

Artigo original

Repercussões respiratórias da ventilação por cinta abdominal pneumática em ratos normais

Respiratory repercussions of the ventilation with abdominal pneumatic belt in normal rats

Juliana Alves Souza, Ft.*, Pedro Dall'Ago, Ft., D.Sc.** , Mauren Porto Haefner, M.Sc.***

.....
*Especialista em Análise e Planejamento de Produtos e Processos Fisioterapêuticos pela UFSM, **Prof. Adjunto da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA), ***Fisioterapeuta

Resumo

A Cinta Abdominal Pneumática (CAP) é um aparelho utilizado no mercado internacional com o objetivo de melhorar a função pulmonar de pacientes com seqüelas de poliomielite, doenças neuromusculares e lesão raquiomedular. O objetivo desta pesquisa foi avaliar os parâmetros respiratórios durante o uso da CAP através de um experimento com sete ratos normais. A variação da pressão intrapleural (Ppl), o tempo inspiratório (Ti), o tempo expiratório (Te), o tempo total do ciclo (Ttot), a frequência respiratória (FR), a relação Ti/Ttot e o produto pressão tempo (PTP) foram mensurados com um transdutor de pressão no espaço pleural dos ratos, sem e com a CAP; a fim de se verificar seus reais efeitos fisiológicos. Os resultados mostraram que a CAP determina variação significativa na pressão pleural ($p = 0,0489$) o que melhora os volumes pulmonares e conseqüentemente a ventilação. A FR, Ti, Te, Ttot não sofreram alterações significativas. A variação da relação Ti/Ttot e do PTP não foi significativamente diferente, o que é vantajoso, uma vez que refletem aumento do gasto energético da respiração. Observou-se também assincronia durante seu uso, funcionando como estímulo inspiratório e não como auxílio expiratório.

Palavras-chave: ventilação pulmonar, respiração artificial, pressão, mecânica respiratória.

Abstract

The Abdominal Pneumatic Belt (APB) is a device used in the international market with the objective to improve the pulmonary function of patients with polio sequelae, neuromuscular disorders and injury of spinal cord. This research considered an evaluation of the respiratory parameters during the use of the APB through an experiment with seven normal rats. The variation of the pleural pressure (Ppl), the inspiratory time (Ti), the expiratory time (Te), the total time of the cycle (Ttot), the respiratory frequency (FR), the Ti/Ttot relation and the pressure-time product (PTP) had been measured, through a transducer of pressure in the pleural space, without and with such equipment; in order to analyze its real physiological effect. The results had shown that the APB determines significant variation in the pleural pressure ($p = 0,0489$) what probably determines better pulmonary volumes and consequently better ventilation. The FR, Ti, Te and Ttot had not suffered significant alterations. The variation of the Ti/Ttot relation and the PTP is not significant too, what it would be advantageous, because it reflects increase of energy expense of the breath. It was observed an antagonism during the use, functioning as inspiratory stimulation and not as expiratory aid.

Key-words: pulmonary ventilation, respiration artificial, air pressure, respiratory mechanics.

Recebido em 30 de janeiro de 2008; aceito em 5 de janeiro de 2009.

Endereço para correspondência: Juliana Alves Souza, Rua João Goulart, 540/301, Bairro Camobi, 97150 000 Santa Maria RS, E-mail: fisioju@yahoo.com.br

Introdução

A compressão do abdome durante a expiração foi usada por muitos anos numa tentativa de aumentar a ventilação. As pesquisas sobre a Cinta Abdominal Pneumática (CAP) iniciaram em 1938, quando Mc Sweeney utilizou o “Bragg-Paul Pulsator” com o objetivo de ventilar de forma não invasiva pacientes com paralisia respiratória pós-difteria e com poliomielite [1]. A partir de estudos desenvolvidos nessa área e somados ao desenvolvimento de aparelhos internacionais como o Pneumobelt e o Myoclair, em 1985; a assistência ventilatória com cinta vem sendo proposta principalmente à pacientes com insuficiência respiratória crônica secundária a paralisia neuromuscular. Tal equipamento funciona como readaptador à ventilação e como suporte ventilatório domiciliar [2]. É indicado, também, para a desinsuflação pulmonar, especialmente em lesados medulares, seqüelados de poliomielite, portadores de distrofias musculares e em certas alterações estruturais do tórax. Deve ser aplicado algumas vezes ao dia ou noturnamente para melhorar a quantidade e a qualidade do sono desses pacientes [3].

