

Fernanda Calfe Moreira^{1,2}, Cassiano Teixeira^{3,4},
Augusto Savi⁴, Rogério Xavier^{5,6}

Alterações da mecânica ventilatória durante a fisioterapia respiratória em pacientes ventilados mecanicamente

Changes in respiratory mechanics during respiratory physiotherapy in mechanically ventilated patients

1. Centro Universitário Univates - Lajeado (RS), Brasil.
2. Unidade de Cuidado Respiratório, Hospital Moinhos de Vento - Porto Alegre (RS), Brasil.
3. Departamento de Clínica Médica, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre - Porto Alegre (RS), Brasil.
4. Centro de Tratamento Intensivo, Hospital Moinhos de Vento - Porto Alegre (RS), Brasil.
5. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre (RS), Brasil.
6. Laboratório Experimental de Vias Aéreas e Pulmão, Hospital de Clínicas de Porto Alegre - Porto Alegre (RS), Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar as alterações da mecânica ventilatória e da hemodinâmica que ocorrem em pacientes dependentes de ventilação mecânica submetidos a um protocolo padrão de fisioterapia respiratória.

Métodos: Estudo experimental e prospectivo realizado em duas unidades de tratamento intensivo, nas quais pacientes dependentes de ventilação mecânica por mais de 48 horas foram alocados, de forma consecutiva, e submetidos a um protocolo estabelecido de manobras de fisioterapia respiratória. Variáveis ventilatórias (complacência pulmonar dinâmica, resistência do sistema respiratório, volume corrente, pressão de pico inspiratório, frequência respiratória e saturação periférica de oxigênio) e hemodinâmicas (frequência cardíaca) foram mensuradas 1 hora antes (T_{-1}), imediatamente (T_0) e após 1 hora (T_{+1}) da realização do protocolo de manobras de fisioterapia respiratória.

Resultados: Durante o período de coleta dos dados, 104 pacientes foram incluídos no estudo. Quanto às variáveis ventilatórias, houve aumento da complacência pulmonar dinâmica

($T_{-1} = 52,3 \pm 16,1 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ versus $T_0 = 65,1 \pm 19,1 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$; $p < 0,001$), do volume corrente ($T_{-1} = 550 \pm 134 \text{ mL}$ versus $T_0 = 698 \pm 155 \text{ mL}$; $p < 0,001$) e da saturação periférica de oxigênio ($T_{-1} = 96,5 \pm 2,29\%$ versus $T_0 = 98,2 \pm 1,62\%$; $p < 0,001$), além de redução da resistência do sistema respiratório ($T_{-1} = 14,2 \pm 4,63 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$ versus $T_0 = 11,0 \pm 3,43 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$; $p < 0,001$) logo após a realização das manobras de fisioterapia respiratória. Todas as alterações se mantiveram na avaliação realizada 1 hora (T_{+1}) após as manobras de fisioterapia respiratória. Já com relação às variáveis hemodinâmicas, houve elevação imediata, porém não sustentada da frequência cardíaca ($T_{-1} = 88,9 \pm 18,7 \text{ bpm}$ versus $T_0 = 93,7 \pm 19,2 \text{ bpm}$ versus $T_{+1} = 88,5 \pm 17,1 \text{ bpm}$; $p < 0,001$).

Conclusão: Manobras de fisioterapia respiratória geram mudanças imediatas na mecânica pulmonar e na hemodinâmica dos pacientes dependentes da ventilação mecânica, e as alterações ventilatórias provavelmente permanecem por pelo menos 1 hora.

Descritores: Terapia respiratória; Respiração artificial; Mecânica respiratória

Conflitos de interesse: Nenhum.

