

## COMPORTAMENTO MUSCULAR INSPIRATÓRIO E EXPIRATÓRIO EM RESISTORES DE CARGA LINEAR EXPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

**Daiana Zambom de Oliveira\***

**Rafael César Menezes Queiroz \***

(\*) Bacharel em Fisioterapia pelo ISECENSA/RJ

**Felipe Sampaio-Jorge**

Mestre em Bioengenharia UNIVAP/SP

**Alexandre Pereira dos Santos**

Mestre em Fisioterapia UNITRI/MG

**alexpersantos@ig.com.br**

### Resumo

**INTRODUÇÃO:** A terapia de escolha para o tratamento de alvéolos colapsados está na utilização da pressão positiva expiratória final (PEEP), podendo ser realizada através dos resistores de carga linear expiratória. **OBJETIVOS:** Analisar o recrutamento muscular através da eletromiografia dos músculos escaleno, CCTI e reto-abdominal durante a aplicação de três resistores de carga linear, em indivíduos saudáveis. **METODOLOGIA:** Foi realizado um estudo observacional descritivo do tipo série de caso no laboratório de análise do movimento do ISECENSA com 6 indivíduos com idade entre 20 e 30 anos. O voluntário realizou através de um resistor acoplado a um sistema fechado três séries de 10 ciclos respiratórios. **ESTATÍSTICA:** A amostra foi submetida ao teste *t student* com índice de significância de 5%. **RESULTADOS:** Os voluntários possuíam idade média de  $21,7 \pm 0,82$  anos, altura média de  $176 \pm 8,77$  cm e massa corporal média de  $74,2 \pm 16,69$  kg. Foi observado diferença estatística ( $p < 0,05$ ) no recrutamento dos músculos escaleno e reto abdominal e que o CCTI foi o mesmo para os 3 dispositivos ( $p > 0,05$ ). **CONCLUSÃO:** Conclui-se através dos resultados que o sistema EPAP gerou menor recrutamento dos músculos escaleno e reto abdominal, quando comparado com os dispositivos Threshold PEP e EPAP em selo d'água.

**Palavras Chave:** Fisioterapia, PEEP, Resistores de carga linear, Eletromiografia.

### Abstract

**INTRODUCTION:** The choice therapy for the treatment of collapsed alveoli in utilization of pressure end expiratoria positive (PEEP), can be utility through expiratoria linear load resistors. **AIMS:** To analyze the muscle recruitment by electromyography of scalenus muscle, CCTI and rectus-abdominal during the application of three linear load resistors, in healthy subjects. **METHODOLOGY:** It was an randomized transversal analytical observational study, in the laboratory of human movement analysis of ISECENSA in 6 subjects aged between 20 and 30 years. The volunteer held through a resistor coupled to a closed system three series of 10 respiratory cycles. **STATISTICS:** The data statistical analysis was submitted to the test of normality Shapiro-Wilk and to have normal distribution was used *t student* test unpaired not paired with a significance level of 5%. **RESULTS:** The volunteers had an average age of  $21.7 \pm 0.82$  years, average height of  $176 \pm 8.77$  cm and body mass average of  $74.2 \pm 16.69$  kg. It was observed statistical difference ( $p < 0.05$ ) in the recruitment of rectus-abdominal and scalenus muscles, and that the CCTI was the same for the 3 devices ( $p > 0.05$ ). **CONCLUSION:** It is through results that the EPAP system has generated less recruitment of rectus-abdominal and scalenus muscle, when compared with devices Threshold PEP and EPAP in water seal.

**Keywords:** Physiotherapy, PEEP, linear load resistors, Electromyography

## Introdução

Atualmente a terapia de escolha para o tratamento de alvéolos colapsados está na utilização da pressão positiva expiratória final (PEEP). A aplicação de PEEP objetiva melhorar a oxigenação arterial em situações clínicas em que ocorra dificuldade nas trocas gasosas onde em resposta a terapia ocorre recrutamento alveolar e remoção de secreções pulmonares. Pode ser utilizada em pacientes em respiração espontânea e em ventilação mecânica (MACHADO, 2006).

