

## Efeitos da pressão positiva expiratória nas vias aéreas sobre a atividade eletromiográfica da musculatura acessória da inspiração em portadores de DPOC\*

Effects of expiratory positive airway pressure on the electromyographic activity of accessory inspiratory muscles in COPD patients

Dannuey Machado Cardoso, Dulciane Nunes Paiva,  
Isabella Martins de Albuquerque, Renan Trevisan Jost,  
Andréia Vanessa da Paixão

### Resumo

**Objetivo:** Avaliar a atividade eletromiográfica (AE) dos músculos esternocleidomastoideo (ECM) e escaleno durante e após a aplicação de *expiratory positive airway pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória nas vias aéreas) em portadores de DPOC. **Métodos:** Ensaio clínico simples cego com 13 indivíduos hígidos como controles e 12 pacientes com DPOC estável. No momento basal, foram determinados a AE em respiração espontânea, parâmetros da função pulmonar e a força muscular respiratória. Posteriormente, foi aplicada EPAP de 15 cmH<sub>2</sub>O com uma máscara facial durante 25 min, com o registro do sinal eletromiográfico dos músculos ECM e escaleno a cada 5 min. Um último registro foi obtido 10 min após a retirada da máscara. **Resultados:** Observamos que o comportamento da AE dos músculos ECM e escaleno foi semelhante nos controles e pacientes com DPOC ( $p = 0,716$  e  $p = 0,789$ , respectivamente). Porém, ao longo da aplicação de EPAP, ambos os músculos mostraram uma tendência ao aumento da AE. Além disso, houve uma redução significativa da AE do ECM entre o momento final e basal ( $p = 0,034$ ). **Conclusões:** A aplicação de EPAP promoveu uma redução significativa da AE do músculo ECM tanto nos controles quanto nos portadores de DPOC estável. Porém, isso não ocorreu em relação à AE do músculo escaleno.

**Descritores:** Eletromiografia; Músculos respiratórios; Doença pulmonar obstrutiva crônica; Respiração com pressão positiva.

### Abstract

**Objective:** To evaluate the electromyographic activity (EA) of sternocleidomastoid (SCM) and scalene muscles during and after the use of expiratory positive airway pressure (EPAP) in patients with COPD. **Methods:** This was a clinical single-blind trial involving 13 healthy subjects as controls and 12 patients with stable COPD. At baseline, we determined EA during spontaneous respiration, lung function parameters, and respiratory muscle strength. Subsequently, EPAP at 15 cmH<sub>2</sub>O was applied by means of a face mask for 25 min, during which the EA of the SCM and scalene muscles was recorded every 5 min. A final record was obtained 10 min after the mask removal. **Results:** We found that the behavior of the EA of SCM and scalene muscles was comparable between the controls and the COPD patients ( $p = 0.716$  and  $p = 0.789$ , respectively). However, during the use of EPAP, both muscles showed a trend toward an increase in the EA. In addition, there was a significant decrease in the EA of the SCM between the baseline and final measurements ( $p = 0.034$ ). **Conclusions:** The use of EPAP promoted a significant reduction in the EA of the SCM in the controls and in the patients with stable COPD. However, this did not occur regarding the EA of the scalene muscle.

**Keywords:** Electromyography; Respiratory muscles; Pulmonary disease, chronic obstructive; Positive-pressure respiration.

---

\* Trabalho realizado na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul (RS) Brasil.  
Endereço para correspondência: Dannuey Machado Cardoso. Rua Adriana Pereira Druck, 149, Farol, CEP 96690-000, Pântano Grande, RS, Brasil.  
Tel 55 51 3734-1204. E-mail: dannuey@yahoo.com.br  
Apoio financeiro: Nenhum.  
Recebido para publicação em 4/1/2010. Aprovado, após revisão, em 13/10/2010.

## Introdução

A DPOC se caracteriza pela obstrução crônica ao fluxo aéreo e pela redução da capacidade aeróbia da musculatura periférica, promovida pelas alterações ocorridas na mecânica ventilatória, resultando em diminuição da retração elástica pulmonar, aumento da complacência pulmonar e alteração na relação ventilação/perfusão.<sup>(1,2)</sup> Em decorrência dessas alterações, ocorre aumento do espaço morto fisiológico, hiperinsuflação dinâmica com retificação diafragmática e ineficiência da biomecânica respiratória, produzindo aumento do gasto energético.<sup>(3,4)</sup>