Submetido em 15 de dezembro de 2014
Aceito em 20 de maio de 2015

Autor correspondente:

Fernanda Calfe Moreira
Rua Ramiro Barcelos, 910 - Bairro Floresta
CEP: 90035-001 - Porto Alegre (RS), Brasil
E-mail: fcallefe@yahoo.com.br

Editor responsável: Carmen Valente Barbas

DOI: 10.5935/0103-507X.20150027

INTRODUÇÃO

O suporte ventilatório oferecido aos pacientes com insuficiência respiratória aguda visa oferecer repouso à musculatura ventilatória e reduzir o trabalho respiratório até a resolução do processo agudo. A mobilização e a remoção de secreções respiratórias têm papel fundamental no auxílio da higiene brônquica, das trocas gasosas e da redução do trabalho respiratório - alterando a mecânica dos pacientes graves submetidos ao suporte ventilatório invasivo.⁽¹⁾

Na maioria das unidades de terapia intensiva (UTI), a fisioterapia respiratória é parte integral do manejo dos pacientes graves que necessitam de suporte ventilatório invasivo. Dentre as várias técnicas, estão drenagem postural (DP), mobilização, vibração, percussão, hiperinsuflação manual (HM) e aspiração das vias aéreas.⁽²⁾ A combinação rotineira das mesmas tem por objetivo principal a prevenção de complicações como obstrução de prótese traqueal, pneumonia associada à ventilação mecânica (VM) e assincronia ventilatória.⁽³⁻¹⁴⁾

Existem inúmeros protocolos de fisioterapia respiratória descritos no atendimento de pacientes dependentes de VM, porém com resultados conflitantes.^(10-12,15,16) O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações da mecânica ventilatória e da hemodinâmica que ocorrem em pacientes dependentes de VM submetidos a um protocolo padrão de fisioterapia respiratória.

MÉTODOS

Estudo experimental e prospectivo, realizado em duas UTI clínico-cirúrgicas: Centro de Tratamento Intensivo do Hospital Moinhos de Vento, em Porto Alegre, e UTI do Hospital de Pronto-Socorro de Canoas, em Canoas, ambos no Rio Grande do Sul. O estudo recebeu a aprovação para sua realização nos Comitês de Ética em Pesquisa dos dois hospitais (Projeto nº 2004/18 e nº 05-407, respectivamente) e os pacientes ou familiares próximos participaram da pesquisa após preencherem o Consentimento Informado Livre e Esclarecido (CILE).

Foram incluídos, consecutivamente, todos os pacientes dependentes de VM ≥ 48 horas com prescrição médica de fisioterapia respiratória no período de fevereiro a setembro de 2014, após obtenção do CILE. Os critérios de exclusão foram: pacientes com instabilidade hemodinâmica (modificação na dose de vasopressores nas últimas 2 horas, pressão arterial média ≥ 120 mmHg ou ≤ 60 mmHg, frequência cardíaca - FC ≥ 130 bpm ou ≤ 50 bpm e presença de arritmias ventriculares graves); pacientes com instabilidade ventilatória, isto é, necessidade de fração inspirada de oxigênio (FiO_2) $\geq 0,8$ ou necessidade de pressão expiratória final (PEEP) ≥ 15 cmH₂O; pacientes moribundos (definidos pela equipe médica); pacientes com fratura de dois ou mais arcos costais com comprovação radiológica e presença de broncoespasmo grave.

Protocolo de fisioterapia respiratória

Era aplicado, em todos os pacientes, o seguinte protocolo. Primeiramente, foi feita a proibição do uso de medicações broncodilatadoras inalatórias ou endovenosas, e

da modificação dos parâmetros da VM nos 120 minutos anteriores e posteriores ao atendimento de fisioterapia respiratória; então, realizaram-se manobras de vibrocompressão torácica (VCT), sendo 5 minutos em decúbito lateral direito e 5 minutos em decúbito lateral esquerdo; essa técnica consiste em comprimir manualmente a caixa torácica durante a expiração e liberar a compressão ao final da expiração, facilitando a inspiração ativa, com o objetivo de mobilizar as secreções pulmonares, e melhorar a ventilação alveolar; depois, foi realizada HM, com instilação de 10mL de solução salina (soro fisiológico a 0,9%) no tubo endotraqueal e realização de ressuscitação manual com bolsa durante 1 minuto, seguida de aspiração de secreção brônquica durante um máximo de 15 segundos; por fim, foi feito o reposicionamento do paciente em decúbito elevado de 30°.

