

Análise da frequência e amplitude respiratória de ratos submetidos à eletroestimulação diafragmática transcutânea de média frequência

BADA, PRISCILA, M¹; NOGUEIRA, BRENO, V²; PENHA, MANOEL, R³; ROCHA, WANIZE, A^{2,4}

RESUMO

Introdução: A eletroestimulação diafragmática transcutânea (EEDT) pode ser empregada no tratamento da fraqueza do músculo diafragma, pois melhora sua condição metabólica, morfológica e o desempenho diafragmático, refletindo-se nos volumes e capacidades pulmonares. Estudos sobre a influência da EEDT sobre os parâmetros respiratórios ainda são controversos. **Objetivo:** Analisar o comportamento da frequência e amplitude respiratória de ratos submetidos à EEDT de média frequência. **Método:** Foram analisados 12 ratos machos Wistar, divididos em grupo controle (GC) que não recebeu intervenção e grupo tratado com EEDT (GT) em média frequência (2500 Hz) modulada em baixa frequência (50 Hz) e ciclo ativo em 50%. Utilizou-se amplitude de corrente elétrica em 15 mA, aumentada a cada 5 minutos. A intervenção foi realizada 3 vezes por semana, num total de 15 sessões com duração de 15 minutos cada. As variáveis foram registradas através de um sistema de aquisição de dados nos períodos antes da EEDT, durante (imediatamente e 3 minutos após o aumento da amplitude da corrente) e após à EEDT. Na análise estatística utilizou-se o teste *t-Student* e ANOVA de 1 via, com pós-teste de Tuckey ($p < 0,05$). **Resultado:** Houve tendência ao aumento da frequência respiratória (FR) no GT imediatamente após cada aumento da intensidade da corrente. Contudo, três minutos após, ocorreu aumento significativo da FR na 10ª sessão (3º vs 8º minuto, $p < 0,05$; e 3º vs 13º minuto $p < 0,01$) e 15ª sessão (3º vs 8º minuto, $p < 0,05$). A FR do GT após as 15 sessões foi significativamente maior, quando comparado ao GC (110,80irmp \pm 9,3 vs 71,08irmp \pm 10,9, $p < 0,05$). Imediatamente após o incremento do estímulo elétrico, houve uma tendência ao aumento da amplitude respiratória. No período tardio da 5ª sessão verificou-se aumento significativo da amplitude respiratória (3º vs 13º minuto, $p < 0,05$), sem diferenças significativas dos demais intervalos. Apesar da tendência ao aumento da amplitude respiratória, não houve significância quando comparada ao GC. **Conclusão:** A EEDT aumenta a FR e não interfere na amplitude respiratória de ratos. O aumento da intensidade da corrente não interfere imediatamente na FR, porém aumentos dessa variável são observados após 3 minutos, sem alterar valores de amplitude respiratória. **Palavras-chave:** eletroestimulação diafragmática, frequência respiratória, expansibilidade torácica

INTRODUÇÃO

O diafragma é o principal músculo inspiratório em indivíduos normais é responsável por cerca de 60 a 70% dos volumes pulmonares.^[1] As doenças pulmonares e as situações como o uso de bloqueadores neuromusculares e corticosteróides, má nutrição, imobilismo, uso de ventilação mecânica e iatrôgenia, podem ocasionar alterações na dinâmica e na atividade do diafragma, favorecendo o desenvolvimento da fraqueza e atrofia dessa musculatura.^[2,3,4,5]

Diversos recursos são empregados com o objetivo de prevenir e minimizar a fraqueza e atrofia da musculatura respiratória.^[6,7,8,9,10,11] A estimulação elétrica diafragmática transcutânea (EEDT) destaca-se como um recurso importante para promover fortalecimento,^[12,13,14] melhora das condições quimio-metabólicas^[15,16,17,18] e morfológicas^[19] da musculatura acometida.

