade eletromiográfica, eles poderiam gerar maior movimento da caixa torácica.

No caso do diafragma acredita-se que mesmo havendo maior ativação eletromiográfica deste músculo não há grande aumento de contração porque ele se encontra em desvantagem biomecânica e com nível maior de atividade eletromiográfica no repouso em indivíduos com DPOC(10;12). Apesar disso, não se pode afirmar que este menor aumento de contração em relação aos outros músculos inspiratórios não seja efetivo para gerar mais movimento.

A relação inversa observada entre Tiffeneau e intensidade de atividade eletromiográfica nos músculos ECM – fase intermediária e escaleno – fases inicial e intermediária indica que quanto maior o nível de obstrução, menor é a intensidade de atividade eletromiográfica nestes músculos, nestas fases. Estes achados reforçam as semelhanças existentes no comportamento da atividade eletromiográfica nos músculos ECM e escaleno (tabela II e gráfico II). Apesar do  $VEF_1$  ser um indicador de obstrução muito utilizado na literatura(9;11) e neste estudo o  $VEF_1$  não ter apresentado relação com a intensidade de atividade eletromiográfica, as relações encontradas com o índice de Tiffeneau podem ser consideradas pois o  $VEF_1$  e a razão  $VEF_1/CVF$  são os índices mais usados e padronizados para caracterizar a presença de distúrbio obstrutivo(14;15).

#### Limitações do estudo

A escassez de estudos na literatura sobre eletromiografia de músculos inspiratórios durante o exercício físico, dificulta a comparação de resultados deste

estudo com os achados de outros autores. Esta discussão foi feita comparando o presente estudo com estudos de sobrecarga específica e não dinâmica da musculatura inspiratória em indivíduos com DPOC.

Uma desvantagem da EMGsup é a possibilidade de cross-talk, fenômeno em que a energia elétrica de um músculo ou de um grupo muscular interfere no sinal elétrico de outro músculo de interesse. Uma forma de minimizar este problema é escolher corretamente os eletrodos para cada músculo e posicioná-los de forma adequada(3). Dos músculos avaliados neste estudo, o maior problema com cross-talks seria com o escaleno (pelo tamanho e pelo difícil acesso), e com o diafragma (pela profundidade). No entanto, a escolha de eletrodos pequenos e o adequado posicionamento destes, definido após vasta investigação literária, minimizaram essa interferência. Além disso, alguns estudos demonstraram que a EMGsup é reproduzível e sensível para avaliar a atividade eletromiográfica de músculos respiratórios em indivíduos com DPOC, incluindo o diafragma e o escaleno(1;5;28).

Outra questão a ser considerada no desenho do presente estudo seria o uso de oxigênio suplementar em alguns participantes. No entanto, foi realizada a análise estatística sem estes indivíduos que fizeram uso de oxigênio suplementar e não houve diferença nos resultados. Então, neste caso, o fato de 33,33% da amostra ter sido constituída por indivíduos que fizeram uso de oxigênio suplementar durante o exercício físico não representou um viés do estudo.

**CONCLUSÃO:**

Os resultados deste estudo demonstraram que indivíduos com DPOC durante atividade física em cicloergômetro apresentam importante sobrecarga eletromiográfica da musculatura já exigida para a ventilação em repouso, especialmente dos músculos ECM e escaleno. No entanto, novos estudos são necessários para melhor elucidação da sobrecarga inspiratória nestes indivíduos.

**Tabela I:** Caracterização da amostra de indivíduos com DPOC (n=21).

Variáveis	Dados
Sexo	masculino
Idade (anos)	67,71±7,53 (52 – 79)
Peso (Kg)	62,60±9,62 (48,5 – 78,0)
Altura (m)	1,65±0,06 (1,53 – 1,77)
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	22,83±3,32 (19,28 - 29,72)
VEF <sub>1</sub> (% do predito)	40,31±13,53 (24 – 70)
CVF (% do predito)	73,93±13,78 (51 – 105)
VEF <sub>1</sub> /CVF (%)	53,37±10,19(37,69 – 74,56)

IMC: índice de massa corporal; VEF<sub>1</sub>: volume expiratório forçado no primeiro segundo e CVF: capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>/CVF : índice de Tiffeneau. Os dados foram expressos como média ± desvio padrão (limites inferior - superior).