Dados coletados

Todos os pacientes foram ventilados mecanicamente pelos respiradores Savina[®], Evita-2[®] ou Evita-4[®] (Dräger, Lübeck Alemanha), com capacidade de análise das curvas de pressão, fluxo e volume. As variáveis ventilatórias coletadas foram: modo ventilatório, complacência dinâmica (C_{din}), resistência do sistema respiratório (R_{sr}) naqueles pacientes ventilados em regime objetivados a volume e com fluxo quadrado, volume de ar corrente (V_T), pressão de pico inspiratório (P_{pico}) e PEEP. As variáveis hemodinâmicas e de oxigenação registradas continuamente por monitores multiparamétricos Siemens SC 7000[®] e SC 9000[®] (Siemens, Suécia) foram: FC, frequência respiratória (FR) e saturação periférica de oxigênio (SpO_2). Todos os dados foram coletados em três momentos relacionados ao protocolo de atendimento fisioterápico: (a) pré-protocolo - variáveis analisadas 1 hora antes do atendimento fisioterápico protocolar (T_{-1}); (b) pós-protocolo imediato - logo após do atendimento fisioterápico (T_0); e (c) pós-protocolo tardio - após 1 hora do atendimento fisioterápico (T_{+1}). Foram também adquiridos dados radiológicos pulmonares do dia da internação na UTI (laudados por radiologistas do serviço), causas da insuficiência respiratória aguda, doenças preexistentes e parâmetros de VM, bem como dados demográficos.

Análise estatística

Realizou-se uma análise descritiva dos dados por meio de média e desvio padrão para as variáveis quantitativas (ou mediana e intervalo interquartil), enquanto as variáveis categóricas foram expressas em frequência e percentual. Foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade de distribuição dos dados. Na análise

inferencial, com intuito de avaliar a variação entre as três medidas realizadas no mesmo paciente, foi utilizado o teste ANOVA de medidas repetidas, com as comparações múltiplas de Bonferroni para identificar qual ou quais momentos diferiram. Para a análise dos dados, foi utilizado o programa *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) 12.0; o nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS

Durante a coleta de dados, 104 pacientes foram incluídos no estudo. Cada paciente foi incluído somente uma vez na análise. A idade média dos pacientes foi de 53 ± 22 anos, e as principais causas de insuficiência respiratória foram politraumatismo (26,9%) e trauma cranioncefálico (22,1%), conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da amostra

Variáveis	N = 104
Sexo (masculino)	77 (74,0)
Idade	$53,8 \pm 22,1$
Hospital	
HMV	38 (36,5)
HPSC	66 (63,5)
Causa da insuficiência respiratória	
Politraumatismo grave	28 (26,9)
TCE	23 (22,1)
Sepse	12 (11,5)
AVE	15 (14,4)
Exacerbação de DPOC	14 (13,5)
PO grandes cirurgias	20 (19,0)
Doenças preexistentes	
Hipertensão arterial sistêmica	18 (17,3)
DPOC	14 (13,5)
Doença arterial coronariana	9 (8,7)
<i>Diabetes mellitus</i>	5 (4,8)
Alterações radiológicas	
Infiltrado pulmonar	31 (30,8)
Derrame pleural	32 (30,7)
Atelectasia	15 (21,2)
Normal	26 (17,3)
Modo ventilatório no dia da avaliação	
Volume assisto-controlado	46 (44,3)
Pressão de suporte	33 (31,7)
Pressão assisto-controlada	25 (24,0)
Óbito na UTI	36 (34,6)

HMV - Hospital Moinhos de Vento; HPSC - Hospital de Pronto-Socorro de Canoas; TCE - traumatismo cranioncefálico; AVE - acidente vascular encefálico; DPOC - doença pulmonar obstrutiva crônica; PO - pós-operatório; UTI - unidade de terapia intensiva. Resultados expressos em N (%) e média \pm DP.