No mercado internacional, além do Pneumobelt ou Pneumocinta de Thompson, fornecido pela *Puritan Bennett International Corporation*, há o Lifecare fornecido pela *Thomas Respiratory Systems* [4]. No âmbito nacional não se encontrou nenhum catálogo de fabricante ou distribuidora dos ventiladores abdominais ou cintas de exsuflação, como também são chamados. Verificaram-se apenas experimentos e pesquisas utilizando tais equipamentos, mas todos confeccionados pelos próprios pesquisadores, de forma artesanal.

O equipamento, Pneumobelt (Figura 1), consiste de uma câmara inflável incorporada a um corpete abdominal [5]. O colete deve ficar exatamente sobre as duas últimas costelas flutuantes e cobrir a crista ilíaca sobre as espinhas ântero-superiores bilateralmente, ou seja, envolver a porção inferior do tórax e todo o abdome. Se for aplicado muito alto, restringirá a mobilidade torácica e não dará apoio ao abdome. As fivelas inferiores devem ficar mais apertadas que as superiores. O ajuste apropriado é firme, permitindo, porém que uma mão passe entre o abdome e o corpete na borda superior com o paciente em supino [6]. As variações de pressão interna, que acontecem na cinta, ocorrem por meio de um mecanismo externo, que estabelece pressão positiva alternada. A câmara de ar é conectada por uma mangueira ao gerador de pressão.

Figura 1 - Pneumobelt - corpete e bomba geradora de pressão [8].



A cinta abdominal pneumática produz uma ventilação artificial por assistir a expiração, uma vez que a insuflação total da câmara de ar, que está adaptada ao abdome pelo corpete; comprime a parede abdominal e causa a subida do diafragma, produzindo uma expiração ativa. Com a desinsuflação da câmara de ar, o conteúdo abdominal e o diafragma descem devido à ação da gravidade, a inspiração ocorre passivamente devido ao recuo elástico [5]. O diafragma é deslocado pela diferença de complacência dos compartimentos abdominal e torácico, pois quando a cinta é pressurizada diminui os diâmetros laterais e verticais do tórax pela compressão das costelas e pela compressão abdominal respectivamente [3].

No caso de músculos abdominais fracos, como nos pacientes com lesão medular alta, o diafragma permanece numa posição mais inferior, devido à tração gravitacional do conteúdo abdominal. A excursão do diafragma durante a contração está diminuída, em desvantagem mecânica. A cinta abdominal pneumática ajuda a compensar esses músculos abdominais fracos ou ausentes suportando o conteúdo abdominal e deslocando o diafragma para uma posição de repouso mais elevada na caixa torácica. A amplitude de descida do diafragma durante a contração aumenta e os volumes pulmonares também aumentam [6].

A ajuda mecânica da cinta abdominal pneumática é indicada com forma de desinsuflação pulmonar, aumentando os volumes pulmonares (reexpansão induzida), diminuindo a resistência das vias aéreas e estimulando proprioceptivamente o diafragma. Logo, a cinta exsufadora, assim como a técnica de expiração manual passiva (TEMP), poderia ser enquadrada como um excelente recurso cinesioterápico para melhorar e corrigir a dinâmica diafragmática [3].

O protocolo experimental realizado por Brunneto, em 1992, determinou que uma pressão constante na cinta de 20 cmH₂O melhora o volume corrente de ar do paciente, a atividade diafragmática e a ventilação das bases pulmonares; em 1993 Milane, Jonquet e Bertrad observaram que a ventilação por pressão abdominal intermitente melhora o volume de ar corrente, a saturação de oxigênio e a qualidade de vida do paciente [2].