O primeiro relato da aplicação de estímulos elétricos para promover contração muscular do diafragma ocorreu em 1857 pelo pesquisador alemão Ziemssen na ressuscitação de uma vítima de asfixia tóxica.^[20] Numa época que surgiam os primeiros ventiladores mecânicos e os casos de asfixia tóxica pelo uso de gases como anestésico eram comuns, a descoberta da técnica tornou-se importante para a ressuscitação e sobrevivência desses pacientes.^[21] O aprimoramento dos ventiladores mecânicos e dos métodos anestésicos contribuíram para o abandono desse recurso terapêutico.^[22]

O interesse sobre a estimulação elétrica do diafragma ressurgiu na década de 50, com os resultados

do estudo de Knott^[23] sobre o estimulador elétrico de dois canais chamado de “pulmão elétrico”. Os estudos seguintes descreveram novas formas de aplicação e determinaram pontos motores e parâmetros de configuração mais efetivos.^[24,25,26] Desde os primeiros relatos existe a preocupação em determinar parâmetros seguros para a aplicação da técnica.

Rischilli et al,^[22] realizaram estudo em cães e sugeriram que a largura de pulso mais segura para a realização da EEDT situa-se entre 0,1ms e 10ms. Entretanto, a falta de pesquisas que esclareçam os efeitos da corrente elétrica sobre as variáveis cardiopulmonares, contribui para pouca utilização da técnica como recurso fisioterapêutico. Nenhum artigo que relatasse a influência da EEDT sobre a frequência respiratória foi encontrado durante a revisão de literatura.

Esse estudo teve por objetivo analisar a frequência e a amplitude respiratória de ratos submetidos à realização da EEDT de média frequência.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo realizado no laboratório de Farmacologia da Faculdade Novo Milênio, Vila Velha – ES, no período de fevereiro a maio de 2008, onde foram utilizados 12 ratos machos Wistar, sadios, com idade entre 20 e 24 semanas e peso variando de 300g a 400g.

Durante todo o protocolo todos os animais foram acondicionados em gaiolas de plástico individuais, mantidos em ambiente climatizado com temperatura variando entre 20 e 25°C e alimentados com ração e água sem restrição. O experimento foi realizado conforme as Normas Internacionais de Ética e Experimentação Animal (Guide for Care Use of Laboratory Animals).

Os animais foram anestesiados com 100mg/Kg de hidrato de cloral (VETEC Química Fina LTDA, lote 022020) e pesados na primeira e última sessão (balança BEL MARK 500). Em seguida foram divididos em grupo tratado (GT, n=8) e grupo controle (GC, n=4). Dois

¹Aluna do 10º período do Curso de Graduação em Fisioterapia da Faculdade Novo Milênio, Vila Velha-ES.

²Fisioterapeuta. Mestre em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória-ES.

³Engenheiro eletricista, responsável pelo Laboratório de Bioengenharia da Faculdade Novo Milênio.

⁴Professora da disciplina de Recursos Terapêuticos, Osteomioarticular I e II e supervisora do estágio Saúde do Adulto do Curso de Graduação em Fisioterapia da Faculdade Novo Milênio, Vila Velha-ES.

E-mail para contato: nize.al@terra.com.br

Trabalho de conclusão do curso de Fisioterapia.

animais do GT foram a óbito na 8ª e 10ª sessão, respectivamente, durante o processo de anestesia.

O GT realizou 15 minutos de EEDT (ENDOPHASYR- R- KLD - NMS 0501) por 15 sessões, em dias úteis alternados, perfazendo 3 sessões de EEDT por semana. A EEDT foi configurada em 2500 Hz modulados em 50 Hz, duração da fase de frequência em 50%, tempo de subida e de descida fixos em 3 segundos, tempo de sustentação da contração e de repouso em 2 segundos cada. Essa configuração permitiu um total de 90 contrações por sessão. A intensidade de corrente ofertada iniciou-se em 15 mA, sendo acrescida de 5 mA a cada 5 minutos. A cada 3 sessões a intensidade também foi aumentada de 3mA. O GC foi submetido ao mesmo posicionamento e protocolo de anestesia para a coleta de dados, porém não recebeu EEDT.

Após tricotomia da região tóraco-abdominal, dois eletrodos silicone-carbono (1cm²) recobertos com gel eletrocondutor, foram fixados bilateralmente na região lateral do gradil costal entre a 4ª e a 6ª costelas com fita adesiva (figura 1), conforme protocolo de Cancelliero et al.^[15]

Aplicação da EEDT

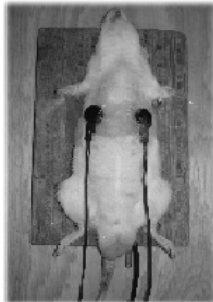


Figura 1: Estimulação elétrica bilateral na região do gradil costal entre a 4ª e 6ª costelas, através de eletrodos percutâneos de silicone-carbono.