A tabela 2 demonstra que ocorreu aumento da C_{din} , VC, FR e SpO_2 e redução da R_{sr} logo após a realização das manobras de fisioterapia respiratória. As alterações mantiveram-se na avaliação realizada 1 hora após o término das manobras de fisioterapia respiratória. Houve elevação imediata, porém não sustentada, da FC, conforme demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Comportamento das variáveis ventilatórias e hemodinâmicas nos três momentos da avaliação, ou seja, 1 hora antes (T_{-1}), imediatamente (T_0) e após e 1 hora (T_{+1}) da aplicação das manobras de fisioterapia respiratória

Variáveis	T_{-1}	T_0	T_{+1}
C_{din} (mL/cmH ₂ O)	$52,3 \pm 16,1^a$	$65,1 \pm 19,1^b$	$64,7 \pm 20,2^b$
VC (mL) [#]	550 ± 134^a	698 ± 155^c	672 ± 146^b
P_{Fico} (cmH ₂ O) ^{##}	$22,2 \pm 5,54^b$	$21,6 \pm 5,71^{ab}$	$21,5 \pm 5,24^a$
R_{SR} (cmH ₂ O/L/s) ^{##}	$14,2 \pm 4,63^b$	$11,0 \pm 3,43^a$	$11,2 \pm 3,68^a$
FR (mrpm)	$20,8 \pm 5,40^b$	$21,9 \pm 5,89^c$	$19,4 \pm 4,97^a$
SpO_2 (%)	$96,5 \pm 2,29^a$	$98,2 \pm 1,62^c$	$97,8 \pm 1,70^b$
FC (bpm)	$88,9 \pm 18,7^a$	$93,7 \pm 19,2^b$	$88,5 \pm 17,1^a$

C_{din} - complacência dinâmica; VC - volume corrente; R_{sr} - resistência do sistema respiratório; FR - frequência respiratória; SpO_2 - saturação periférica de oxigênio; FC - frequência cardíaca. Resultados expressos em média \pm desvio padrão. * ANOVA para medidas repetidas. ^{a,b,c} Letras iguais não diferem pelo teste de Bonferroni ($p < 0,001$). [#] Valores referentes aos 58 pacientes ventilados em regimes objetivados a pressão; ^{##} valores referentes aos 46 pacientes ventilados em regimes objetivados a volume e com fluxo quadrado.

DISCUSSÃO

Os achados deste estudo sugerem que, em pacientes dependentes de VM, significativas modificações hemodinâmicas e ventilatórias ocorrem imediatamente após a fisioterapia respiratória, porém somente as alterações ventilatórias persistem por pelo menos 1 hora.

A fisioterapia respiratória faz parte do cuidado multidisciplinar dos pacientes críticos dependentes de VM, uma vez que complicações pulmonares advindas da depressão do reflexo da tosse, diminuição do *clearance* mucociliar e aumento da produção de muco brônquico podem levar à retenção de secreção brônquica, formação de atelectasias e desenvolvimento de pneumonia nosocomial.^(2-5,17) Especialmente nos paciente intubados, sedados e dependentes de VM, as técnicas de fisioterapia respiratória facilitam a mobilização e a eliminação da secreção brônquica.^(1-3,18)

As manobras fisioterapêuticas consistem em técnicas manuais, posturais e cinéticas.^(1,2) As manobras convencionais são a DP, a VCT, a compressão manual torácica (CMT), a HM, a aspiração traqueal (AT) e os estímulos da tosse.⁽²⁾ Quanto à DP, o posicionamento no leito auxilia na melhora da relação V/Q, aumenta os volumes pulmonares reduzindo o trabalho respiratório, minimiza o trabalho miocárdico, mobiliza e remove secreções das vias aéreas com a ajuda da ação gravitacional.⁽⁷⁾ A CMT

proporciona uma expansão pulmonar de áreas colapsadas, melhorando a relação V/Q - além de atuar como estímulo facilitador da mobilidade torácica que pode estar diminuída.⁽¹²⁾ A VCT aplicada à fase expiratória do ciclo respiratório permite um melhor esvaziamento pulmonar, facilitando a higiene brônquica.^(2,6) A HM favorece o deslocamento de secreções acumuladas nas vias aéreas e redução do *shunt* pulmonar.^(6,8-19) Esta técnica, realizada em pacientes em ventilação espontânea, visa prevenir o colapso alveolar, expandir os alvéolos colapsados, melhorar a oxigenação e a complacência pulmonar, minimizando o risco de hipoxemia, além de estimular a tosse no paciente dependente da VM.^(9,11,12) Nosso protocolo de estudo foi realizado com a aplicação de duas manobras fisioterapêuticas (VCT e HM).