**Tabela II:** Comparação da atividade eletromiográfica em % da ativação na CIVM entre as fases de exercício e repouso para cada um dos músculos estudados.

Músculo	Inicial	Intermediária	Final
ECM	1,47 ± 0,66 *	1,70 ± 0,74 * †	2,66 ± 1,25 * † ‡
Paraesternal	1,34 ± 0,32 *	1,32 ± 0,30 *	1,74 ± 0,75 *
Escaleno	1,72 ± 0,96 *	1,87 ± 1,08 *	3,34 ± 1,99 * † ‡
Diafragma	1,51 ± 0,30 *	1,46 ± 0,25 *	1,74 ± 0,44 *

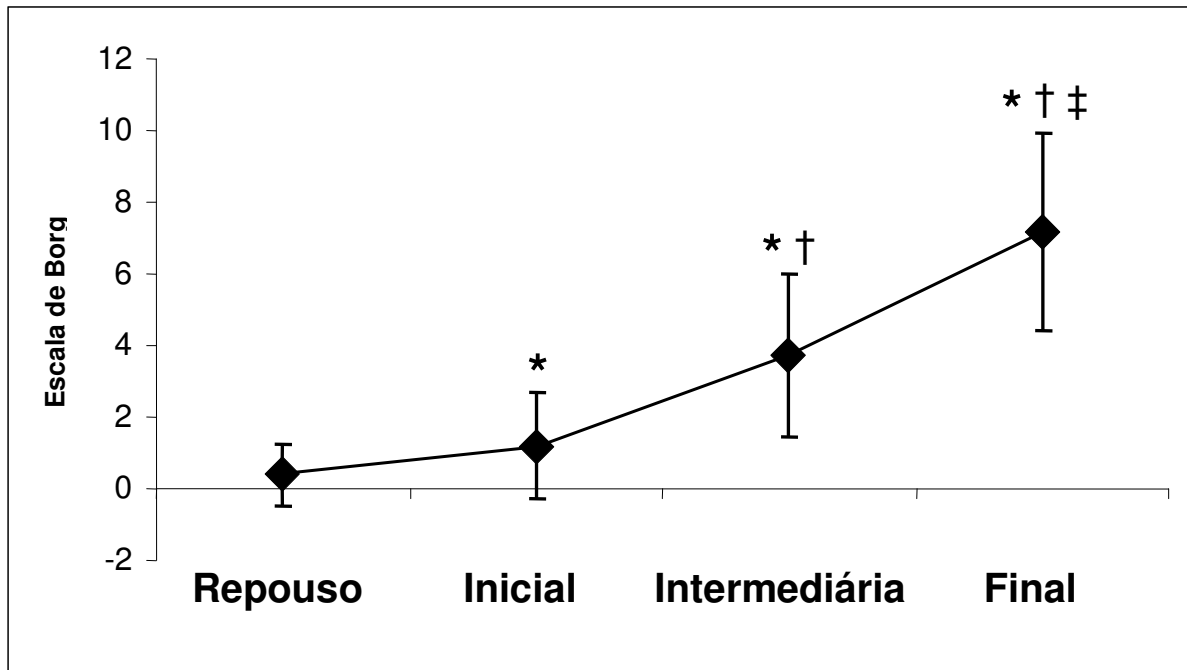
ECM: esternocleidomastóideo. Cada fase foi comparada em relação às fases anteriores: (\*) diferença significativa em relação ao repouso; (†) em relação à fase inicial; (‡) em relação à fase intermediária, considerando  $p < 0.008$ . Os dados foram normalizados com relação ao repouso (valor de referência = 1).

**Tabela III:** Correlação entre intensidade de atividade eletromiográfica e VEF<sub>1</sub> e entre intensidade de atividade eletromiográfica e índice de Tiffeneau.