A hiperinsuflação dinâmica é a principal causa da limitação ao exercício nos portadores de DPOC, o que resulta em aumento do trabalho muscular inspiratório necessário para gerar uma pressão capaz de ultrapassar o limiar da *intrinsic positive end-expiratory pressure* (PEEPi, pressão expiratória final positiva intrínseca).<sup>(5)</sup> O aumento do trabalho ocorre pela maior ativação do músculo escaleno e pelo recrutamento dos músculos acessórios da respiração, como o esternocleidomastoideo (ECM).<sup>(6)</sup> Tais músculos são responsáveis pelo deslocamento cranial do esterno e da caixa torácica durante a inspiração; porém, suas ativações ocorrem em momentos distintos, ou seja, o escaleno é ativado durante a fase inspiratória, até mesmo durante o repouso; o ECM é recrutado apenas depois de atingido cerca de 70% do volume corrente (VC), quando a capacidade inspiratória é aumentada pela hipercapnia<sup>(7)</sup> ou pela hiperpneia,<sup>(8)</sup> ou ainda quando é atingida cerca de 35% da P<sub>lmáx</sub> durante um esforço inspiratório a partir da capacidade residual funcional em indivíduos hígidos.<sup>(9)</sup>

Muitos autores têm estudado os efeitos da aplicação da *expiratory positive air pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória nas vias aéreas) em portadores de DPOC,<sup>(10,11)</sup> principalmente no que tange ao auxílio na remoção de secreções pulmonares.<sup>(12,13)</sup> No portador de DPOC, o aumento da resistência na fase expiratória causa redução do volume minuto, do VC, da FR e do espaço morto fisiológico, podendo ainda melhorar a relação comprimento/tensão dos músculos respiratórios, tornando-os mais eficientes.<sup>(13,14)</sup> Entretanto, outros autores sugerem que a aplicação da EPAP em pacientes com moderado a severo grau de obstrução de

vias aéreas, em repouso ou durante a realização de exercícios, poderia ser responsável pelo aumento da sensação de dispneia.<sup>(11)</sup>

Em um estudo realizado com um modelo canino, no qual foram aplicados 10 cmH<sub>2</sub>O de pressão positiva inspiratória, EPAP e pressão positiva contínua nas vias aéreas durante o broncoespasmo induzido por metacolina, os autores observaram que a EPAP foi a única modalidade pressórica responsável pelo aumento do trabalho respiratório.<sup>(15)</sup> Contraditoriamente, uma das principais aplicações clínicas da EPAP é o deslocamento de secreções em pacientes com DPOC, promovendo paralelamente o importante efeito fisiológico de redução do mecanismo de hiperinsuflação pulmonar nesses pacientes. Assim, teoricamente, no momento da aplicação da EPAP no portador de DPOC, o possível aumento do trabalho respiratório poderia refletir na musculatura inspiratória. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar, em portadores de DPOC, o comportamento da atividade eletromiográfica dos músculos ECM e escaleno durante a aplicação da EPAP e após sua retirada.

## Métodos

Tratou-se de um ensaio clínico simples cego, composto por portadores de DPOC e indivíduos hígidos, com idade entre 40 e 70 anos. Foram incluídos na amostra portadores de DPOC com diagnóstico clínico e estadiamento II ou III, segundo a classificação da *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*, e que participavam de um programa de reabilitação pulmonar, estando estáveis clinicamente, segundo indicação médica. Os indivíduos hígidos incluídos não eram tabagistas e apresentaram função pulmonar normal. Foram excluídos aqueles portadores de DPOC com instabilidade hemodinâmica, sinais clínicos de exacerbação aguda, com uso de via aérea artificial ou que não tolerassem o uso da máscara de EPAP. Quanto aos indivíduos hígidos, foram excluídos aqueles com sintomas respiratórios nos 30 dias que precederam à inclusão no estudo, com pneumopatia crônica, claustrofobia ou instabilidade hemodinâmica.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Santa Cruz do Sul, e foi obtido o consentimento livre e

informado por escrito de todos os participantes do estudo.

O estudo foi realizado em dois momentos. No primeiro, foram avaliadas a antropometria, a força muscular respiratória e a função pulmonar. No segundo, foram determinados o VC, a FR, a  $SpO_2$  e a atividade eletromiográfica sob a aplicação de EPAP durante 25 min. Dois investigadores foram responsáveis pela aplicação das intervenções, sendo esses cegados para o desfecho do estudo.