Embora a maioria dos autores compare as técnicas isoladamente, protocolos que agrupem técnicas fazem parte da prática fisioterapêutica das UTI, e têm por objetivo primário a remoção de secreções respiratórias. Fink⁽¹⁴⁾ estudou, em dez pacientes ventilados mecanicamente, a aplicação alternada de técnicas de AT, DP e tapotagem, observando melhora da SpO_2 e da R_{va} em todas as sessões realizadas nos quatro dias do estudo. Mackenzie et al.⁽¹⁶⁾ aplicaram técnicas torácicas manuais em 19 pacientes e demonstraram aumento da C_{din} até 2 horas após o término da manobra. Em nosso estudo, o aumento da SpO_2 e da C_{din} , e a redução da R_{va} iniciaram logo após a realização das manobras e mantiveram-se na hora seguinte. Porém, modificações da mecânica pulmonar não ultrapassaram 30 minutos.^(8,10)

Quanto a modificações dos índices de oxigenação, Barker e Adams⁽⁵⁾ em 17 pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo, não evidenciaram diferenças na oxigenação (PaO_2) ou na ventilação alveolar ($PaCO_2$) quando comparados três protocolos de atendimento: AT *versus* AT + DP *versus* AT + DP + HM. Em nossos pacientes, medidas da SpO_2 demonstraram melhora da oxigenação imediatamente após o protocolo de fisioterapia respiratória, com duração de pelo menos 1 hora. Outros autores^(20,21) demonstraram dados semelhantes de melhora da oxigenação, porém com duração menos prolongada.

Poucos estudos⁽²⁰⁾ avaliaram as modificações da P_{pico} durante e após o tratamento fisioterapêutico. Nossos dados demonstraram redução persistente da P_{pico} após a realização do protocolo.

Estudando pacientes com desmame difícil, Hodgson et al.⁽⁹⁾ e Maa et al.,⁽¹⁹⁾ em 18 e 23 pacientes respectivamente, demonstraram melhora da C_{est} no grupo que realizou HM. Choi e Jones,⁽¹⁵⁾ em 15 pacientes com pneumonia associada à VM, confirmaram que um protocolo

de fisioterapia (HM + AT) foi capaz de aumentar a C_{est} e reduzir a R_{sr} por no mínimo 30 minutos. Já nosso estudo, que incluía a avaliação de pacientes ventilando em PSV, as alterações de complacência torácica foram demonstradas por meio da mensuração da C_{din} .

Quanto às técnicas de retirada de secreção traqueal, um protocolo que consistia de HM + DP + AT aumentou a quantidade (peso) de muco retirado.^(9,23) Mackenzie et al.⁽¹⁶⁾ mostraram que, após realização das manobras de higiene brônquica, houve redução de 20% no *shunt* intrapulmonar, aumento da C_{din} em 14% e melhora das trocas gasosas em até 2 horas após o trabalho fisioterápico. Hodgson et al.,⁽⁹⁾ em 18 pacientes mecanicamente ventilados, mostraram uma maior eliminação de secreção respiratória e um aumento de 30% na C_{din} após emprego da HM, se comparada à AT isolada. Já Unoki et al.⁽¹²⁾ não demonstraram diferenças na comparação entre essas duas mesmas técnicas em 31 pacientes em VM. Stiller et al.,⁽²²⁾ em 14 pacientes com atelectasia lobar aguda, demonstraram maior eficácia na resolução das atelectasias e melhora da oxigenação pelo protocolo que contemplava a associação de DP, VCT, HM e AT, quando comparado ao protocolo com HM e AT.

No que se refere a variações na hemodinâmica dos pacientes, Hodgson et al.⁽⁹⁾ e Paratz et al.⁽¹¹⁾ demonstraram redução de 10% da pressão arterial média quando aplicadas manobras de HM, sem alteração da FC, o que contraria nossos achados.