Músculo	Fase Inicial		Fase Intermediária		Fase Final	
	VEF <sub>1</sub>	VEF <sub>1</sub> /CVF	VEF <sub>1</sub>	VEF <sub>1</sub> /CVF	VEF <sub>1</sub>	VEF <sub>1</sub> /CVF
ECM	r = -0,36 α = 0,11	r = -0,48 α = 0,29	r = -0,31 α = 0,17	r = -0,61 * α = 0,00	r = -0,29 α = 0,21	r = -0,51 α = 0,18
PARAESTER	r = 0,09 α = 0,72	r = 0,07 α = 0,78	r = 0,33 α = 0,15	r = 0,10 α = 0,65	r = 0,21 α = 0,36	r = -0,06 α = 0,80
ESCALENO	r = -0,31 α = 0,17	r = -0,45 * α = 0,04	r = -0,30 α = 0,20	r = -0,47 * α = 0,03	r = -0,22 α = 0,34	r = -0,32 α = 0,16
DIAFRAGMA	r = -0,32 α = 0,44	r = 0,22 α = 0,61	r = -0,27 α = 0,53	r = 0,33 α = 0,43	r = -0,12 α = 0,80	r = 0,55 α = 0,16

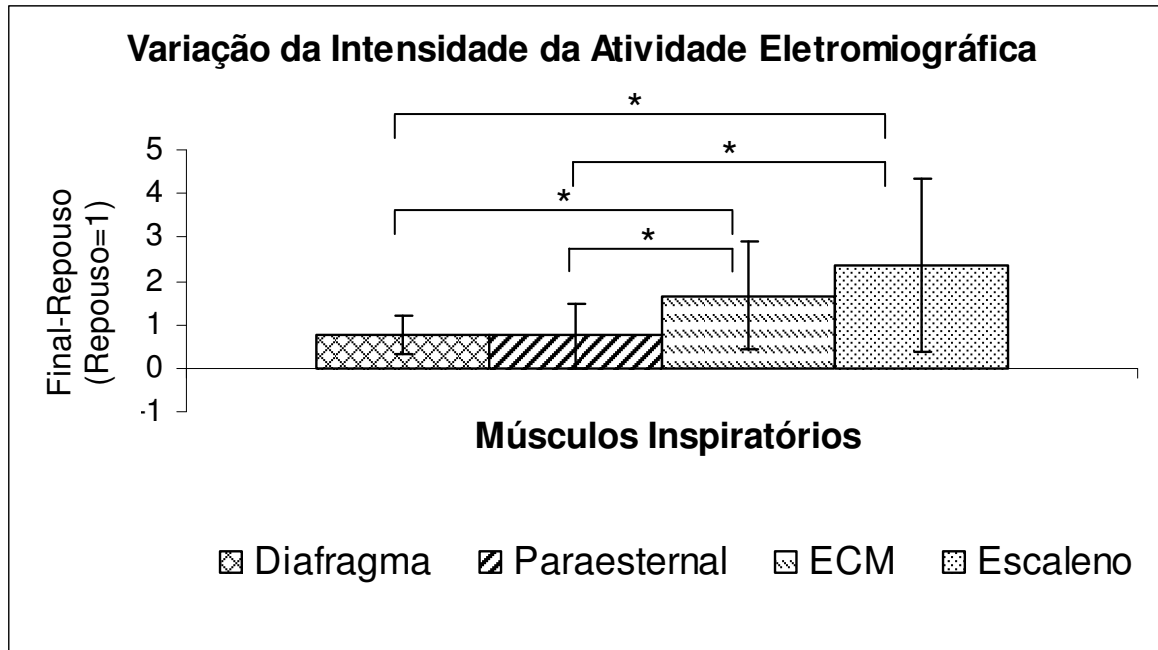
ECM: esternocleidomastóideo, VEF<sub>1</sub>: volume expiratório forçado no primeiro segundo e CVF/VEF<sub>1</sub> : índice de Tiffeneau.

**Gráfico I:** Comparação do valor da Escala de Borg entre as fases de exercício analisadas.



Cada fase foi comparada em relação às fases anteriores: (\*) diferença significativa em relação ao repouso; (†) em relação à fase inicial; (‡) em relação à fase intermediária, considerando  $p < 0.008$ .

**Gráfico II:** Variação da intensidade da atividade eletromiográfica entre a fase final e o repouso, comparada entre os músculos estudados.