A atelectasia é descrita como estado de determinada região do parênquima pulmonar colapsado e não airado, sendo mais freqüentemente devido a um tumor endobrônquico, uma inalação de corpo estranho ou rolha de muco, associado à perda dos volumes e capacidades pulmonares, sendo diagnosticada a partir de exames clínicos e complementares e correspondendo a até 80% das complicações pulmonares no pós-operatório das cirurgias cardiovasculares (ANDREJAITIENE, 2004; SCHINDLER, 2005; PRYOR, 2006).

A utilização da PEEP em ventilação espontânea pode ser realizada através de resistores de carga linear expiratória gerada por coluna de água através de um sistema gravitacional e uma resistência por uma válvula calibrada (spring loaded) não dependente da gravidade (MACHADO, 2006).

A realização desta terapêutica em ventilação espontânea exige recrutamento muscular além do repouso, e uma forma de avaliar a função muscular respiratória se dá através da eletromiografia de superfície (EMG) que, essencialmente, estuda a função muscular por meio da análise do sinal elétrico originado no músculo e com análises de tempo pode-se inferir o padrão de recrutamento muscular. É uma técnica que objetiva descrever os sinais mioelétricos e as manifestações elétricas do processo da excitação dado pelos potenciais de ação que se propagam ao longo da membrana da fibra muscular. O sinal do EMG é detectado através de eletrodos de superfície e amplificado, então filtrado e transmitido em uma tela para possibilitar a análise.

Assim sendo, o objetivo do presente estudo foi analisar o recrutamento muscular através da eletromiografia dos músculos escaleno, comportamento da caixa torácica inferior (diafragma) e reto-abdominal durante a aplicação de três tipos de resistores de carga linear, em indivíduos saudáveis.

## Metodologia

Foi realizado um estudo observacional analítico transversal randomizado, onde a randomização foi realizada para definir a ordem do método a ser aplicado. A pesquisa foi realizada no laboratório de análise do movimento humano dos Institutos Superiores de Ensino do Censa em Campos dos Goytacazes/ RJ num período de abril a maio de 2008. A população alvo do estudo foi formada por indivíduos do gênero masculino do ensino superior, matriculados no Instituto Superior de Ensino do Censa (ISECENSA), que foram convidados a participar do estudo perfazendo uma amostra aleatória simples de 6 voluntários. Os voluntários que consentiram participar do estudo e que possuíam idade compreendida entre 20 e 30 anos foram submetidos a uma avaliação físico-funcional, constituída de anamnese e exame físico, que possibilitou identificar quadros restritivos e obstrutivos do parênquima pulmonar, doença neuromuscular e tabagismo. Aqueles que não apresentaram estas características foram incluídos no estudo e assinaram um termo de consentimento informado concordando em participar. Os que apresentaram estas características foram excluídos estudo.

Para a calibração dos dispositivos e execução das técnicas foi utilizado um manovacuômetro da marca COMERCIAL MÉDICA, um sistema EPAP (composto por uma válvula unidirecional, mecanismo de resistência expiratória), um Threshold<sup>®</sup> PEP (importado) um sistema EPAP em selo d'água (composto por uma coluna de água, cilindro, cânula, válvula unidirecional), todos portando um bucal e clipe nasal. Como mostra respectivamente as figuras abaixo:



**Figuras 1, 2 e 3: (1) Sistema EPAP (a esquerda); (2) Threshold<sup>®</sup> PEP (no centro); (3) EPAP em selo d'água (a direita).**

Inicialmente o ambiente foi climatizado a uma temperatura de 20°C. Em seguida os resistores de carga linear foram ajustados para promover uma PEEP de 10cmH<sub>2</sub>O através de um manovacuômetro. Em seguida foi realizada explicação aos voluntários sobre os objetivos do trabalho, procedimentos e aplicação de uma anamnese e exame físico para atender aos critérios de inclusão/ exclusão. O voluntário foi posicionado em uma maca em decúbito dorsal com tronco apoiado em um triângulo formando um ângulo de 30°. Os membros superiores estavam relaxados e apoiados sobre a maca com joelhos e quadril fletidos e apoiados sobre a mesma. Em seguida foi definido o dimídio esquerdo do voluntário para a fixação dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico. A seleção do dimídio esquerdo para análise foi feita devido a um prévio estudo piloto que demonstrou que nesse lado consegue-se maior sinal eletromiográfico. Durante a execução da técnica, o voluntário realizou através de um resistor acoplado a um sistema fechado 10 ciclos respiratórios. As fases inspiratórias e expiratórias foram controladas por meio de um comando visual dado pelo pesquisador, sendo este o mesmo para a realização das técnicas de todos os voluntários. A cada estágio de terapia expansiva, a coleta era obtida durante aproximadamente 45 segundos. Para que ocorresse adaptação do sistema respiratório a coleta do sinal EMG foi iniciada a partir da terceira incursão respiratória, inspirando um volume maior que o volume corrente (VC) e inferior à capacidade pulmonar total (CPT). A fase expiratória foi realizada até o volume residual (VR) para que ocorresse recrutamento do reto abdominal. O voluntário realizou três sessões em dias alternados no período de uma semana, onde a cada sessão um resistor era aplicado de forma randômica. Foram realizadas três séries de dez incursões respiratorias com um tempo de repouso de 30 segundos entre uma série e outra.