Ntoumenopoulos et al.⁽²³⁾ avaliaram a efetividade clínica da fisioterapia respiratória na prevenção de pneumonia em 60 pacientes dependentes de VM. Pacientes submetidos ao protocolo fisioterapêutico tiveram menor incidência de pneumonia (39% *versus* 8%; $p = 0,02$), porém este estudo não avaliou os efeitos fisiológicos das manobras. Portanto, é incerto se a melhora da mecânica respiratória proporcionada pela fisioterapia respiratória, como demonstrado em nosso estudo e em anteriores, é causa da melhora clínica ou somente está associada à mesma (por exemplo: pneumonia associada à VM). Nosso estudo não foi desenhado com esse intuito e não tem poder amostral para avaliar desfechos clínicos relevantes (por exemplo: complicações ou morte), porém foi capaz de demonstrar quais e por quanto tempo duram as modificações ventilatórias e hemodinâmicas provocadas por uma sessão de fisioterapia respiratória. Também salientamos outros pontos negativos: (a) mensuração das variáveis somente nos primeiros 60 minutos, o que não permite definir quanto tempo permaneceram as alterações da mecânica ventilatória, (b) uso de um protocolo de atendimento fisioterapêutico, o que não permitiu a avaliação individualizada de cada manobra

do protocolo e (c) heterogeneidade da amostra estudada (por exemplo: avaliação de pacientes em diferentes regimes ventilatórios), o que não permitiu a avaliação conforme o modo ventilatório empregado, conforme a causa da insuficiência respiratória (pacientes hipoxêmicos *versus* hipercápnicos), entre outras.

CONCLUSÃO

O protocolo fisioterapêutico aplicado foi eficaz em melhorar a mecânica respiratória dos pacientes dependentes de ventilação mecânica. Salienta-se que esses efeitos foram medidos após 60 minutos e permaneceram presentes na maioria dos pacientes.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the changes in ventilatory mechanics and hemodynamics that occur in patients dependent on mechanical ventilation who are subjected to a standard respiratory therapy protocol.

Methods: This experimental and prospective study was performed in two intensive care units, in which patients dependent on mechanical ventilation for more than 48 hours were consecutively enrolled and subjected to an established respiratory physiotherapy protocol. Ventilatory variables (dynamic lung compliance, respiratory system resistance, tidal volume, peak inspiratory pressure, respiratory rate, and oxygen saturation) and hemodynamic variables (heart rate) were measured one hour before (T_{-1}), immediately after (T_0) and one hour after (T_{+1}) applying the respiratory physiotherapy protocol.

Results: During the period of data collection, 104 patients were included in the study. Regarding the ventilatory variables, an increase in dynamic lung compliance ($T_{-1} = 52.3 \pm 16.1 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ versus $T_0 = 65.1 \pm 19.1 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$; $p < 0.001$), tidal

volume ($T_{-1} = 550 \pm 134 \text{ mL}$ versus $T_0 = 698 \pm 155 \text{ mL}$; $p < 0.001$), and peripheral oxygen saturation ($T_{-1} = 96.5 \pm 2.29\%$ versus $T_0 = 98.2 \pm 1.62\%$; $p < 0.001$) were observed, in addition to a reduction of respiratory system resistance ($T_{-1} = 14.2 \pm 4.63 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$ versus $T_0 = 11.0 \pm 3.43 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$; $p < 0.001$), after applying the respiratory physiotherapy protocol. All changes were present in the assessment performed one hour (T_{+1}) after the application of the respiratory physiotherapy protocol. Regarding the hemodynamic variables, an immediate increase in the heart rate after application of the protocol was observed, but that increase was not maintained ($T_{-1} = 88.9 \pm 18.7 \text{ bpm}$ versus $T_0 = 93.7 \pm 19.2 \text{ bpm}$ versus $T_{+1} = 88.5 \pm 17.1 \text{ bpm}$; $p < 0.001$).

Conclusion: Respiratory therapy leads to immediate changes in the lung mechanics and hemodynamics of mechanical ventilation-dependent patients, and ventilatory changes are likely to remain for at least one hour.