ECM: esternocleidomastóideo.  $p < 0,05$ . Dados normalizados em relação ao repouso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Duiverman ML, van Eykern LA, Vennik PW, Koeter GH, Maarsingh EJ, Wijkstra PJ. Reproducibility and responsiveness of a noninvasive EMG technique of the respiratory muscles in COPD patients and in healthy subjects. *J Appl Physiol* 2004 May;96(5):1723-9.
- (2) Gallagher CG. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. *Clinics in Chest Medicine* 1994 Jun;15(2):305-26.
- (3) Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc.; 1998.
- (4) Knutson L.M., Soderberg G.L., Ballantyne BT, Clarke WR. A Study of Various Normalization Procedures for Within Day Electromyographic Data. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 1994;4(1):47-59.
- (5) Maarsingh EJ, van Eykern LA, Sprikkelman AB, Hoekstra MO, van Aalderen WM. Respiratory muscle activity measured with a noninvasive EMG technique: technical aspects and reproducibility. *J Appl Physiol* 2000 Jun;88(6):1955-61.
- (6) Costa D, Vitti M, Tosello DO, Costa P. Participation of the Sternocleidomastoid Muscle on Deep Inspiration in Man. An Electromyographic Study. *Electromyography Clinical Neurophysiology* 1994;34:315-20.
- (7) Ratnovsky A, Zaretsky U, Shiner RJ, Elad D. Integrated approach for in vivo evaluation of respiratory muscles mechanics. *J Biomech* 2003 Dec;36(12):1771-84.
- (8) Yokoba M, Abe T, Katagiri M, Tomita T, Easton PA. Respiratory muscle electromyogram and mouth pressure during isometric contraction. *Respir Physiol Neurobiol* 2003 Aug 14;137(1):51-60.
- (9) de Andrade AD, Silva TN, Vasconcelos H, Marcelino M, Rodrigues-Machado MG, Filho VC, et al. Inspiratory muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD. *J Electromyogr Kinesiol* 2005 Dec;15(6):631-9.
- (10) Hopkinson NS, Sharshar T, Ross ET, Nickol AH, Dayer MJ, Porcher R, et al. Corticospinal control of respiratory muscles in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Physiol Neurobiol* 2004 Jul 12;141(1):1-12.
- (11) Mananas MA, Jane R, Fiz JA, Morera J, Caminal P. Study of myographic signals from sternomastoid muscle in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *IEEE Trans Biomed Eng* 2000 May;47(5):674-81.

- (12) Sinderby C, Beck J, Spahija J, Weinberg J., Grassino A. Voluntary activation of the human diaphragm in health and disease. *J Appl Physiol* 1998;85(6):2146-58.
- (13) Yan S, Kaminski D, Sliwinski P. Inspiratory Muscle Mechanics of Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease during Incremental Exercise. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:807-13.
- (14) II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica - DPOC - 2004. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* 2004;S1-S42.
- (15) GOLD (Global initiative for chronic obstructive lung disease) - COPD. [www.goldcopd.com](http://www.goldcopd.com) 2004
- (16) Aliverti A, Stevenson N, Dellaca RL, Lo MA, Pedotti A, Calverley PM. Regional chest wall volumes during exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2004 Mar;59(3):210-6.
- (17) Baiocchi KM. Obesidade. *Nutrição clínica de adultos*. São Paulo: 2002. p. 131-50.
- (18) STANIAK A. Informacyjny system do wspomagania testow wydolnoscowych prowadzonych na cykloergometrze. *Trening* 1994;21:251-8.
- (19) Falla D, Dall'alba P, Rainoldi A, Merletti R, Jull G. Location of innervation zones of sternocleidomastoid and scalene muscles--a basis for clinical and research electromyography applications. *Clin Neurophysiol* 2002 Jan;113(1):57-63.
- (20) Gross D, Ladd HW, Riley EJ, Macklem PT, Grassino MD. The effect of training on strength and endurance of the diaphragm in quadriplegia. *The American Journal of Medicine* 1980;68:27-35.
- (21) Luo YM, Johnson LC, Polkey MI, Harris ML, Lyall RA, Green M, et al. Diaphragm electromyogram measured with unilateral magnetic stimulation. *Eur Respir J* 1999 Feb;13(2):385-90.
- (22) Sharshar T, Ross E, Hopkinson NS, Dayer M, Nickol A, Lofaso F, et al. Effect of voluntary facilitation on the diaphragmatic response to transcranial magnetic stimulation. *J Appl Physiol* 2003 Jul;95(1):26-34.
- (23) Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999 Jun;32(6):719-27.
- (24) Macconnell, T.R. Cardiorespiratory Assessment of Apparently Health Populations. *ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*. Baltimore Lippincott Williams&Wilkins; 1998. p. 347-53.