A frequência (FR) e a amplitude respiratória foram registradas no sistema de aquisição desenvolvido pelo Laboratório de Bioengenharia da Faculdade Novo Milênio (PRÓ-BIO). Esse sistema é composto de um computador, um conversor analógico-digital de 12 bits, programa de aquisição de dados WinDataQ, frequência de amostragem de 1kHz e um sensor piezoelétrico.

O sensor piezoelétrico foi posicionado na região posterior do tórax. A compressão do sensor durante a inspiração do animal gera um sinal que é captado e convertido em forma de onda pelo sistema de aquisição (figura 2).

Representação gráfica da amplitude respiratória de um rato Wistar submetido à eletroestimulação diafragmática transcutânea

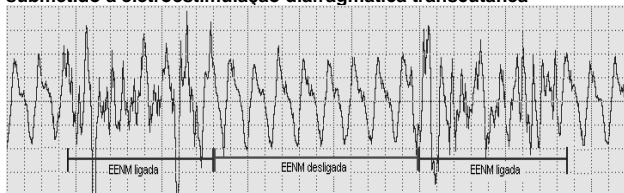


Figura 2: Registro da frequência e amplitude respiratória durante a estimulação elétrica e o período de repouso, demonstrada em forma de onda pelo sistema de aquisição de dados.

As ondas de FR e a amplitude respiratória foram registradas antes e após a EEDT, durante 3 minutos e consideradas para análise a média dos registros.

Também foram considerados para análise o 1º, o 3º, o 5º, o 8º, o 10º e o 13º minuto durante a EEDT. O 1º, o 5º e o 10º minuto representam os registros das ondas de FR e amplitude respiratória imediatamente após o aumento da intensidade do estímulo elétrico e são descritos como “período imediato”. O 3º, o 8º e o 13º minuto representam os registros das ondas 3 minutos após o aumento da intensidade do estímulo elétrico. Esses registros são descritos no estudo como “período tardio”.

A amplitude respiratória foi determinada pela média dos 6 maiores picos de ondas registrados nos 3 minutos antes e após a EEDT. Durante a aplicação da EEDT, os valores da amplitude respiratória foram determinados pela média dos 4 maiores picos de ondas no 1º, 3º, 5º, 8º, 10º e 13º minuto. As análises da amplitude respiratória só ocorreram no período de repouso entre um estímulo e outro da EEDT (tempo off), devido a interferência da corrente elétrica sobre a onda respiratória.

Os valores foram expressos como média \pm erro padrão da média (EPM). Para facilitar a compreensão dos resultados, os valores da amplitude respiratória foram multiplicados por 1000 em todas as análises, pois a unidade de medida em volts (v) expressou valores baixos e com muitas casas decimais. Diferenças entre duas médias foram analisadas pelo teste *t-Student* para amostras pareadas e não pareadas. Para diferenças entre mais de 2 médias, utilizou-se análise de variância de uma via, com pós-teste de Tuckey. Significância estatística foi considerada em $p < 0,05$.

RESULTADOS

Não houve diferença significativa no peso dos animais entre os grupos antes e após o protocolo, apesar do aumento do peso corporal em ambos os grupos após as 15 sessões (349,3g \pm 12,9 vs 382,5g \pm 14,8 para o GC, $p < 0,05$; e 347,4g \pm 11,4 vs 364,3g \pm 16,4 para o GT, $p < 0,05$) quando comparado ao início do protocolo.

A tabela 1 mostra que antes do início da intervenção a FR entre os grupos eram semelhantes, porém após as 15 sessões a FR do GT foi significativamente maior que o GC. Nas comparações entre os grupos observou que o GC apresentou redução significativa da FR no período antes e após a intervenção ($p < 0,01$), enquanto que o GT apresentou aumento significativo da FR no mesmo período ($p < 0,05$).

Frequência respiratória de ratos Wistar antes e após 15 sessões de estimulação elétrica diafragmática transcutânea

	GC	GT
Antes	94 \pm 10	84 \pm 5
Após	71 \pm 11**	111 \pm 9*#

Tabela 1: GC indica grupo controle e GT indica grupo tratado com eletroestimulação diafragmática transcutânea. Valores expressos em incursões respiratórias por minuto e como média \pm erro padrão da média. * $p < 0,05$ vs GC após, ** $p < 0,01$ vs GC antes e # $p < 0,05$ vs GT antes.

A FR no período imediato ao incremento da intensidade da corrente na 1ª, 5ª, 10ª e 15ª sessão não

apresentou diferença significativa, apesar da tendência ao aumento. Entretanto, no período tardio ocorreu aumento na 10ª (3º vs 8º minuto $p<0,05$ e 3º vs 13º minuto $p<0,01$) e 15ª sessão (3º vs 8º minuto $p<0,05$) e tendência ao aumento na 1ª e 5ª sessão (figura 3).

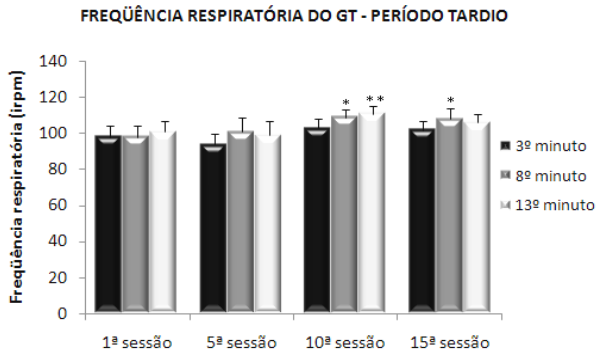


Figura 3: GT indica grupo tratado com eletroestimulação diafragmática transcutânea. Período tardio compreende os registros 3 minutos após o aumento da intensidade do estímulo elétrico. Valores expressos em incursões respiratórias por minuto (irpm) e como média \pm erro padrão da média. * $p<0,05$ e ** $p<0,01$ vs 3º minuto.

Os valores da FR comparados no período imediato e tardio aumentaram significativamente na 5ª (8º vs 1º minuto, $p<0,05$), 10ª (13º vs 3º minuto, $p<0,05$) e 15ª sessão (10º vs 3º minuto, $p<0,05$) e tendência ao aumento na 1ª sessão (tabela 2).

Frequência respiratória de ratos Wistar tratados com eletroestimulação diafragmática transcutânea no primeiro minuto, imediatamente e 3 minutos após cada aumento da intensidade do estímulo elétrico.

Sessão	Tempo de estimulação em minutos					
	1'	3'	5'	8'	10'	13'
1ª	94 \pm 5	99 \pm 6	100 \pm 7	99 \pm 6	97 \pm 6	101 \pm 6
5ª	93 \pm 8	94 \pm 6	97 \pm 7	102 \pm 8 ^c	99 \pm 7	99 \pm 8
10ª	105 \pm 6	103 \pm 5	108 \pm 4	109 \pm 4	107 \pm 6	111 \pm 4*
15ª	109 \pm 4	102 \pm 5	108 \pm 5	109 \pm 6	111 \pm 6 [#]	106 \pm 5

Tabela 2: GT indica grupo tratado com eletroestimulação diafragmática transcutânea e GC, grupo controle. Valores expressos em incursões respiratórias por minuto e como média \pm erro padrão da média. ^c $p<0,05$ vs 1º minuto, * $p<0,05$ vs 3º minuto e [#] $p<0,05$ vs 3º minuto.

Não houve diferença significativa na amplitude respiratória do GC comparado ao GT, no período antes (16,3v \pm 1,1 vs 22,3v \pm 2,1) e após as 15 sessões (24,3 \pm 5,5v vs 23,1v \pm 5,1) de EEDT.

A tabela 3 demonstra que, apesar da tendência ao aumento, imediatamente após o incremento da intensidade da corrente, não houve alteração significativa na amplitude respiratória. Entretanto, observa-se o aumento isolado dessa variável na 5ª sessão quando comparado o 3º minuto com 13º minuto ($p<0,05$). Os demais intervalos não apresentaram diferença significativa (tabela 3).

Amplitude respiratória de ratos Wistar tratados com eletroestimulação diafragmática transcutânea no primeiro minuto, imediatamente e 3 minutos após cada aumento da intensidade do estímulo elétrico.

Sessão	Tempo de estimulação em minutos					
	1'	3'	5'	8'	10'	13'
1ª	27,3 \pm 3,8	26 \pm 4,2	28,9 \pm 3,5	25,4 \pm 3,5	28,6 \pm 3	24,8 \pm 3
5ª	38,2 \pm 8	33,5 \pm 7,5	38,8 \pm 7,2	37,3 \pm 6,6	41,2 \pm 7,5	40,0 \pm 7,1*
10ª	41,1 \pm 7,4	41,2 \pm 8,1	43,6 \pm 8,4	42,9 \pm 8,4	40,1 \pm 7,2	42,9 \pm 7,3
15ª	29,4 \pm 7,4	29,1 \pm 8	29,9 \pm 7,6	31,2 \pm 7	30,2 \pm 6,9	31,1 \pm 7,7

Tabela 3: GT indica grupo tratado com eletroestimulação diafragmática transcutânea. Valores expressos em volts e como média \pm erro padrão da média. * $p<0,05$ vs 3º minuto.

DISCUSSÃO

A EEDT é utilizada para promover a contração diafragmática a mais de 150 anos.^[20] Ainda hoje, poucos profissionais estudam e utilizam esse recurso terapêutico, assim como no Brasil.^[15,18]

Os principais avanços da EEDT são descritos em publicações internacionais. Glenn et al^[25] na década de 80, descreveu o uso do marcapasso diafragmático implantando cirurgicamente em indivíduos com disfunção diafragmática, promovendo estimulação direta e contínua da musculatura. Os resultados de 20 anos de pesquisa foram publicados em um estudo com 81 pacientes, dentre eles 47% restabeleceram a função diafragmática dentro de 76 meses, 46% necessitavam de um suporte ventilatório após 66 meses, 6% apresentaram piora do quadro e abandonaram o tratamento e 1% restabeleceram a função do diafragma antes do ajuste dos parâmetros do aparelho.

Recentemente, DiMarco et al^[24] e Orders et al^[27] utilizaram o implante do marcapasso intramuscular no diafragma de pacientes ventilatório-dependentes, observaram melhora na função pulmonar e em alguns casos o abandono da ventilação mecânica. Ainda sugerem menor risco cirúrgico e de lesão nervosa quando comparada à técnica de implante do marcapasso frênico, já que pode ser realizada através de laparoscopia. O presente estudo difere das pesquisas realizadas por esses autores, visto que, realizou-se técnica não invasiva com eletrodos transcutâneo de silicone-carbono e não implantes.

A impedância da pele à passagem da corrente elétrica pode ser influenciada por fatores como o tipo,^[28] o posicionamento e a distância entre os eletrodos,^[29] estado nutricional e quantidade de água na pele, assim como a espessura da camada de tecido adiposo.^[30] Neste estudo todos os animais foram submetidos ao mesmo protocolo e o peso corporal entre os grupos foi semelhante tanto no período antes quanto após as 15 sessões de EEDT. Provavelmente, esses fatores não interferiram nos resultados apresentados.

Os resultados desse estudo mostraram que a FR e a amplitude respiratória foram semelhantes nos dois grupos no antes de iniciar o protocolo de intervenção, indicando uma homogeneidade entre os grupos. Entretanto, após as 15 sessões de EEDT o GT apresentou aumento significativo da FR quando comparado ao período inicial do tratamento, sem modificações na amplitude respiratória.

Segundo Eldridge,^[31] a normalização da frequência respiratória ocorre em duas fases. Na fase rápida observa-se o declínio rápido dessa variável durante os primeiros segundos após o término do exercício, decorrente da retirada do estímulo cortical e muscular. Na fase seguinte, a FR diminui de forma mais lenta, pois depende da regularização térmica, química e metabólica. Costa et al,^[17] realizam análise química do sangue de ratos submetidos a uma sessão de EEDT com corrente elétrica configurada em 50 Hz, e observaram que a lactacidemia retornava ao valor basal após 20 minutos de repouso.

Nesse estudo, apesar de não realizado análise química, possivelmente a utilização do protocolo com intensidade alta submeteu os animais ao exercício intenso, favorecendo a ocorrência de alterações químicas, retardando a normalização da FR.

O GC apresentou redução da FR após o período de intervenção quando comparados ao GT. Sugere-se que essa redução ocorreu devido ao valor de FR abaixo da média (47,6 irpm) de um dos animais do GC. Para verificar essa possibilidade, realizou-se estatística eliminando os dados da FR desse animal. A diferença não foi significativa conforme esperado (dados não demonstrados).

No período imediatamente após o incremento da intensidade da corrente não se observou alteração na FR na comparação entre os minutos, porém quando analisado o período tardio a FR aumentou significativamente.

Cancellero et al,^[15] utilizando a EEDT com frequência de pulso em 50 Hz durante 5 sessões de 20 minutos através de eletrodos posicionados bilateralmente na região do 4º e 6º espaço intercostal, compararam a quantidade de glicogênio nos músculos diafragma, intercostal, peitoral e abdominal de ratos adultos antes e após a EEDT. Constatou o aumento significativo de glicogênio nos músculos peitoral e abdominal. O presente estudo utilizou corrente elétrica de média frequência (2500 Hz) modulada em 50 bursts por segundo (50 Hz), com posicionamento dos eletrodos semelhante ao estudo de Cancellero et al.^[15] A quantidade de glicogênio não foi determinada, entretanto a contração dos músculos abdominais e acessórios da respiração foi visível durante todo o estímulo elétrico.

Segundo Papoti et al,^[29] em situações que a oferta de energia e oxigênio é insuficiente, como no exercício intenso, a glicólise aumenta gerando energia mais rapidamente, desequilibrando a velocidade produção e a remoção do lactato com conseqüente acúmulo de lactato e redução do pH sanguíneo. No presente estudo, apesar de não analisado o sangue dos animais, o protocolo com intensidades de corrente altas pode ter favorecido o acúmulo de ácido láctico.

Alterações químicas, como o aumento do PaCO₂ e redução do pH sanguíneo ativa os quimiorreceptores centrais e periféricos,^[33] gerando como resposta o rápido aumento da FR.^[34] Provavelmente, a contração simultânea de vários músculos ocasionou o acúmulo de ácido láctico, favorecendo a diminuição do pH sanguíneo, que por sua vez estimulou quimiorreceptores e resultou no aumento tardio da FR.

Apesar do aumento da FR, a amplitude respiratória não apresentou diferença estatística, embora aumentasse progressivamente em algumas sessões. Grimby^[35] descreve que no início do exercício ocorre aumento tanto da FR quando da amplitude respiratória e

no exercício intenso o aumento ventilação pulmonar ocorre, predominantemente, pelo aumento da FR. Nesse estudo, observa-se o aumento da FR e manutenção da amplitude respiratória, caracterizando a respiração rápida e superficial encontrada nos animais submetidos ao protocolo descrito.

Como limitações do estudo citam-se: o desenvolvimento recente do aparelho de aquisição de dados que encontra-se em fase de aprimoramento e padronização, sendo esse estudo o primeiro a utilizá-lo para captação do sinal respiratório de animais experimentais; a interferência do meio e da corrente elétrica ligada sobre a visualização da onda respiratória que dificultaram a análise de alguns dados; o movimento gerado pela contração dos músculos estimulados causou deslocamentos indesejáveis do sensor piezoelétrico e interferiu na onda respiratória; e finalmente a escassez de estudos envolvendo a análise dos parâmetros respiratórios que dificultou a discussão dos resultados, já que esse estudo é pioneiro na análise da FR e amplitude respiratória durante o estímulo elétrico.

Apesar dessas limitações, esta pesquisa é inédita e acredita-se que seja ponto de partida para futuras investigações. A real efetividade da EEDT como recurso terapêutico pode representar mais uma ferramenta importante na abordagem da reabilitação pulmonar de pacientes acometidos ou sujeitos a disfunção diafragmática.

CONCLUSÃO

A EEDT aumenta a frequência respiratória e não interfere na amplitude respiratória de ratos Wistar jovens saudáveis. O incremento do estímulo elétrico não interfere imediatamente na frequência respiratória, porém aumentos dessa variável são observados no período tardio, sem alterar valores da amplitude respiratória.

AGRADECIMENTO

Agradeço a minha orientadora e co-orientadores por todo o incentivo e atenção prestada durante a realização desse estudo. Aos responsáveis pelo biotério da Faculdade Novo Milênio, pelos cuidados com os animais inclusos nessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. POLKEY, MI & MOXHAM, J. Clinical aspects of respiratory muscle dysfunction in the critically ill. **Chest.** 119: 926-939, 2001.
2. CRUVINEL, MGC; CASTRO, CHV; SILVA, YP; BESSA, RC; FRANÇA, FO; LAGO, F. Prevalência de paralisia diafragmática após bloqueio de plexo braquial pela via posterior com Ropivacaína a 0,2%. **Revista Brasileira de Anestesiologia.** 56(5): 461-469, 2006.
3. LAGHI, F & TOBIN, MJ. Disorders of the respiratory muscles. **American journal of respiratory and critical care medicine.** 168: 10-48, 2003.
4. ONOFRE, AF; FREIRE, ECS; MAIA, F; PERROTA, U; DUARTE, MEL; SILVA, RV; JOPPERT, WF. Efeitos da desnutrição aguda sobre o diafragma - Estudo experimental em coelhos. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões.** 15(3): 353-357, 1988.

- 5.ORDAZ, LBP; SUAREZ, JO; PÉREZ, YM. Incidência de parálisis diafragmática después de cirugía cardíaca. **Revista Cubana de Pediatría**. 79(4): 48-54, 2007.
- 6.GOSSELINK, R. Physical therapy in adults with respiratory disorders – where are we? **Revista brasileira de fisioterapia**. 85: 717-756, 2005.
- 7.HAYASHI, SS. **A eficácia do incentivador respiratório a volume Voldyne como fortalecedor dos músculos inspiratórios**. Trabalho de conclusão de curso. Cascavel, Curso de Fisioterapia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná Campus Cascavel, 78p, 2004.
- 8.HUL, AV; GOSSELINK, R; HOLLANDER, P; POSTMUS, P; KWAKKEL, G. Training with inspiratory pressure support in patients with severe COPD. **European Respiratory Journal**. 27: 65-72, 2006.
- 9.RIBEIRO, KP. **Programa de reabilitação pulmonar com e sem treinamento muscular inspiratório em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)**. Tese de mestrado. Piracicaba, Programa de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba, 80p, 2006.
- 10.ZANCHET, RC; VIEGAS, CAA, LIMA, T. A eficácia da reabilitação pulmonar na capacidade de exercício, força da musculatura inspiratória e qualidade de vida de portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. 31(2): 118-124, 2005.
- 11.MORENO, MA; CATAI, AM; TEODORI, RM; BORGES, BLA; CESAR, MC, SILVA, E. Effect of a muscle stretching program using the Global Postural Re-education method on respiratory muscle strength and thoracoabdominal mobility of sedentary young males. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. 33(6): 679-686, 2007.
- 12.CUELLO, AF; MASCIANTONIO, L; MENDOZA, SM. Estimulación diafragmática eléctrica transcutánea. **Medicina Intensiva**. 8(4):194-202, 1991.
- 13.FERNANDES, GA. **A eficácia de um protocolo utilizando a estimulação diafragmática elétrica transcutânea (EDET) sobre a força muscular do diafragma, avaliada através da pimax, e sobre a expansibilidade torácica, verificada através da cirtometria dinâmica**. Trabalho de conclusão de curso. Cascavel, Curso de Fisioterapia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 88 p, 2004.
- 14.GENEROSO, FAM; PELEGRINO, PR; CAVALHEIRO, LV. Análise da eficácia da eletroestimulação diafragmática em pacientes submetidos à ventilação mecânica prolongada. **Reabilitar**. 7(28): 28-34, 2005.
- 15.CANCELLIERO, KM; COSTA, D; SILVA, CA. Estimulação elétrica transcutânea melhora as condições metabólicas dos músculos respiratórios de ratos. **Revista brasileira de fisioterapia**. 10(1): 59-65, 2006.
- 16.CANCELLIERO, KM; SILVA, CA; COSTA, D. O efeito da estimulação diafragmática elétrica transcutânea na sensibilidade à glicose e acetilcolina de ilhotas de Langerhans isoladas de ratos: efluxo do 86Rb. **Reabilitar**. 7(29): 13-19, 2005.
- 17.COSTA, D; CANCELLIERO, K; SILVA, CA. Perfil bioquímico de ratos durante sessão de estimulação diafragmática elétrica transcutânea. **Fisioterapia em movimento**. 19(1): 41-19, 2006.
- 18.FORTI, F; CANCELLIERO, KM, GUIRRO, RRJ; SILVA, CA. Efeito da glutamina e da estimulação elétrica sobre o perfil metabólico de músculos desnervados. **Revista brasileira de educação física esportiva**. 18(3): 273-281, 2004.
- 19.FERNANDES, KCBG; POLACOW, MLO; GUIRRO, RRJ; CAMPOS, GER; SOMAZZ, MC; PINTO, VF; FUENTES, CBE; TEODORI, RM. Análise morfométrica dos tecidos muscular e conjuntivo após desnervação e estimulação elétrica de baixa frequência. **Revista brasileira de fisioterapia**. 9(2): 235-241, 2005.
- 20.PIERSON, A. **Hugo Wilhelm von Ziemssen**. Tese de doutorado. Landshut, Curso de Medicina da Universidade München, 339 p, 2006.
- 21.TERZI, RGC & CARVALHO, CRR. **Histórico da ventilação mecânica**. In: CARVALHO, CRR. **Ventilação mecânica**. 1 ed. São Paulo: Atheneu. p 1-30, 2006.
- 22.RISCILI, CE; HINDS, MT; VOORHEES, WD; BOURLAND, IJD,; GEDDES, LA. The safety factor for electroventilation measured by production of cardiac ectopy in the anesthetized dog. **Chest**. 95(1): 214-217, 1989.
- 23.KNODT, H. Artificial respiration with the electric lung. **Arztl Wochensh**. 6(12): 281-283, 1951.
- 24.DIMARCO, AF; ONDERS, RP; IGNAGNI, A; KOWALSKI, KE; MORTIMER, JT. Diaphragm electrodes in tetraplegic phrenic nerve pacing via intramuscular. **Chest**. 127(2): 671-678, 2005.
- 25.GLENN, WWL; PHELPS, ML; ELEFTERIADES, JA; DENTZ, B; HOGAN, J. Twenty years of experience in phrenic nerve stimulation to pace the diaphragm. **Pace**. 9: 780-784, 1986.
- 26.GLENN, W W & PHELPS, M L. Diaphragm pacing by electrical stimulation of the phrenic nerve. **Neurosurgery**. 17(6): 974-984, 1985.
- 27.ONDERS, RP; DIMARCO AF; IGNAGNI AR; AIYAR H; MORTIMER JT. Mapping the phrenic nerve motor point: the key to a successful laparoscopic diaphragm pacing system in the first human series. **Surgery**. 136(4): 819-826, 2004.
- 28.NOLAN, MF. Conductive differences in electrodes used with transcutaneous electrical nerve stimulation devices. **Physical Therapy**. 71 (10):746-751, 1991.
- 29.BOLFE, VJ; RIBAS, SI; MONTEBELO, M; GUIRRO, RRJ. Comportamento da impedância elétrica dos tecidos biológicos durante estimulação elétrica transcutânea. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. 11 (2): 153-159, 2007.
- 30.KYLE, UG; BOSAEU, I; LORENZO, AD; DEURENBERG, P; ELIA, M; GÓMEZ, JM. Bioelectrical impedance analysis - part I:review of principles and methods. **Clinical Nutrition**. 23 (5): 1226-1243, 2004.
- 31.ELDRIDGE, FL. Central integration of mechanisms in exercise hyperpnea. **Med Sci Sports Exerc**. 26: 319, 1994.
- 32.PAPOTI, M; ALMEIDA, PBL; PRADA, FJA; ELENO, TG; ERMINI, HA; GOBATTO, CA; MELLO, MAR. Máxima fase estável de lactato durante a natação em ratos recuperados de desnutrição protéica. **Motriz**. 9(2): 103-110, 2003.
- 33.FORSTER, HV; MARTINO, P; HODGES, M; KRAUSE, K; BONIS, J; DAVIS, S; PAN, L. The carotid chemoreceptors are a major determinant of ventilatory CO2 sensitivity and of PaCO2 during eupneic breathing. **Advances in experimental medicine and biology**. 605: 322-326, 2008.
- 34.LOURENÇO, TF; TESSUTTI, LS; MARTINS, LEB; BRENZIKOFER, R; MACEDO, DV. Interpretação metabólica dos parâmetros ventilatórios obtidos durante um teste de esforço máximo e sua aplicabilidade no

esporte. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano.** 9(3): 303-310, 2007.

35. GRIMBY, G. Respiration in exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 1: 9, 1969