Keywords: Respiratory therapy; Respiration, artificial; Respiratory mechanics

REFERÊNCIAS

1. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: towards an evidence-based practice. *Chest*. 2000;118(6):1801-13. Review.
2. Imle PC. Percussão e vibração. In: Mackenzie CF, Ciesla N, Imle PC, Klemic N. *Fisioterapia respiratória em unidade de terapia intensiva*. São Paulo: Panamericana; 1998. p. 89-98.
3. David CM, Machado M, Vianna A, Marinho JM. Complicações da ventilação mecânica. *J Pneumol*. 2000;26(Supl 2):45-54.
4. Guglielminotti J, Desmots JM, Dureuil B. Effects of tracheal suctioning on respiratory resistances in mechanically ventilated patients. *Chest*. 1998;113(5):1335-8.
5. Barker M, Adams S. An evaluation of a single chest physiotherapy treatment on mechanically ventilated patients with acute lung injury. *Physiother Res Int*. 2002;7(3):157-69.
6. Denehy L. The use of manual hyperinflation in airway clearance. *Eur Respir J*. 1999;14(4):958-65. Review.
7. Unoki T, Mizutani T, Toyooka H. Effects of expiratory rib cage compression and/or prone position on oxygenation and ventilation in mechanically ventilated rabbits with induced atelectasis. *Respir Care*. 2003;48(8):754-62.
8. Berney S, Denehy L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int*. 2002;7(2):100-8.
9. Hodgson C, Denehy L, Ntoumenopoulos G, Santamaria J, Carroll S. An investigation of the early effects of manual lung hyperinflation in critically ill patients. *Anaesth Intensive Care*. 2000;28(3):255-61.
10. Berney S, Denehy L, Pretto J. Head-down tilt and manual hyperinflation enhance sputum clearance in patients who are intubated and ventilated. *Austr J Physiother*. 2004;50(1):9-14.
11. Paratz J, Lipman J, McAuliffe M. Effect of manual hyperinflation on hemodynamics, gas exchange, and respiratory mechanics in ventilated patients. *J Intensive Care Med*. 2002;17(6):317-24.
12. Unoki T, Kawasaki Y, Mizutani T, Fujino Y, Yanagisawa Y, Ishimatsu S, et al. Effects of expiratory rib-cage compression on oxygenation, ventilation, and airway-secretion removal in patients receiving mechanical ventilation. *Respir Care*. 2005;50(11):1430-7.
13. AARC Clinical Practice Guideline. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated adults and children with artificial airways. *American Association for Respiratory Care. Respir Care*. 1993;38(5):500-4.

14. Fink JB. Positive pressure techniques for airway clearance. *Respir Care*. 2002;47(7):786-96.
15. Choi JS, Jones AY. Effects of manual hyperinflation and suctioning in respiratory mechanics in mechanically ventilated patients with ventilator-associated pneumonia. *Aust J Physiother*. 2005;51(1):25-30.
16. Mackenzie CF, Shin B. Cardiorespiratory function before and after chest physiotherapy in mechanically ventilated patients with post-traumatic respiratory failure. *Crit Care Med*. 1985;13(6):483-6.
17. Clini E, Ambrosino N. Early physiotherapy in the respiratory intensive care unit. *Respir Med*. 2005;99(9):1096-104.
18. Rosa FK, Roese CA, Savi A, Dias AS, Monteiro MB. Comportamento da mecânica pulmonar após a aplicação de protocolo de fisioterapia respiratória e aspiração traqueal em pacientes com ventilação mecânica invasiva. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2007;19(2):170-5.
19. Maa SH, Hung TJ, Hsu KH, Hsieh YI, Wang KY, Wang CH, et al. Manual hyperinflation improves alveolar recruitment in difficult-to-wean patients. *Chest*. 2005;128(4):2714-21.
20. Clarke RC, Kelly BE, Convery PN, Fee JP. Ventilatory characteristics in mechanically ventilated patients during manual hyperventilation for chest physiotherapy. *Anaesthesia*. 1999;54(10):936-40.
21. Ciesla ND. Chest physical therapy for patients in the intensive care unit. *Phys Ther*. 1996;76(6):609-25.
22. Stiller K, Geake T, Taylor J, Grant R, Hall B. Acute lobar atelectasis. A comparison of two chest physiotherapy regimens. *Chest*. 1990;98(6):1336-40.
23. Ntoumenopoulos G, Presneill JJ, McElholum M, Cade JF. Chest physiotherapy for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med*. 2002;28(7):850-6.