A avaliação do VC foi realizada com um ventilômetro (Mark 8; Ferraris Medical Ltd., Middlesex, Inglaterra), sendo também verificadas a  $SpO_2$ , com o uso de um oxímetro (Nonin Medical, Plymouth, MN, EUA), e a FR em ciclos/min. Essas variáveis foram aferidas inicialmente com o indivíduo em respiração espontânea, ou seja, antes da aplicação da EPAP, e no último minuto de sua aplicação.

O sinal eletromiográfico foi inicialmente obtido com o indivíduo em respiração espontânea (pré-EPAP), sentado e em repouso, com a região cervical e membros superiores em posição neutra. O indivíduo foi orientado a não realizar qualquer movimento com esses segmentos durante a captação do sinal.

Para a coleta do sinal eletromiográfico (SEMG), foram realizadas a tricotomia da área e sua desinfecção com abrasão de algodão com álcool na superfície muscular de interesse, com o intuito de remover células mortas e diminuir a resistência da pele à passagem do SEMG. Foram posicionados eletrodos circulares de superfície com configuração bipolar (Meditrace 100 pediátrico – Ag/AgCl – Gel sólido adesivo e condutor; Tyco Healthcare Group Canada Inc, Pointe Claire, QC, Canadá) com raio de 15 mm, pré-amplificados e conectados a um sensor diferencial de superfície (modelo SDS500; Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda., Porto Alegre, Brasil). A distância entre o centro dos eletrodos foi mantida em 30 mm. O nível de resistência entre os eletrodos foi controlado antes de cada sessão com um multímetro digital (modelo UT30B; UNIT, Guangshou, China) e mantido abaixo de 3.000 ohms.<sup>(16)</sup> Um par de eletrodos de superfície foi aderido sobre o corpo de ambos os músculos ECM 3 cm acima da cabeça anterior dos músculos e em ambos os triângulos posteriores do pescoço, ao nível da cartilagem cricoide, e sobre a porção inferior dos músculos

escalenos anteriores (Figura 1). Essa localização foi obtida através da palpação do terço inferior de uma linha traçada entre o meio do processo mastoide e do manúbrio esternal.<sup>(17)</sup>

A aplicação da EPAP teve duração total de 25 min, sendo realizada através de uma máscara facial flexível (RHDSO; Vital Signs, Totowa, NJ, EUA) e adaptada com um fixador cefálico, o que viabilizou a minimização de escape aéreo, tendo no ramo expiratório um sistema gerador de pressão positiva contendo uma válvula unidirecional e um mecanismo de resistência expiratória, chamado de sistema *Spring Load* (Vital Signs), pelo qual, nos primeiros 5 min, foi utilizado o nível de 5  $cmH_2O$  para a adaptação do indivíduo e posteriormente aumentado para 15  $cmH_2O$ . Foi conectado à máscara da EPAP um manovacuômetro digital (modelo MVD300; GlobalMed, Porto Alegre, Brasil), para aferir o nível pressórico intramáscara, e garantir que esse não excedesse 15  $cmH_2O$ .

A avaliação da função pulmonar foi realizada com um espirômetro portátil (EasyOne® Modelo 2001; Diagnostic Spirometer, Zurich, Suíça), e o



**Figura 1** – Aplicação de *expiratory positive airway pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória nas vias aéreas) em um voluntário. Durante a aplicação de EPAP, ocorreu simultaneamente o registro da atividade eletromiográfica dos músculos esternocleidomastoideo e escaleno, do volume corrente e da pressão intramáscara (com um manovacuômetro).

protocolo utilizado foi aquele recomendado pela *American Thoracic Society* em 2005.<sup>(18)</sup> Foram avaliados CVF, VEF<sub>1</sub>, relação VEF<sub>1</sub>/CVF e PFE. A curva que apresentou o melhor desempenho foi comparada com os valores previstos na literatura,<sup>(19)</sup> e os valores foram descritos em porcentagem do previsto.

A força muscular respiratória (Plmáx e PEMáx) foi avaliada utilizando-se um manovacuômetro digital (modelo MVD300; GlobalMed) com o indivíduo sentado.<sup>(20)</sup> A Plmáx foi obtida com o indivíduo inspirando do VR até a CPT, e a PEMáx foi obtida com a manobra ventilatória da CPT até o VR contra a válvula ocluída. Para a análise dos dados, foi considerado o maior valor obtido, dentre as cinco manobras realizadas, que não diferisse mais que 10% do segundo maior valor em ordem decrescente. Tais valores foram comparados com os descritos na literatura<sup>(21)</sup> e expressos em percentual do previsto.

