

---

## ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES RESISTORES DE CARGA LINEAR EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

***Daiana Zambom de Oliveira***

Graduanda em Fisioterapia/ISECENSA  
daizambom@yahoo.com.br

***Rafael César Menezes Queiroz***

Graduando em Fisioterapia/ISECENSA  
rcmqueiroz@yahoo.com.br

***Felipe Sampaio-Jorge***

Mestre em Bioengenharia/UNIVAP-SP

***Alexandre Pereira***

Mestre em Fisioterapia/UNITRI-MG

### RESUMO

A atelectasia é descrita como colapso pulmonar associado à perda dos volumes e capacidades pulmonares, onde a PEEP é a terapia de escolha para o tratamento de alvéolos colapsados. 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. Foi realizado um estudo observacional analítico transversal randomizado, no laboratório de análise do movimento humano do ISECENSA com 6 indivíduos portando idade entre 20 e 30 anos. O voluntário realizou através de um resistor acoplado a um sistema fechado três séries de 10 ciclos respiratórios. A análise estatística dos dados foi submetida 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%. 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 ( $p > 0,05$ ). 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

The atelectasis is described as a lung collapse associated with loss of lung capacity and volumes, where the PEEP is the choice of therapy for the treatment of collapsed alveoli. 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. 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. The data statistical analysis was submitted to the test of normality Shapiro-Wilk and to have normal distribution was used *t student* test unicaldal not paired with a significance level of 5%. 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 ( $p > 0.05$ ). It is through results that the EPAP system has generated less recruitment of retus-abdominal and scalenus muscle, when compared with devices Threshold PEP and EPAP in water seal.

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

## 1- INTRODUÇÃO

A atelectasia é descrita como estado de determinada região do parênquima pulmonar colapsado e não airado, sendo mais frequentemente 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).

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 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.

## 2- PACIENTES E MÉTODOS

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.

### Instrumentação

Para esta pesquisa, foram utilizados esparadrapo impermeável (marca 3M), barbeador descartável (BIC), Álcool 70%, algodão, triângulo acolchoado e uma maca 140x38 cm. Para a calibração dos dispositivos e execução das técnicas foi utilizado um manuvacuômetro 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:** à esquerda sistema EPAP , no centro Threshold® PEP, à direita EPAP em selo d'água.

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.

### Procedimento Experimental

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 voluntario foi posicionado em uma maca em decúbito dorsal com tronco apoiado em um triangulo 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.

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.

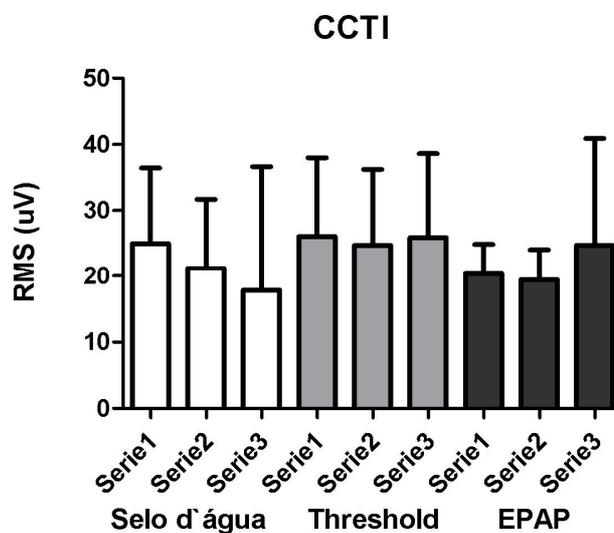
Durante a execução da técnica, o voluntário realizou através de um resistor acoplado a um sistema fechado 10 ciclos respiratórios. As fases inspiratórias e expiratórias foram controladas por meio de um comando visual dado pelo pesquisador, sendo este o mesmo para a realização das técnicas de todos os 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.

## Métodos Estatísticos

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%.