Um estudo de Ayoub e colaboradores [7], em pacientes com distrofia muscular de Duchenne, mostrou um aumento da excursão diafragmática com o uso da cinta abdominal pneumática por avaliação ultra-sonográfica. Além de melhoras na pressão parcial de oxigênio e na saturação. Segundo esse estudo, a pneumocinta melhora as trocas gasosas e a ventilação por aumentar a excursão diafragmática.

Yang *et al.* [8] relataram casos de três pacientes que usavam o Pneumobelt durante o sono: um paciente possuía insuficiência respiratória secundária a seringomielia, um poliomielite e outro Ataxia de Friedrich, respectivamente. O primeiro paciente aumentou o seu volume corrente de 30 para 300 ml na posição supina, de 150 para 440 ml na posição sentada; o segundo paciente aumentou de 200 para 260 ml na posição sentada e o terceiro de 170 para 390 ml na posição sentada.

Observaram que o paciente precisa dormir semi-reclinado para a cinta funcionar efetivamente, o que também reduz o risco de aspirações e pneumonias. Constataram que o Pneumobelt proporciona um repouso aos músculos inspiratórios, sendo este repouso importante para pacientes que usam os músculos acessórios e fadigam facilmente.

Baseado nos estudos encontrados e na tentativa de se verificar os efeitos fisiológicos da CAP é que se realizou esta pesquisa no laboratório de fisiologia da Faculdade Fundação Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA). Nesse sentido, parâmetros respiratórios dos ratos como: pressão intrapleural, frequência respiratória, tempo inspiratório e expiratório, além de índices respiratórios foram avaliados.

Material e métodos

Amostra

Sete ratos machos, da espécie *Rattus norvegicus*, linhagem *wistar*, com peso entre 215 e 250 gramas, provenientes do Biotério da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA), mediante consentimento ético, foram anestesiados através de injeção intraperitoneal de uma mistura de cetamina e xelaxina (0,18 ml/ 100gr). Submetidos à tricotomia do tórax e abdome e, seqüencialmente, à toracotomia, com incisão cirúrgica entre 4º e 5º espaço intercostal, a fim de se chegar ao espaço intrapleural. Neste foi adaptado um transdutor de pressão (via sistema fechado, tipo dreno de tórax), devidamente calibrado antes do experimento, o qual amplificou os sinais de variação de pressão e os registrou no computador através do programa Windaq. Foram excluídos da amostra ratos que estavam participando de outros experimentos, que possuíssem problemas cardíacos, neuromusculares ou endócrinos. Ao fim do estudo os mesmos foram enfiados.

Protocolo

Após o preparo, com o animal na posição supino e em respiração espontânea foram registrados via transdutor as variações de pressão pleural durante seu ciclo respiratório por três minutos. A seguir, foi adaptada a cinta abdominal pneumática. A cinta, especialmente confeccionada, seguiu o modelo Pneumobelt, uma vez que possuía uma porção sujeita a insuflação (bolsa de ar) que estava conectada a um gerador de pressão positiva. Foi fixada, com elástico de 6 cm e velcros, na região abdominal do rato. Colocada a cinta, esta foi ligada ao ventilador mecânico do rato, sendo ajustada para ciclar 73 vezes (frequência respiratória média do animal) (Figura 2). Novamente foram registradas através do transdutor as variações da pressão intrapleural e o comportamento respiratório do animal foi observado por 3 minutos. Desse modo, cada rato foi identificado, avaliado em respiração espontânea e usando a cinta abdominal pneumática de forma individual.

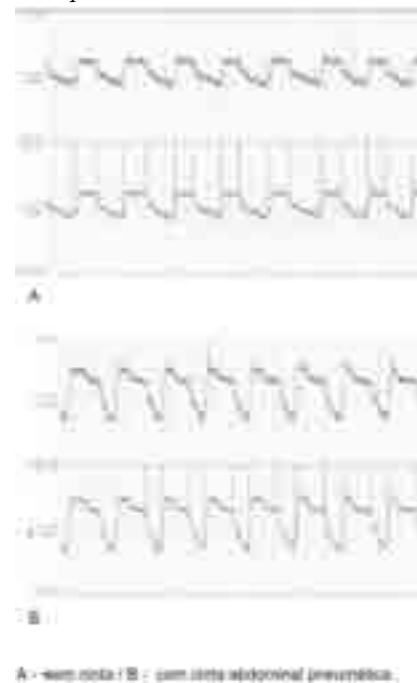
Figura 2 - Rato com a cinta abdominal pneumática.