A aquisição dos dados eletromiográficos foi realizada com um eletromiógrafo de superfície (Miotool 400; Miotec, Porto Alegre, Brasil), composto por um sistema de quatro canais, com frequência de amostragem de 2.000 Hz por canal, sendo a aquisição do sinal obtido antes da aplicação da EPAP (pré-EPAP), a cada 5 min de aplicação da EPAP (totalizando 5 aquisições) e 10 min após o uso da EPAP (pós-EPAP). A curva correspondente ao sinal eletromiográfico da fase inspiratória foi obtida através da observação da pressão intramáscara com o programa MVD300 (GlobalMed) desde 1 s antes de ser detectada a ausência de pressão até 1 s após atingir 15 cmH<sub>2</sub>O,<sup>(22)</sup> com a obtenção do valor *root mean square* (RMS). Na sequência, os dados foram transmitidos em conexão a um microcomputador portátil via porta USB. Tais achados foram exportados para o programa SAD 32 (Laboratório de Medições Mecânicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil) para a realização da filtragem digital, utilizando-se filtros passa banda *Butterworth* de quinta ordem, com frequências de corte entre 25 e 500 Hz.<sup>(23)</sup> Os procedimentos de captura do SEMG foram de acordo ao recomendado pela *International Society of Electrophysiology and Kinesiology*.<sup>(24)</sup> A quantificação da atividade eletromiográfica durante a respiração em repouso e nos momentos de aplicação da EPAP foi mostrada em percentuais em relação à RMS (%RMS), sendo esses valores normalizados através da

contração isovolumétrica voluntária máxima obtida durante a mensuração da Plmáx.

O pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences*, versão 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para o tratamento dos resultados, que foram apresentados como média e desvio-padrão e observados quanto a sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados referentes à idade, IMC, função pulmonar e força muscular respiratória foram testados quanto à heterogeneidade pelo teste F e comparados entre os grupos através do teste t de Student para amostras independentes. Para comparar o VC, FR e SpO<sub>2</sub> obtidos antes da aplicação de EPAP e aos 25 min de sua aplicação dentro de cada grupo, assim como comparar o SEMG entre o segmento esquerdo e direito, foi realizado o teste t de Student pareado. O teste do qui-quadrado foi utilizado para comparar as proporções de gênero entre os grupos. Para a análise do SEMG, os dados foram transformados em logaritmo natural apenas para obter uma relativa simetria entre os dados, sendo então aplicada *two-way* ANOVA com medidas repetidas e correção de Greenhouse-Geisser. Para o SEMG do músculo ECM, foi realizado o teste t de Student pareado entre o momento basal (pré-EPAP) e final (pós-EPAP). Para efeito de significância estatística, foi adotado  $p < 0,05$ .

## Resultados

A amostra foi composta por 25 participantes, sendo 13 indivíduos hígidos (grupo controle) e 12 portadores de DPOC (grupo DPOC), havendo distribuição homogênea quanto ao gênero, média de idade e força muscular respiratória, representada por Plmáx e PEMáx, dos indivíduos alocados. Houve diferenças entre os grupos quanto ao IMC (grupo controle com sobrepeso) e à função pulmonar (redução de todas as variáveis analisadas no grupo DPOC, evidenciando as perdas causadas pela doença; Tabela 1). A força muscular respiratória não foi estatisticamente diferente entre os grupos, indicando uma possível habilidade do grupo DPOC em manter as pressões promovidas pelos músculos inspiratórios e expiratórios. Apesar da falta de significância estatística, que se deveu provavelmente ao tamanho da amostra, é importante ressaltar que o grupo DPOC apresentou uma redução importante da Plmáx (Tabela 1).

**Tabela 1** – Características de base dos dois grupos estudados.<sup>a</sup>

Características	Grupo controle	Grupo DPOC	p
	(n = 13)	(n = 12)	
Gênero masculino, n (%)	7 (53,8)	4 (33,3)	0,302
Idade, anos	57,1 ± 7,1	57,2 ± 8,3	0,997
IMC, kg/m <sup>2</sup>	27,1 ± 3,0	22,5 ± 5,9	0,020
Função pulmonar			
CVF, % do previsto	87,8 ± 9,6	63,7 ± 19,5	0,001
VEF <sub>1</sub> , % do previsto	86,8 ± 14,3	44,0 ± 20,0	< 0,001
VEF <sub>1</sub> /CVF, % do previsto	99,0 ± 9,3	66,8 ± 17,4	< 0,001
PFE, % do previsto	79,0 ± 35,4	40,7 ± 21,8	0,004
FEF <sub>250-750</sub> , % do previsto	90,6 ± 31,5	23,3 ± 14,9	< 0,001
Força muscular respiratória			
PI <sub>máx</sub> , % do previsto	94,8 ± 26,2	77,7 ± 39,9	0,224
PE <sub>máx</sub> , % do previsto	100,5 ± 31,7	98,8 ± 31,8	0,897

<sup>a</sup>Valores expressos em média ± dp, exceto onde especificado.