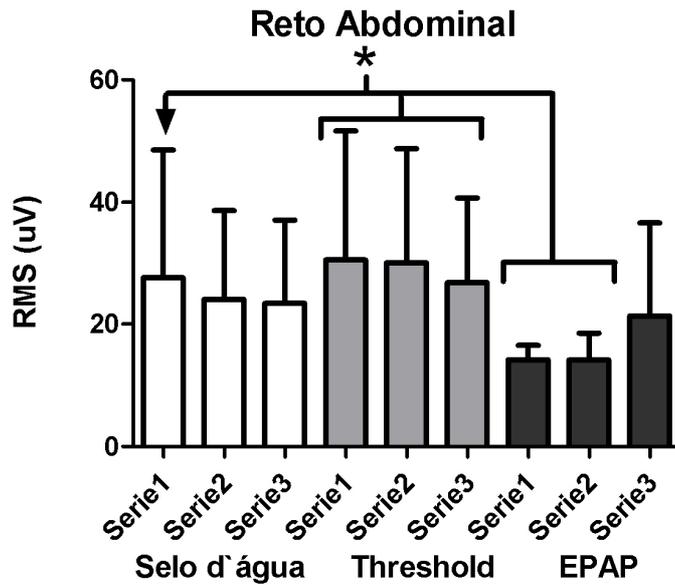
### 3- RESULTADOS

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.



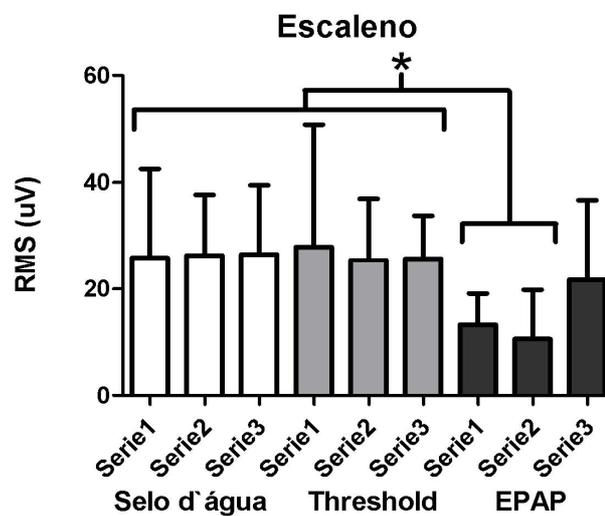
**Figura 4:** Valores médios de RMS  $\pm$  DP para o CCTI ( $p > 0,05$ ).

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

#### 4- DISCUSSÃO

A utilização da pressão positiva expiratória é hoje uma alternativa terapêutica frequentemente 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).

Em nosso 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). Posteriormente sua utilização se estendeu para a Europa e o Canadá. 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.

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 maior 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.

## 5- 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.

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AIRES, M. M.; **Fisiologia**. 2º edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

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.

ANDRADE, A. D.; Silva, TNS. **Inspiratoy Muscular Activation**, 2005.

ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. **Am J Respir Crit Care Med**, v. 166, p. 518-624, 2002.

AZEREDO, C.A.C. **Fisioterapia Respiratória Moderna**. Segunda edição. São Paulo, 1996.

AZEREDO, C. A. C. **Fisiologia Respiratória Moderna**. São Paulo: Manole, 2002.

CRAM, J.R.; KASMAN, G. S.; HOLTZ, J. **Introduction to surface electromyography**. ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998.

COSTA, D. **Fisiologia Respiratória Básica**. São Paulo: Atheneu, 2006.

CRAM, J.R.; KASMAN, G. S.; HOLTZ, J. **Introduction to surface electromyography**. ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, Inc., 1998.

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.

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.

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.

LUO, Y.M. et al. **Diaphragm electromyogram measured with unilateral magnetic stimulation**. Eur Respir J, v. 13, n.2, p. 385-390, Feb. 1999.

MACHADO, R.G.M; **Bases da Fisioterapia Respiratória: Terapia Intensiva e Reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

WEST, J.B. **Fisiologia Respiratória**. São Paulo: Manole, 2002.

KACMARECK, R.M, DIMAS, S, MACK, C.W. **The Essentials of Respiratory Therapy**. Year Book Medical Publishers Inc., 1982

O'SULLIVAN, S.; SCHMITZ, S. B. **Fisioterapia**. Avaliação e Treinamento. 2ª Edição. São Paulo: Editora Manole, 1993.

PRYOR, J.A. **Fisioterapia para Problemas Respiratórios e Cardíacos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

STARKEY, C. **Recursos Terapêuticos em Fisioterapia**. São Paulo: Manole, 2001.

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.

SCHINDLER MB. **Treatment of atelectasis: where is the evidence?** Crit Care. 2005;9(4):341-2.