Coleta dos dados

Através da curva de variação da pressão intrapleural, registrada graficamente no computador, dados como frequência respiratória (FR), tempo inspiratório (Ti), tempo expiratório (Te), tempo total do ciclo respiratório (Ttot), pressão pleural máxima, pressão pleural mínima e média (Ppl), foram obtidos. Assim, em cada gráfico, foram marcados os picos de pressão inspiratória e expiratória, para se calcular a variação de pressão, além de delimitadas as fases inspiratórias e expiratórias para obtenção dos tempos respiratórios e frequências usados no cálculo dos índices respiratórios (Produto Pressão Tempo – PTP e relação Ti/Tot) (Figura 3).

Figura 3 - Registros da variação de pressão intrapleural e dos picos inspiratórios e expiratórios do rato 7.



A - sem cinta / B - com cinta abdominal pneumática.

O consumo de energia da ventilação pode ser avaliado pelas medidas do trabalho respiratório ou do Produto Pressão Tempo (PTP). Neste estudo, devido às variáveis avaliadas, o PTP foi usado como parâmetro para avaliar o esforço dos músculos inspiratórios. O PTP leva em consideração apenas a pressão que é aplicada e a duração da aplicação [9]. Calcu-

lamos, portanto o PTP multiplicando a variação de pressão pela duração do tempo inspiratório de cada animal.

O trabalho respiratório foi calculado através da relação tempo inspiratório pelo tempo total do ciclo (Ti/Tot), sendo este um índice que reflete a fração do ciclo ventilatório ocupada pela inspiração ou esforço inspiratório.

Análise estatística

A análise estatística elaborada comparou os registros de FR, Ti, Te, Ttot, variação Ppl, índices respiratórios (produto pressão tempo – PTP; relação Ti/Ttot) antes e depois, ou seja, sem cinta e com cinta abdominal pneumática; em cada animal. Inicialmente empregou-se o teste de normalidade dos dados para definir o uso de métodos analíticos paramétricos ou não-paramétricos, conforme as amostras apresentassem distribuição normal ou não.

Para as amostras que apresentaram distribuição normal (variáveis Ppl e FR), foi aplicado o teste *t* para dados pareados com um nível de significância de 5%. Os outros registros submeteram-se ao teste não-paramétrico de Mann-Whitney, com nível de significância de 5%.

Resultados

A pressão pleural média variou de -6,39 cmH₂O em respiração espontânea para -8,26 cmH₂O com a cinta abdominal pneumática, uma diferença significativa (*p* = 0,0489) Tabela I.

Comparando as alterações na frequência respiratória sem e com cinta abdominal pneumática, não encontramos variações estatisticamente significativas (*p* = 0,1832)(Tabela I).

Tabela I - Variação média da Ppl e FR dos ratos sem e com CAP.

Rato	Ppl (cmH ₂ O)		FR (rpm)	
	Sem cinta	Com cinta	Sem cinta	Com cinta
1	-6,74	-9,64	58,69	57,34
2	-5,12	-5,86	60,13	65,74
3	-7,38	-10,31	77,97	96,07
4	-6,18	-6,64	74,43	61,66
5	-6,37	-8,47	79,83	95,19
6	-6,70	-5,60	56,14	80,79
7	-6,28	-11,27	66,32	67,98
Média	-6,39	-8,26	67,64	74,97
P	0,0489		0,1832	

Definição abreviaturas: CAP = cinta abdominal pneumática; Ppl = pressão pleural média; FR = frequência respiratória; RPM = respirações por minuto; P = probabilidade.

Os valores obtidos do PTP em ventilação espontânea e no uso da cinta abdominal pneumática podem ser observados na Tabela II, e não refletem aumento no trabalho respiratório dos músculos inspiratórios (*p* = 0,1252).