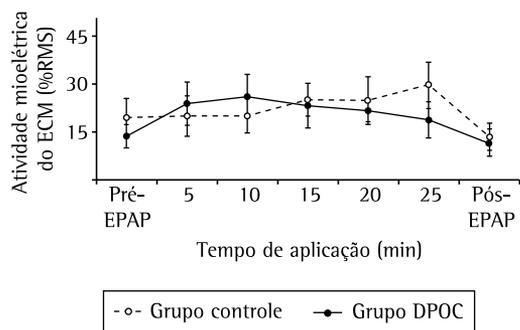
Com a aplicação da EPAP, o grupo controle apresentou um aumento significativo do VC entre os momentos basal e final (642,2 ± 344,4 mL vs. 1.540,5 ± 702,5 mL; p = 0,002) e da SpO<sub>2</sub> (96,5 ± 1,3% vs. 98,4 ± 0,8%; p < 0,001), com uma queda também significativa da FR (17,4 ± 4,6 ciclos/min vs. 10,5 ± 4,7 ciclos/min; p = 0,002). O grupo DPOC comportou-se de forma semelhante quanto ao aumento da SpO<sub>2</sub> (93,6 ± 5,1% vs. 95,4 ± 3,2%; p = 0,038) e à redução da FR (18,3 ± 4,1 ciclos/min vs. 11,6 ± 3,8 ciclos/min; p < 0,001); porém, o VC não aumentou significativamente (470,4 ± 272,9 mL vs. 526,8 ± 267,4 mL; p = 0,574).

Quanto à atividade eletromiográfica da musculatura estudada, observamos inicialmente que não houve diferenças significativas no comportamento da atividade muscular entre o segmento direito e esquerdo de ambos os músculos e, por esse fato, adotamos a média entre os dois segmentos. O comportamento da atividade eletromiográfica do ECM nos momentos avaliados mostrou, ao longo do tempo, uma diferença significativa (p = 0,034), mas os grupos comportaram-se de forma semelhante (p = 0,716; Figura 2). Assim, ao observarmos o SEMG do ECM, considerando todos os indivíduos da amostra (n = 25), constatamos uma redução significativa entre o momento pré-EPAP e o pós-EPAP (16,7 ± 11,0%RMS vs. 12,5 ± 10,4%RMS; p = 0,006; Figura 3). Já a atividade eletromiográfica do escaleno não sofreu alterações significativas tanto entre os grupos (p = 0,789), quanto ao longo do tempo (p = 0,195; Figura 4).

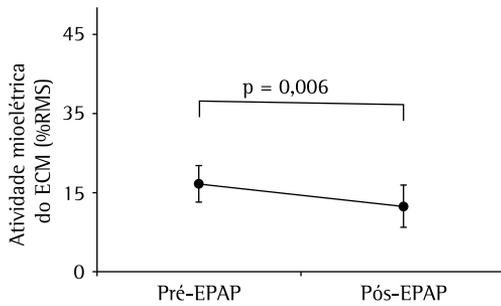
## Discussão

Nossos resultados sugerem que, após a aplicação de 25 min de EPAP com nível pressórico de 15 cmH<sub>2</sub>O, através de máscara facial, ocorre uma redução significativa da atividade eletromiográfica do ECM tanto em indivíduos saudáveis quanto em portadores de DPOC. Entretanto, é importante ressaltar que tal comportamento não foi encontrado quando foi observado o músculo escaleno.

Diferentemente do comportamento esperado, a força muscular inspiratória do grupo DPOC não se apresentou reduzida quando

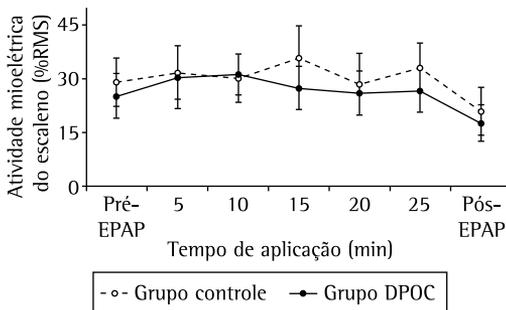


**Figura 2** – Comportamento da atividade eletromiográfica do músculo esternocleidomastoideo (ECM), em % *root mean square* (%RMS), com os participantes dos grupos controle e DPOC sob *expiratory positive airway pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória nas vias aéreas), em respiração espontânea: no momento basal (pré-EPAP), durante a aplicação de EPAP com a máscara (5, 10, 15, 20 e 25 min) e no momento final (pós-EPAP).



**Figura 3** - Efeito da aplicação de *expiratory positive airway pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória nas vias aéreas), em % *root mean square* (%RMS), sob a atividade eletromiográfica do músculo esternocleidomastoideo (EMC) entre o momento basal (pré-EPAP) e após a retirada da máscara (pós-EPAP) em todos os indivíduos da amostra ( $p = 0,006$ ).

comparada ao grupo controle; porém, demonstrou-se uma significância clínica, pois foi encontrada uma redução global da força muscular respiratória no grupo DPOC, principalmente da  $Pl_{máx}$ . Como já fora observado anteriormente, a perda de força muscular respiratória no portador de DPOC ocorre principalmente pelo surgimento da hiperinsuflação pulmonar, o que causaria marcada desvantagem mecânica a esses músculos, provocando mudanças geométricas no tórax e no diafragma, depressão da cúpula diafragmática e encurtamento de suas fibras, obrigando-o a trabalhar em uma porção ineficaz da curva comprimento-tensão,<sup>(25,26)</sup> além de aumentar sua demanda na tentativa de



**Figura 4** - Comportamento da atividade eletromiográfica do músculo escaleno, em % *root mean square* (%RMS), com os participantes dos grupos controle e DPOC sob *expiratory positive airway pressure* (EPAP, pressão positiva expiratória nas vias aéreas), em respiração espontânea: no momento basal (pré-EPAP), durante a aplicação de EPAP com a máscara (5, 10, 15, 20 e 25 min) e no momento final (pós-EPAP).

ultrapassar o limiar imposto pela PEEPi.<sup>(5)</sup> Por tais razões, o portador de DPOC necessita do recrutamento adicional dos músculos acessórios da inspiração, principalmente do músculo ECM, na tentativa de manter adequadas pressões de enchimento pulmonar.<sup>(6)</sup>

Durante os momentos de aplicação de EPAP, especula-se que tenha ocorrido um aumento da atividade eletromiográfica dos músculos observados em ambos os grupos, o que pode ter sido gerado pelo aumento do trabalho respiratório. Esse achado pode ter ocorrido devido ao fato de que a aplicação de EPAP promove um aumento da pressão pleural e transdiafragmática.<sup>(15)</sup> No que diz respeito à presença de aumento da atividade eletromiográfica no ECM, sugere-se que esse se torne mais ativo durante uma manobra de máxima insuflação pulmonar, o que produz grande deslocamento da caixa torácica no sentido cranial.<sup>(27)</sup> Esse aumento da atividade muscular, quando aplicada uma pressão positiva, ocorre na tentativa de manter uma pressão inspiratória adequada.<sup>(28)</sup> O recrutamento da musculatura acessória da inspiração durante a aplicação de EPAP, como também já observado em portadores da síndrome da apnéia obstrutiva do sono, prolonga o tempo expiratório, o que favorece a desinsuflação pulmonar e reduz, conseqüentemente, a FR.<sup>(27)</sup>

Ao contrário do que se esperava, a atividade eletromiográfica do escaleno não evidenciou alterações significativas com o uso da EPAP, apesar de ter apresentado um aparente aumento durante a sua aplicação e uma tendência a redução após sua retirada. Esse achado vai ao encontro do resultado de um estudo, no qual, objetivando avaliar o comportamento do músculo escaleno em indivíduos hígidos sob o uso da PEEP de 5-15  $cmH_2O$ , demonstrou-se que, durante a aplicação dos dois níveis pressóricos, houve um aumento da atividade física muscular respiratória e que, após a retirada do suporte pressórico, os níveis de atividade eletromiográfica retornaram à condição de antes da intervenção.<sup>(28)</sup> Os autores do estudo consideraram que o aumento do trabalho muscular inspiratório ocorreu devido à imposição de um gradiente de pressão na fase expiratória, o que demandou maior trabalho muscular inspiratório na tentativa de minimizar a diferença pressórica entre as fases inspiratória e expiratória.<sup>(28)</sup>

Os mesmos autores citados anteriormente realizaram outro estudo em portadores de DPOC, no qual foi aplicada uma EPAP de 5 cmH<sub>2</sub>O com os pacientes em repouso e durante o exercício.<sup>(11)</sup> Foi observado que a atividade eletromiográfica dos músculos inspiratórios, dentre eles os escalenos, durante o exercício foi maior do que aquela em repouso, contribuindo para o aumento da sensação de dispneia. Tais autores, entretanto, não souberam explicar o motivo pelo qual houve um aumento da sensação de dispneia, sugerindo apenas que o uso da EPAP melhora a eficiência da ventilação durante o repouso, tornando a mecânica respiratória mais eficiente e com menor demanda ao esforço respiratório.<sup>(11)</sup>

Outro achado relevante em nosso estudo foi o aumento significativo do VC com a aplicação da EPAP no grupo controle, o que não ocorreu no grupo DPOC. Esse fato pode ser justificado, pois se sabe que a ventilação minuto depende da resistência das vias aéreas, da complacência pulmonar e da eficiência dos músculos respiratórios.<sup>(3)</sup> Assim, a destruição do tecido elástico, com a consequente perda da retração elástica do pulmão e da caixa torácica, o aumento da resistência das vias aéreas pelo acúmulo de secreção e a intensa desvantagem biomecânica respiratória causada pela hiperinsuflação pulmonar, presente no portador de DPOC, podem ter sido responsáveis pela incapacidade do sistema respiratório em responder com um aumento do VC frente à aplicação de EPAP no grupo DPOC.<sup>(1,2)</sup>

É importante mencionar algumas limitações deste estudo que requerem discussão. O número da amostra reduzido talvez tenha sido responsável por não se ter encontrado uma diferença significativa da força muscular respiratória entre os grupos controle e DPOC. Em nosso estudo, não avaliamos o comportamento do volume pulmonar expiratório final, pois se sabe que a aplicação de PEEP acima de 10 cmH<sub>2</sub>O provoca um aumento importante do volume pulmonar,<sup>(29)</sup> o que poderia resultar em hiperinsuflação pulmonar e interferir na atividade muscular respiratória. Além disso, um nível pressórico acima de 10 cmH<sub>2</sub>O pode causar um aumento das áreas enfisematosas em todo pulmão.<sup>(30)</sup> Entretanto, a aplicação de níveis pressóricos inferiores poderia ser suficiente para

reduzir a atividade eletromiográfica sem oferecer esses efeitos adversos.

Em conclusão, nosso estudo demonstrou que a aplicação de 15 cmH<sub>2</sub>O de EPAP por máscara facial promoveu, após sua retirada, uma redução da atividade eletromiográfica do ECM, tanto em indivíduos saudáveis, quanto em portadores de DPOC, o que não foi observado em relação ao músculo escaleno. Esse benefício deve ser considerado quando essa modalidade pressórica é indicada a pacientes com DPOC, pois nesses encontra-se normalmente um aumento da atividade da musculatura acessória da inspiração.

## Referências

- Georgiadou O, Vogiatzis I, Stratakos G, Koutsoukou A, Golemati S, Aliverti A, et al. Effects of rehabilitation on chest wall volume regulation during exercise in COPD patients. *Eur Respir J*. 2007;29(2):284-91.
- Hodge S, Hodge G, Ahern J, Jersmann H, Holmes M, Reynolds PN. Smoking alters alveolar macrophage recognition and phagocytic ability: implications in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Cell Mol Biol*. 2007;37(6):748-55.
- Jones AY, Dean E, Chow CC. Comparison of the oxygen cost of breathing exercises and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther*. 2003;83(5):424-31.
- Albuquerque AL, Nery LE, Villaça DS, Machado TY, Oliveira CC, Paes AT, et al. Inspiratory fraction and exercise impairment in COPD patients GOLD stages II-III. *Eur Respir J*. 2006;28(5):939-44.
- 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(3 Pt 1):807-13.
- Hudson AL, Gandevia SC, Butler JE. The effect of lung volume on the co-ordinated recruitment of scalene and sternomastoid muscles in humans. *J Physiol*. 2007;584(Pt 1):261-70.
- Campbell EJ. The role of the scalene and sternomastoid muscles in breathing in normal subjects; an electromyographic study. *J Anat*. 1955;89(3):378-86.
- Raper AJ, Thompson WT Jr, Shapiro W, Patterson JL Jr. Scalene and sternomastoid muscle function. *J Appl Physiol*. 1966;21(2):497-502.
- Yokoba M, Abe T, Katagiri M, Tomita T, Easton PA. Respiratory muscle electromyogram and mouth pressure during isometric contraction. *Respir Physiol Neurobiol*. 2003;137(1):51-60.
- Lien TC, Wang JH, Chang MT, Kuo CD. Comparison of BiPAP nasal ventilation and ventilation via iron lung in severe stable COPD. *Chest*. 1993;104(2):460-6.
- van der Schans CP, de Jong W, de Vries G, Kaan WA, Postma DS, Koëter GH, et al. Effects of positive expiratory pressure breathing during exercise in patients with COPD. *Chest*. 1994;105(3):782-9.
- Holland AE, Button BM. Is there a role for airway clearance techniques in chronic obstructive pulmonary disease? *Chron Respir Dis*. 2006;3(2):83-91.

13. Su CL, Chiang LL, Chiang TY, Yu CT, Kuo HP, Lin HC. Domiciliary positive expiratory pressure improves pulmonary function and exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Formos Med Assoc.* 2007;106(3):204-11.
14. McCool FD, Rosen MJ. Nonpharmacologic airway clearance therapies: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest.* 2006;129(1 Suppl):250S-259S.
15. Miro AM, Pinsky MR, Rogers PL. Effects of the components of positive airway pressure on work of breathing during bronchospasm. *Crit Care.* 2004;8(2):R72-81.
16. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989;59(4):310-9.
17. Chiti L, Biondi G, Morelot-Panzini C, Raux M, Similowski T, Hug F. Scalene muscle activity during progressive inspiratory loading under pressure support ventilation in normal humans. *Respir Physiol Neurobiol.* 2008;164(3):441-8.
18. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38.
19. Pereira CA, Barreto SP, Simões JG, Pereira FW, Gerstler JG, Nakatani J. Valores de referência para a espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J Pneumol.* 1992;18(1):10-22.
20. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(4):518-624.
21. 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;32(6):719-27.
22. Hug F, Raux M, Prella M, Morelot-Panzini C, Straus C, Similowski T. Optimized analysis of surface electromyograms of the scalenes during quiet breathing in humans. *Respir Physiol Neurobiol.* 2006;150(1):75-81.
23. De Luca CJ. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13(2):135-63.
24. Williams KR. Standardizing biomechanical testing in sport. *Res Quart Exercise Sport.* 1987;58:286-7.
25. Weiner P, Magadle R, Beckerman M, Weiner M, Berar-Yanay N. Comparison of specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in COPD. *Chest.* 2003;124(4):1357-64.
26. Luce JM, Culver BH. Respiratory muscle function in health and disease. *Chest.* 1982;81(1):82-90.
27. Legrand A, Schneider E, Gevenois PA, De Troyer A. Respiratory effects of the scalene and sternomastoid muscles in humans. *J Appl Physiol.* 2003;94(4):1467-72.
28. van der Schans CP, de Jong W, de Vries G, Postma DS, Koëter GH, van der Mark TW. Effect of positive expiratory pressure on breathing pattern in healthy subjects. *Eur Respir J.* 1993;6(1):60-6.
29. O'Donoghue FJ, Catcheside PG, Jordan AS, Bersten AD, McEvoy RD. Effect of CPAP on intrinsic PEEP, inspiratory effort, and lung volume in severe stable COPD. *Thorax.* 2002;57(6):533-9.
30. Holanda MA, Fortaleza SC, Alves-de-Almeida M, Winkeler GF, Reis RC, Felix JH, et al. Continuous positive airway pressure effects on regional lung aeration in patients with COPD: a high-resolution CT scan study. *Chest.* 2010;138(2):305-14.

## ***Sobre os autores***

---

### ***Dannuey Machado Cardoso***

Fisioterapeuta Pós-Graduando. Programa de Pós-Graduação em Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre (RS) Brasil.

### ***Dulciane Nunes Paiva***

Professora Adjunta. Faculdade de Fisioterapia, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul (RS) Brasil.

### ***Isabella Martins de Albuquerque***

Professora Assistente. Faculdade de Fisioterapia, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul (RS) Brasil.

### ***Renan Trevisan Jost***

Acadêmico de Fisioterapia. Faculdade de Fisioterapia, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul (RS) Brasil.

### ***Andréia Vanessa da Paixão***

Fisioterapeuta, Faculdade de Fisioterapia, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – Santa Cruz do Sul (RS) Brasil.