Durante a captação do sinal mioelétrico foi utilizado um eletromiógrafo (Miotec – Miotool 200/400) com aquisição de 4 canais, sendo a filtragem feita com filtro passa banda de 20-500Hz, amplificado em 1000 vezes e convertido por placas A/D com frequência de amostragem de 2KHz para cada canal e com a variação de entrada de 5mV. A partir de então foram extraídas valores médios da Root Mean Square (RMS). Foram utilizados 6 eletrodos bipolares e 1 monopolar da marca (Micro Medi Trace,100, Kendall – LTP/Tyco - Canadá ), um par para cada canal. Materialmente os eletrodos eram constituídos de cloreto de prata (AgCl) e ao serem fixados a pele ficaram a uma distância de 2cm. O eletrodo de referência foi formado por uma placa metálica circular de 3cm comum a todos os canais, fixado sobre o epicôndilo lateral do úmero esquerdo.

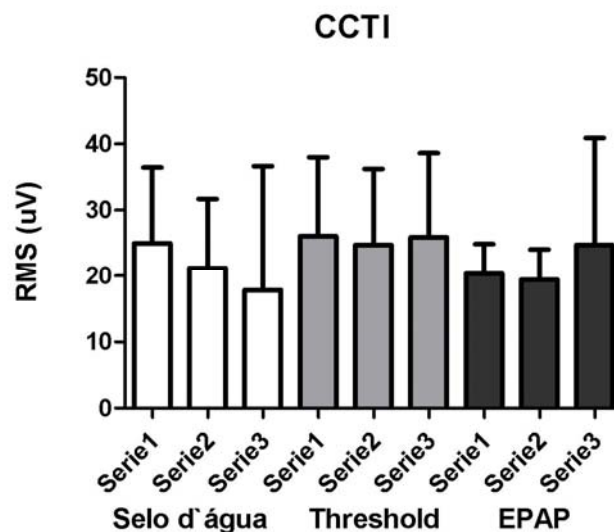
Os voluntários foram submetidos à assepsia com álcool 70%, tricotomia e uma remoção de células mortas da pele com uma lixa d'água, para colocação de dois eletrodos sobre os seguintes músculos: escaleno anterior, diafragma e reto abdominal inferior. Os critérios de colocação dos eletrodos seguiram o protocolo SENIAM (União Européia de Eletromiografia), partindo-se de referências anatômicas com a mesma medida para cada voluntário e posicionando os eletrodos paralelos às fibras musculares. Para o músculo escaleno anterior o eletrodo foi acoplado no 1/3 proximal da clavícula e 3 cm acima. No reto abdominal o eletrodo foi posicionado no ventre muscular há aproximadamente 3 cm ao lado da cicatriz umbilical e o comportamento da

caixa torácica inferior no espaços intercostais entre a sétima e oitava costela na direção de um eixo imaginário vertical partindo do mamilo. O eletrodo de referência foi colocado sobre o epicôndilo lateral do úmero do mesmo lado da análise.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e por apresentarem distribuição normal foi utilizado o teste *t student* não pareado unicaldal com índice de significância de 5%.

## Resultados

A amostra apresentou 6 voluntários do gênero masculino com idade média de  $22 \pm 2,6$  anos, altura média de  $176 \pm 5,27$  cm e massa corporal média de  $74,2 \pm 4,7$  kg. Após a coleta de dados, realizada no período de abril a maio de 2008, observou-se através dos resultados que o comportamento da caixa torácica inferior (CCTI) foi o mesmo para os três dispositivos de carga linear ( $p > 0,05$ ) como demonstrado nas figuras 4 abaixo.



**Figura 4: Valores médios de RMS  $\pm$  DP para o CCTI ( $p > 0,05$ ).**

Para o músculo reto abdominal houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) no recrutamento muscular nas séries 1 e 2 do dispositivo EPAP quando comparado com as 3 séries do dispositivo threshold PEP e a série 1 do EPAP em selo d'água conforme demonstrado na figura 5.

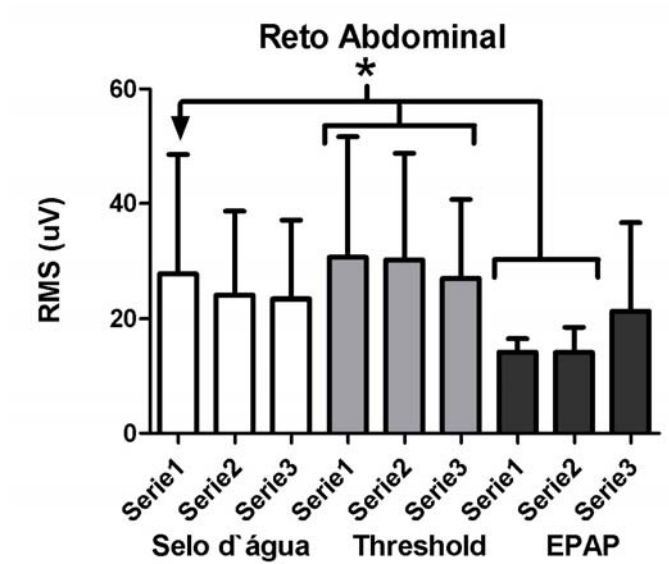


Figura 5: Valores médios de RMS  $\pm$  DP para o músculo Reto Abdominal ( $p < 0,05$ ).

Para o músculo escaleno houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) no recrutamento muscular das series 1 e 2 do dispositivo EPAP quando comparados com as series 1,2 e 3 do Threshold PEP e EPAP em selo d'água.

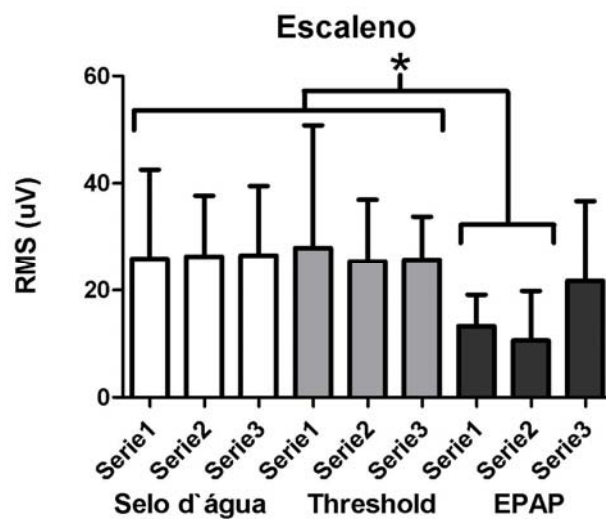


Figura 6: Valores médios de RMS  $\pm$  DP para o músculo Escaleno ( $p < 0,05$ ).

## Discussão

A utilização da pressão positiva expiratória é hoje uma alternativa terapêutica freqüentemente utilizada por fisioterapeutas. A variação pressórica causada por esta técnica pode gerar aumento do esforço respiratório em função do nível da resistência expiratória titulada, o tipo de resistor expiratório escolhido e a sensibilidade da válvula unidirecional inspiratória. Sendo assim a escolha adequada do sistema de aplicação da pressão positiva expiratória é de fundamental importância para minimizar o esforço do paciente durante a execução da técnica (AZEREDO, 1996).

A titulação da resistência expiratória utilizada em nossa pesquisa foi de 10 cmH<sub>2</sub>O, valor comumente utilizado na prática clínica para promover recrutamento alveolar. Em 1982, Kacmarek e colaboradores, comprovaram que níveis de PEEP abaixo de 10 cmH<sub>2</sub>O, não promoviam recrutamento alveolar. Sendo assim Egan (2005), cita que durante a aplicação clínica de PEEP, devemos expirar ativamente, mas não forçadamente, criando uma pressão positiva das vias aéreas de 10 a 20 cmH<sub>2</sub>O durante a expiração (determinada por um manômetro durante as sessões iniciais de terapia). A extensão da inspiração deve ser aproximadamente um terço do ciclo respiratório total (relação I: E de 1:3 a 1:4), onde 10 a 20 inspirações serão executadas de quatro a oito vezes, não ultrapassando 20 minutos.

A partir dos resultados obtidos pode-se observar que o CCTI apresentou o mesmo recrutamento muscular para os dispositivos EPAP em selo d'água, Threshold PEP e o sistema EPAP. Azeredo (2002) diz que a terapia com esse dispositivos trata-se de um sistema de demanda, no qual a fase inspiratória é realizada sem nenhuma ajuda externa ou fluxo adicional. Este comportamento sugere que carga de abertura inspiratória dos dispositivos não variou o trabalho muscular inspiratório.

Analisando o sinal eletromiográfico dos voluntários, verificou-se que para o músculo escaleno houve um menor recrutamento muscular quando submetidos à terapia com o Threshold PEP e EPAP em selo d'água. Costa (2004) relata que o escaleno, por ser uma musculatura acessória da respiração aumenta sua atividade para suprir a demanda de oxigênio para os pulmões. Azeredo (2002), afirma que o escaleno aumenta sua atividade quando existe uma demanda ventilatória aumentada, como acontece durante o exercício ou em casos de patologias como a DPOC. Porém o músculo escaleno obteve menor variação da atividade elétrica durante a terapia com o EPAP sugerindo, assim, que esse dispositivo é mais indicado na prática clínica.

Segundo Egan (2005), o reto abdominal é um músculo que atua diretamente na expiração forçada e os resultados obtidos neste estudo demonstraram que o recrutamento muscular captado através da EMG durante a aplicação do EPAP foi menor quando comparado com o Threshold PEP e EPAP em selo d'água. Ratnovsky *et al*, em 2003, estudaram quatro músculos respiratórios (ECOM, 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 esta pesquisa 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 e velocidade de contração) e não apenas da ativação eletromiográfica; (4) o padrão da curva de força varia entre os indivíduos, mas geralmente obedecem ao aumento do esforço respiratório.

Em 2004, Duiverman *et al* 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 expiração com diferentes cargas respiratórias: 7, 14 e 21 cmH<sub>2</sub>O. Observaram que a atividade muscular respiratória 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 reto abdominal 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.

No presente estudo analisamos o recrutamento dos músculos escaleno, reto abdominal e o comportamento da caixa torácica inferior em diferentes dispositivos utilizados na prática clínica com a finalidade de sugerir uma aplicação clínica mais segura ao paciente. Sendo assim procuramos utilizar um protocolo para o experimento, baseado na aplicação clínica dos dispositivos. Desta forma, durante a execução da técnica o voluntário foi instruído a realizar o controle da respiração diafragmática. Azeredo (2002) preconiza que para reverter processos atelectásicos o paciente tem que ser instruído a relaxar e realizar o padrão respiratório diafragmático, inspirando em volumes acima do VC sem chegar a CPT e expirar de forma ativa, porém não forçada, em três séries de 10 repetições (MACHADO, 2006).

Essa pesquisa se propôs a verificar o trabalho respiratório de três diferentes tipos de resistores de carga linear (EPAP, EPAP em selo d'água, Threshold PEP), através da atividade eletromiográfica expiratória em indivíduos saudáveis durante a aplicação da pressão positiva em vias aéreas. A pressão positiva expiratória final nas vias aéreas (EPAP) é uma técnica terapêutica desenvolvida na Dinamarca, na década de 70, que utiliza a PEEP em respiração espontânea. Essa pressão aumentada mantém a via aérea aberta durante a expiração, reduzindo o aprisionamento aéreo e melhorando o fluxo expiratório (MACHADO, 2006).

Essa técnica é considerada, segundo Machado (2006), uma alternativa efetiva de higiene brônquica, quando comparada com a fisioterapia torácica convencional (postura de drenagem, percussão, expiração forçada e exercícios respiratórios). Atualmente é considerada de fundamental importância não só para higiene brônquica, como também para a redução de aprisionamento aéreo, prevenção e resolução de processos atelectásicos, em virtude da prevenção do colapso precoce das vias aéreas e incremento da ventilação colateral.

No planejamento do trabalho foi selecionado como componente do sistema EPAP uma peça bucal e clipe nasal. Machado (2006) diz que a escolha da máscara facial ou da peça bucal depende da adaptação do paciente. A ansiedade ou claustrofobia durante a utilização da máscara facial pode ser responsável pelo aumento do trabalho respiratório e em virtude do pânico do paciente em relação à máscara facial, também pode ocorrer aumento da ventilação, hipercapnia, presença de auto-PEEP, respiração paradoxal e comprometimento hemodinâmico, inviabilizando a terapia. Nesse caso a peça bucal foi a melhor opção.

## Conclusão

Portanto pode-se concluir que os resultados sugerem que o sistema EPAP gerou menor recrutamento dos músculos escaleno e reto abdominal, quando comparado com os dispositivos Threshold PEP e EPAP em selo d'água. Diante dos resultados obtidos, sugere-se que novos trabalhos sejam realizados, visto que existem poucas pesquisas elucidadas sobre a análise eletromiográfica da musculatura respiratória durante a aplicação clínica dos resistores de carga linear.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ADERICH, T. K.; SINDERBY, C.; MCKENZIE, D. K. **Electrophysiologic Techniques for the Assessment of Respiratory Muscle Function**. American Thoracic Society (Ats), and The European Respiratory Society (Ers), JUNHO 2001.
2. AIRES, M. M.; **Fisiologia**. 2º edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
3. ANDREJAITIENE J, SIRVINSKAS E, BOLYS R. **The influence of cardiopulmonary bypass on respiratory dysfunction in early postoperative period**. Medicina (Kaunas). 2004;40(Suppl1):7-12.
4. ANDRADE, A. D.; Silva, TNS. **Inspiratoy Muscular Activation**, 2005.
5. ATS/ERSStatment on Respiratory Muscle Testing. **Am J Respir Crit Care Med**,v. 166, p. 518-624, 2002.
6. AZEREDO, C.A.C . **Fisioterapia Respiratória Moderna**. Segunda edição . São Paulo, 1996.
7. AZEREDO, C. A. C. **Fisiologia Respiratória Moderna**. São Paulo: Manole, 2002.
8. CRAM,J.R.; KASMAN, G. S.; HOLTZ, J. **Introduction to surface electromyography**. ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998.
9. COSTA, D. **Fisiologia Respiratória Básica** . São Paulo: Atheneu, 2006.
10. CRAM,J.R.; KASMAN, G. S.; HOLTZ, J. **Introduction to surface electromyography**. ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998.
11. 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.
12. 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.
13. ELIAS,DANIELA GIACOMELLI; COSTA, DIRCEU. **Efeitos do treinamento muscular respiratório no pré e pós-operatório de cirurgia cardíaca**. Revista Brasileira de Terapia Intensiva , jan.-mar.2002.



14. LUO,Y.M. et al. **Diaphragm electromyogram measured with unilateral magnetic stimulation**. Eur Respir J, v. 13, n.2, p. 385-390, Feb. 1999.
15. MACHADO, R.G.M; **Bases da Fisioterapia Respiratória: Terapia Intensiva e Reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
16. WEST, J.B. **Fisiologia Respiratória**. São Paulo: Manole, 2002.
17. KACMARECK,RM,DIMAS,S,MACK,CW. **The Essentials of Respiratory Terapy**. Year Book Medical Publishers Inc., 1982
18. O´SULLIVAN, S.; SCHMITZ, S. B. **Fisioterapia**. Avaliação e Treinamento. 2º Edição. São Paulo: Editora Manole, 1993.
19. PRYOR, J.A. **Fisioterapia para Problemas Respiratórios e Cardíacos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
20. STARKEY, C. **Recursos Terapêuticos em Fisioterapia**. São Paulo: Manole, 2001.
21. 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.
22. SCHINDLER MB. **Treatment of atelectasis: where is the evidence? Crit Care**. 2005;9(4):341-2.