- (25) Cooper, C.B. Pulmonary disease. ACMS's exercise management for persons with chronic diseases e disabilities. Champaign: 1997. p. 74-7.
- (26) Soares JF, Siqueira AL. Medida do efeito de uma intervenção ou exposição. Introdução à estatística médica. 2 ed. Belo Horizonte: 2002. p. 241-4.
- (27) DeTroyer A, Peche R, Yernault JC, Estenne M. Neck muscle activity in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 1994;150:41-7.
- (28) Maarsingh EJ, van Eykern LA, de Haan RJ, Griffioen RW, Hoekstra MO, van Aalderen WM. Airflow limitation in asthmatic children assessed with a non-invasive EMG technique. Respir Physiol Neurobiol 2002 Oct 23;133(1-2):89-97.

## INSPIRATORY MUSCLES' ELECTROMYOGRAPHY ACTIVITY OF SUBJECTS WITH COPD DURING EXERCISE

**Objective:** To quantify the electromyographic (EMG) activity of the inspiratory musculature during exercise. **Methodology:** The activity of the sternocleidomastoideus (SCM), parasternal, scalenus (n=21), and diaphragma (n=8) was investigated in subjects with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) ( $FEV_1=40.31\pm 13.53\%$ ) using surface EMG at rest and during three phases of physical exercise. Repeated measures ANOVA followed by pre-planned contrasts with Bonferroni correction and one-way ANOVA with Games-Howell post-hoc were used. The results for all phases were expressed in relation to the rest phase. **Results:** The SCM did not show significant increases in EMG activity ( $p<0.008$ ) between all exercise phases in relation to rest, from the intermediate phase in relation to the initial level, and from the final in relation to the initial and intermediate phases. For the scalenus, significant increases in EMG activity were observed for all phases of exercise in relation to the rest phase and during the final phase in relation to the initial and intermediate phases. However, no significant differences were found between the intermediate and initial phases. For the parasternal and diaphragma, significant increases in EMG activity were observed for all phases, but only in relation to the rest phase. Compared to the parasternal and diaphragma, the EMG activity of the SCM and scalenus muscles showed greater variability ( $p<0.05$ ) between the rest and the final phases. There was inverse correlation between EMG activity and Tiffeneau to the SCM and to the scalenus. **Conclusions:** The findings revealed that subjects with COPD demonstrated overload of the inspiratory musculature, especially for the SCM and scalenus.

**Key-Words:** Electromyography, COPD, inspiratory musculature, physical exercise.



## Capítulo 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo original foi realizado com o objetivo de investigar a ativação eletromiográfica inspiratória em indivíduos com DPOC durante o exercício dinâmico. Foram estudadas três fases de exercício: fase inicial, fase intermediária e fase final.

O presente estudo faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo intitulado “Avaliação de Parâmetros Ergoespirométricos, Eletromiográficos e Pletismográficos de Sujeitos com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, Durante o Repouso e a Atividade Física”, no qual estava prevista a avaliação dos parâmetros eletromiográficos dos músculos respiratórios em DPOC.

A atividade eletromiográfica dos músculos inspiratórios ECM, paraesternal, escaleno e diafragma foi mensurada por meio da técnica de eletromiografia de superfície em indivíduos com DPOC em um único dia de coleta. O aumento da carga no cicloergômetro representou sobrecarga da musculatura inspiratória, especialmente nas fases inicial e final do exercício.

A escassez de estudos na literatura sobre eletromiografia de músculos inspiratórios em atividade aeróbica, dinâmica, dificulta a comparação de resultados deste estudo com os achados de outros autores.

Devemos considerar que não é possível garantir que as manobras de CIVM representem realmente a contração máxima de cada músculo, porque elas dependem da participação do indivíduo e porque não é possível colocar o diafragma e o paraesternal em posição de maior encurtamento como foi feito para o ECM e o escaleno. Por isso para a normalização dos dados foi feita pelo repouso apesar da normalização pela CIVM ser mais aceita na literatura.