Também relacionado ao trabalho muscular respiratório, a relação Ti/Ttot do ciclo foi registrada. Verificou-se que a relação média sem o uso de cinta abdominal foi de 0,40 passando para 0,47 com o uso do equipamento, variação desconsiderada em termos estatísticos (*p* = 0,2502) (Tabela II).

Tabela II - Média do PTP e relação Ti/Ttot dos ratos sem e com CAP.

Rato	PTP (cmH ₂ O x s)		Ti/Ttot	
	Sem cinta	Com cinta	Sem cinta	Com cinta
1	-5,25	-5,90	0,54	0,59
2	-1,61	-2,24	0,33	0,42
3	-2,04	-4,42	0,35	0,53
4	-1,56	-2,06	0,31	0,32
5	-1,71	-3,34	0,36	0,49
6	-2,65	-2,49	0,37	0,59
7	-3,20	-4,28	0,56	0,36
Média	-2,57	-3,53	0,40	0,47
p	0,1252		0,2502	

Definição abreviaturas: PTP = produto pressão tempo; Ti = tempo inspiratório; Ttot = tempo total do ciclo respiratório (Ti + tempo expiratório).

A fim de se calcular os índices descritos, foram avaliados individualmente o tempo de contração dos músculos inspiratórios, ou seja, a duração da inspiração (média sem cinta de 0,52 segundos e com CAP de 0,42 segundos). O tempo de relaxamento, a expiração (média de 0,71 segundos sem cinta e 0,45 com a CAP). Além da duração total do ciclo respiratório (média de 1,23 sem cinta para 0,88 com a CAP). Esses valores não apresentaram alterações significativas: Ti (*p* = 0,4433); Te (*p* = 0,1599) e Ttot (*p* = 0,6093).

Além dos registros obtidos, a observação do comportamento dos ratos durante o experimento, mostrou uma tendência à inspiração quando a Cinta Abdominal Pneumática insuflava.

Discussão

Pressão intrapleural

Durante o processo inspiratório, à medida que os músculos inspiratórios se contraem, o volume da caixa torácica aumenta e, conseqüentemente, a pleura parietal acompanha a caixa torácica. Essa expansão causa uma queda da pressão intrapleural. Quanto maior for a força inspiratória, mais cairá a pressão intrapleural; tornando-se mais negativa [10]. Assim, quando o diafragma se contrai causa uma queda na pressão pleural e um aumento no volume pulmonar ao mesmo tempo em que produz uma elevação na pressão intra-abdominal.

Analisando os registros referentes à variação da pressão intrapleural observamos que durante o uso da CAP essa se tornou mais negativa. Sabemos que dificilmente esse resultado se deve a um aumento da força da musculatura inspiratória, pois um treinamento não ocorreria tão rapidamente, porém

fatores como área de justaposição do diafragma (vantagem mecânica), a ação dos músculos abdominais (substituídos pela CAP) e o estímulo proprioceptivo podem estar relacionados com esse incremento de pressões.

A zona de aposição ou justaposição do diafragma na caixa torácica proporciona um mecanismo que pode, em particular, contribuir para a expansão da caixa torácica durante a inspiração. Em um estudo com cães foi comprovado que existe uma diferença regional na pressão pleural e diafragmática entre a zona de aposição do diafragma e outras regiões [11]. Nessa zona de aposição, a pressão abdominal é transmitida para a face interna da caixa torácica baixa. Portanto, para uma dada contração diafragmática a força de justaposição é maior quando a zona de aposição e o aumento na pressão abdominal são grandes.

A atividade muscular abdominal e o tônus previnem o encurtamento excessivo do diafragma após cada contração, capacitando-o para exercer a sua função numa posição mais favorável da curva tensão-volume. O aumento da pressão intra-abdominal desenvolvida durante a inspiração é transmitido para a caixa torácica baixa pelas fibras aposicionais do diafragma e, pode com isso, aumentar sua habilidade funcional [12].

Outra consideração importante é que a resistência proveniente do conteúdo abdominal para a descida do diafragma é um determinante primário da ação do diafragma na caixa torácica. Se a resistência é pequena (abdome muito complacente) a cúpula do diafragma desce facilmente durante a inspiração e, ao mesmo tempo, a zona de justaposição diminui substancialmente em tamanho, enquanto a pressão abdominal se eleva um pouco. Nessa condição, o componente justaposicional e o insercional do diafragma na caixa torácica são pequenos e, portanto a expansão da caixa torácica inferior é mínima. Ao contrário, se a resistência proveniente do conteúdo abdominal é alta (complacência abdominal é baixa), a cúpula do diafragma é impedida de descer normalmente, a zona de justaposição permanece com um tamanho significativo durante toda a inspiração e a elevação da pressão intra-abdominal é grande. Ambas as forças, de inserção e justaposição, estão aumentadas e a ação inspiratória do diafragma na caixa torácica inferior é grande [13].

Embora os músculos abdominais sejam expiratórios, eles também têm um importante papel na inspiração. Pela contração em todo o ciclo respiratório, os abdominais fazem com que o diafragma se alongue até o impulso da inspiração e previnem o seu encurtamento excessivo durante a inspiração. Assim, a contração persistente dos músculos abdominais em seres humanos em ortostatismo aumenta a habilidade do principal músculo da inspiração em gerar pressão e, portanto, aumentar volume pulmonar. Também, a contração dos abdominais em fase com a expiração é um mecanismo de assistir a inspiração. De fato, contraindo-se na expiração forçam o diafragma cranialmente e acabam reduzindo o volume pulmonar abaixo da oposição neutra do sistema respiratório.

Logo, quando relaxam promovem a descida da cúpula diafragmática, aumentando o volume pulmonar antes do impulso da contração dos músculos inspiratórios [14].

Hillman *et al.* [15] examinaram o efeito da compressão abdominal na pressão transdiafragmática máxima (Pdimax) e a configuração da parede torácica; objetivando determinar se o alongamento e a contração do diafragma poderiam contribuir para estimar a Pdimax durante o esforço inspiratório e expiratório. Observaram que a Pdimax é mais baixa durante o esforço inspiratório máximo com o diafragma sozinho do que quando o máximo de esforço inspiratório e expulsivo são combinados. Segundo esse estudo, o aumento na Pdi com esforço expiratório é atribuído a incremento na ativação neural do diafragma, determinada por contribuição do alongamento e contração do diafragma para estimar a Pdi. A Pdi seria ótima, quando a pressão abdominal é ótima, ou seja, quando existe atividade muscular abdominal e diafragmática.

Portanto, a parede abdominal é uma importante influência na tensão máxima desenvolvida pelo diafragma. Acredita-se que o equipamento CAP atue nesse sentido.

Índices respiratórios

Toda vez que o Te é menor que o Ti, começam a aparecer problemas com o trabalho respiratório, pois há uma dificuldade de repouso dos músculos inspiratórios e estes tendem a fadigar. Com a presença de fadiga muscular, a força útil do tempo inspiratório começa a se alterar e, com isso, a relação Ti/Ttot tende a aumentar, ultrapassando seu valor normal de 0,4 segundos. Esse aumento gera diminuição dos valores de pressão transdiafragmática máxima, que está relacionada com atividade contrátil do diafragma [2].

Bellemare *et al.* [17] mostraram que a fadiga diafragmática ocorre em situações de limitação do fluxo sanguíneo. Seus resultados também sugerem que um aumento no fluxo sanguíneo pode ser limitado após alcançar uma tensão crítica (Índice Tempo Tensão – ITT). Sendo que esta tensão crítica para produzir fadiga do diafragma aumenta com o acréscimo da relação do tempo de contração e o tempo total de duração do ciclo (Ti/Ttot).

O fluxo sanguíneo do diafragma aumenta progressivamente em situações de sobrecarga, mas alcança um platô quando o ITT do músculo oscila ao redor de 0,2. À medida que a relação Ti/Ttot do ciclo aumenta, o tempo de relaxamento do músculo diminui; por isso há um menor tempo disponível para a perfusão. Essa obstrução do fluxo capilar está limitada unicamente ao período de contração, pois durante o relaxamento permanece inalterada [18].

Neste estudo experimental, a comparação dos valores do Ti, Te, Ttot e da relação Ti/Ttot sem e com a CAP não mostraram alterações significativas. Todavia acredita-se que, caso mais animais fossem submetidos ao experimento, esses valores pudessem ser mais expressivos.

Ainda em relação ao trabalho respiratório, outro parâmetro avaliado foi o PTP que equivale à produção mecânica dos músculos respiratórios independente do volume gerado, mas considerando a duração do esforço [9]. Collet *et al.* [19] examinaram a relação entre o PTP dos músculos inspiratórios e o consumo de oxigênio da respiração em cinco indivíduos normais respirando através de uma resistência inspiratória externa com um volume de ar corrente constante (800 ml) até a capacidade residual funcional. Observaram que o PTP é um acurado índice de consumo de oxigênio quando o volume inspirado e o fluxo são constantes.

Dodd *et al.* [20] pesquisaram o efeito do aumento do trabalho respiratório sem um incremento do PTP e no gasto energético da resistência dos músculos respiratórios em cinco indivíduos, respirando através de resistência inspiratória. Sustentaram a hipótese de que a frequência do suprimento energético ou o fluxo sanguíneo dos músculos respiratórios é fixo quando o PTP é constante. Também concluíram que durante a inspiração com cargas fatigantes o trabalho da frequência é que determina a resistência muscular independente do PTP.

Neste experimento não existiram alterações significativas nos valores do PTP sem e com CAP nos sete ratos. Sabe-se que com o aumento do trabalho respiratório o consumo de oxigênio tende a aumentar existindo uma tendência à fadiga. A habilidade dos músculos esqueléticos para gerar força por longos períodos de tempo é dependente de um adequado fluxo sanguíneo. Se este é inadequado leva a fadiga. Similarmente os músculos respiratórios precisam aumentar o seu fluxo sanguíneo para manter a ventilação adequada e em face de um aumento do trabalho respiratório; como pode ocorrer durante o exercício ou em doença envolvendo aumento da carga do pulmão ou parede torácica. Falências no incremento do fluxo sanguíneo quando necessário pode resultar em fadiga dos músculos respiratórios e subsequente falência muscular [17].

Em relação ao fator propriocepção, como relatado nos resultados, os animais acabaram inspirando durante a insuflação da CAP. Tal fato contradiz o princípio de funcionamento do equipamento, que objetiva uma expiração ativa por compressão abdominal e, conseqüentemente, uma inspiração mais passiva. No entanto, a assincronia foi evidente, fato também encontrado [16] num relato de caso no qual se comparou o uso da pressão manual na expiração e a cinta pneumática, observando que o uso da cinta determinava um padrão respiratório paradoxal. Dessa forma, a CAP funcionaria mais como um estímulo proprioceptivo para a inspiração do que como forma de desinsuflação.

A intervenção na respiração através da propriocepção pode ocorrer de diferentes formas em função dos diferentes tipos de receptores. Assim, estímulos táteis da mão do terapeuta ou do paciente ou até de um equipamento sobre o tórax/abdome ativam as terminações nervosas livres, além dos receptores mais profundos para a pressão, como os órgãos terminais de

Ruffine. A mudança de posição proporciona diferentes apoios para o tronco, ativando receptores de pressão e de posição, oferecendo informações nem sempre conscientes da posição do corpo. Também há conscientização do movimento, através de informações provenientes dos receptores localizados nos músculos, articulações, tendões e ligamentos.

Conclusão

O princípio de funcionamento da cinta abdominal pneumática, de acordo com os registros encontrados na literatura, é atuar como a musculatura abdominal: aumentando a pressão intrapleurar, diminuindo os volumes pulmonares, alongando o diafragma, provocando uma expiração mais ativa e uma inspiração mais passiva, sem grandes gastos energéticos e com maiores volumes pulmonares.

Neste estudo experimental verificaram-se os efeitos fisiológicos do uso da CAP em ratos normais através de parâmetros respiratórios. O que se constatou foi uma maior variação na pressão pleural durante o uso de tal equipamento, o que, provavelmente, determina melhores volumes pulmonares e conseqüentemente melhor ventilação. Outros parâmetros respiratórios como FR, T_i , T_e , T_{tot} , relação T_i/T_{tot} e PTP não sofreram alterações significativas. Achados relevantes, principalmente no que se referem aos índices T_i/T_{tot} e PTP, uma vez que refletem aumento do gasto energético da respiração. Além disso, observou-se uma assincronia durante o uso da CAP

Acredita-se que mais estudos precisam ser realizados a fim de se concluir os seus reais efeitos. Sugere-se que sua ação seja pesquisada em lesados raquimedulares ou pacientes com doenças neuromusculares, cuja mecânica muscular respiratória está alterada. Também, a questão do estímulo proprioceptivo que o equipamento proporciona, deve ser investigada com mais atenção.

Referências

1. Herek A, Brunetto AF, Hoshino AA, Paulin E. Cinta pneumática em pacientes portadores de doença neuromuscular: relato de caso. *Fisioter Mov* 2001;13(2):45-8.
2. Azeredo CAC. *Fisioterapia respiratória moderna*. 4ª ed. São Paulo: Manole; 2002.
3. Slutzky LC. *Fisioterapia nas enfermidades neuromusculares*. São Paulo: Revinter; 1997.
4. Shneerson J. *Distúrbios da ventilação*. Rio de Janeiro: Revinter; 1993.
5. Miller J, Thomas E, Wilmot CB. Pneumobelt use among high quadriplegic population. *Arch Phys Med Rehabil* 1988;69:369-72.
6. Irwin S, Tecklin JS. *Fisioterapia cardiopulmonar*. 2ª ed. São Paulo: Manole; 1994.
7. Ayoub J, Milane J, Targhetta R, Prioux J, Chamari K, Arbeille Ph et al. Diaphragm kinetics during pneumatic belt respiratory assistance: a sonographic study in Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord* 2002;12(6):569-75.

8. Yang W, Alba A, Lee M, Khan A. Pneumobelt for sleep in the ventilator user: clinical experience. *Arch Phys Med Rehabil* 1989;70:707-11.
 9. Lotti GA, Braschi A. Monitorização da mecânica respiratória. São Paulo: Atheneu; 2004.
 10. Douglas CR. Tratado de fisiologia aplicada à fisioterapia. São Paulo: Copyright; 2002.
 11. WF U, De Troyer A, Loring S. Pleural pressure increases during inspiration in the zone of apposition diaphragm to rib cage. *J Appl Physiol* 1985;65 (5):2207-12.
 12. Ewig JM, Griscom NT, Wohl MEB. The effect of the absence of abdominal muscle on pulmonary function and exercise. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:1314-21.
 13. Ashutosh K, Gilbert R, Auschincloss JH, Peppi D. Asynchronous breathing movements in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1975;67(5):553-7.
 14. Mier A, Brophy C, Estenne JM, Green A, De Troyer A. Action of abdominal muscles on rib cage in humans. *J Appl Physiol* 1985;58(5):1438-43.
 15. Hillman D, Markos J, Kevin EF. Effect of abdominal compression on maximum transdiaphragmatic pressure. *J Appl Physiol* 1990;68(6):2296-304.
 16. Stone AC, Nolan S, Abu-Hijel M, McCool D, Hill NS. A novel of manually assisted ventilation. *Chest* 2003;123:949-52.
 17. Bellamere F, Wight D, Lavigne CM, Grassiano A. Effect of tension and timing of contraction on the blood flow of the diaphragm. *J Appl Physiol* 1983;54(6):1597-606.
 18. David CM. Medicina intensiva. Rio de Janeiro: Revinter; 2004.
 19. Collet PW, Perry C, Engel LA. Pressure-time product, flow, and oxygen cost of resistive breathing in humans. *J Appl Physiol* 1985;58(4):1263-272.
 20. Dodd DS, Kelly S, Collett PW, Engel LA. Pressure-time product, work rate, and endurance during resistive breathing in humans. *J Appl Physiol* 1988;64(4):1397-404.
-