Outros estudos sobre eletromiografia dos músculos respiratórios em indivíduos com DPOC são importantes para maiores esclarecimentos sobre os impactos desta doença. Seria interessante o desenvolvimento de estudos que relacionem o aumento da atividade eletromiográfica com a geração de movimento, para melhor aplicabilidade dos resultados na prática clínica.

A melhor compreensão sobre a função muscular respiratória nos indivíduos com DPOC é uma forma de contribuir com subsídios para a reabilitação destes indivíduos, minimizando o impacto das disfunções e assim as incapacidades geradas pela doença, como propõe a CIF.

**ANEXO I**

## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado (a) voluntário (a):

Agradecemos o seu interesse em participar do estudo “AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ERGOESPIROMÉTRICOS, ELETROMIOGRÁFICOS E PLETISMOGRÁFICOS DE INDIVÍDUOS COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA, DURANTE O REPOUSO E A ATIVIDADE FÍSICA”.

Esta é uma pesquisa muito importante para a comunidade científica, pois tem como objetivo avaliar alguns parâmetros de indivíduos com DPOC durante o repouso e a atividade física e dessa forma contribuir para o acompanhamento terapêutico desses indivíduos.

### **Responsáveis:**

- Profa. Dra. Raquel Rodrigues Britto, do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Minas Gerais, como orientadora (telefone: 3499 4783).
- Profa. Dra. Verônica Franco Parreira, do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Minas Gerais, como co-orientadora (telefone: 3499 4783).

### **Procedimentos:**

Os voluntários serão indivíduos com DPOC, com diagnóstico prévio dado por médicos especialistas, confirmados por meio de espirometria. Durante a coleta de dados, serão realizadas medidas pela Pletismografia Respiratória por Indutância (RespiTrace®), pela Eletromiografia de Superfície (EMG System do Brasil LTDA) e pela Ergoespirometria (MedGraphics) em repouso e durante a atividade física em três níveis de atividade: leve, moderada e intensa na esteira elétrica. Simultaneamente, será realizada uma monitorização da frequência cardíaca e da saturação periférica de oxigênio. Todas as medidas são indolores e não invasivas.

As informações serão coletadas em total sigilo, em fichas específicas a serem elaboradas no início da pesquisa.

**Benefícios esperados:**

Os resultados observados neste estudo poderão contribuir para os programas de reabilitação pulmonar, beneficiando indiretamente outras pessoas.

O(a) senhor(a) é livre para se recusar a participar ou interromper sua participação a qualquer momento, sem nenhuma penalização ou prejuízo. O(a) senhor(a) não terá despesas na participação desta pesquisa e não receberá nenhuma remuneração. Diante dessas informações, se for de sua vontade participar deste estudo, favor preencher o consentimento abaixo.

**Consentimento:**

Declaro que li e entendi as informações contidas neste documento e que todas as dúvidas foram esclarecidas.

Dessa forma, eu \_\_\_\_\_, concordo em participar desse estudo como voluntário (a).

Belo Horizonte \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) voluntário (a)

\_\_\_\_\_  
Assinatura da mestrandia

\_\_\_\_\_  
Testemunha

\_\_\_\_\_  
Testemunha

**ANEXO II**

**ANEXO III**

## FICHA DE AVALIAÇÃO CLÍNICA

“ESTUDO ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS DE INDIVÍDUOS  
COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA DURANTE O EXERCÍCIO  
FÍSICO”.

ID do sujeito: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

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

Sexo: \_\_\_ Data nasc.: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_ Kg Altura: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

Espirometria – data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

	Encontrado	Previsto	Limite inferior	%
CV				
CVF				
VEF <sub>1</sub>				
VEF <sub>25-75</sub>				
VEF <sub>1</sub> /CVF x100				

DPOC Grau: \_\_\_\_\_

Atividade física: Sim ( ) Não ( ) Nível: \_\_\_\_\_

Tabagista: Não ( ) Sim ( ) Ex-tabagista ( ) Anos/maço \_\_\_\_\_

Medicamentos em uso: \_\_\_\_\_

Dispnéia: repouso ( ) Sim ( ) Não Grau de dispnéia: \_\_\_\_\_

Patologias associadas:

a) Cardíacas ( )

b) Ortopédicas ( )

c) Outra ( ) \_\_\_\_\_

Torticolo recente: ( ) Sim ( ) Não Outros: \_\_\_\_\_

Observações:



