

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA:
CIÊNCIAS MÉDICAS

**O USO DA PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA
DURANTE O DESMAME DA VENTILAÇÃO
MECÂNICA: UMA COMPARAÇÃO COM OS
MÉTODOS DE PRESSÃO SUPORTE E TUBO T.**

Marcelo de Mello Rieder

2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA:
CIÊNCIAS MÉDICAS

**O USO DA PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA
DURANTE O DESMAME DA VENTILAÇÃO
MECÂNICA: UMA COMPARAÇÃO COM OS
MÉTODOS DE PRESSÃO SUPORTE E TUBO T.**

Marcelo de Mello Rieder

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Regina Rios Vieira

*Dissertação de Mestrado apresentada
no Programa de Pós-Graduação em
Medicina: Ciências Médicas, para
obtenção do título de Mestre em
Medicina.*

Agradecimentos

- À Dra. Sílvia Regina Rios Vieira, pelas orientações, incentivo e dedicação à pesquisa em terapia intensiva.
- Aos professores do Curso de pós-graduação em Ciências médicas pelo aprendizado que me proporcionaram durante esses anos.
- Aos profissionais da terapia intensiva: médicos, enfermeiros, técnicos em enfermagem e demais funcionários das Unidades de Terapia Intensiva do Hospital de Clínicas e da UTI Central da Santa Casa de Porto Alegre, pela colaboração na execução deste trabalho.
- Aos meus colegas fisioterapeutas e aos professores dos cursos de fisioterapia do Instituto Porto Alegre e da Universidade Luterana do Brasil.
- À Daniela, minha maior incentivadora, por estar sempre presente.

Sumário

Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Abreviaturas	ix
1 - INTRODUÇÃO	11
1.1 - Introdução Geral	11
2 – REVISÃO DE LITERATURA	13
<i>2.1 - Aspectos Gerais</i>	13
<i>2.2 – Pressão Positiva na Via Aérea</i>	14
2.2.1 - Pressão Contínua na Via Aérea	15
2.2.2 - Máscara de EPAP	16
2.2.3 - Pressão Expiratória Positiva Final.....	17
<i>2.3 – Desmame</i>	18
2.3.1 - Métodos de Desmame	18
2.3.2 - Predizendo o sucesso do desmame	21
2.3.3 - Condução do Desmame	23
2.3.4 - Fisiopatologia da Dependência do Ventilador Mecânico	24
<i>2.4 – Hiperinsuflação Dinâmica Pulmonar</i>	25
3 – REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA	29
4 - HIPÓTESE	33
5 - OBJETIVOS	33
5.1 - Objetivos	33

5.1 - <i>Objetivo Geral</i>	33
5.2 - <i>Objetivos Específicos</i>	33
Artigo em Inglês: Positive Expiratory Pressure as a method for mechanical ventilation weaning: a comparison between the pressure support ant t-tube methods.....	34
ABSTRACT	35
INTRODUCTION	37
MATERIALS AND METHODS	39
Population and Sample	39
Data Colletion	40
Protocol	41
<i>Weaning Methods</i>	42
T-Piece.....	42
Pressure Support (PSV)	42
Expiratory Positive Airway Pressure (EPAP).....	43
Data Recording	44
<i>Criteria for Interrupting the Protocol</i>	44
Data Analysis	45
Statistical Analysis	45
RESULTS	47
Clinical Features of the Patients	46
Intrinsic PEEP	47
Work of Breathing	49
Respiratory Rate	50
Tidal Volume	53

Oxigen Saturation	55
DISCUSSION	57
CONCLUSIONS	63
REFERENCES	64
Artigo em Português: O Uso da Pressão Expiratória Positiva durante o desmame da ventilação mecânica: uma comparação com os métodos de pressão suporte e tubo t.	66
RESUMO	67
INTRODUÇÃO	69
MATERIAL E MÉTODOS	71
População e Amostra	71
Coleta de Dados	72
Protocolo	74
<i>Métodos de Desmame</i>	75
Peça T.....	75
Pressão de Suporte (PSV).....	75
Pressão Expiratória na Via Aérea (EPAP).....	76
Registro dos Dados	77
<i>Crítérios de Interrupção do Protocolo</i>	77
Análise dos Dados	77
Análise Estatística	78
RESULTADOS	79
Características Clínicas dos Pacientes	79
PEEP Intrínseca	80

Trabalho Respiratório	82
Frequência Respiratória	84
Volume Corrente	86
Saturação de Oxigênio	89
DISCUSSÃO	91
CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	100

Lista de Figuras

Figuras do Artigo em Inglês

Figure 1	Peepi – General sample analysis.....	46
Figure 2	Peepi – Subgroups COPD and non-COPD.....	48
Figure 3	Peepi – Subgroups tracheo e non-tracheo.....	49
Figure 4	Respiratory Rate – General sample analysis.....	51
Figure 5	Respiratory Rate – Subgroups COPD and non-COPD.....	52
Figure 6	Respiratory Rate – Subgruops tracheo and non-tracheo.....	52
Figure 7	Tidal Volume – General sample analysis.....	53
Figure 8	Tidal Volume – Subgruoups COPD and non-COPD.....	54
Figure 9	Tidal Volume – Subgruoups tracheo and non-tracheo.....	55

Figuras do Artigo em Português

Figura 1	Peepi – Análise geral da amostra.....	80
Figura 2	Peepi – Subgrupos DPOC e não-DPOC.....	81
Figura 3	Peepi – Subgrupos traqueo e não-traqueo.....	82
Figura 4	Frequência Respiratória – Análise geral da amostra.....	84
Figura 5	Frequência Respiratória – Subgrupos DPOC e não-DPOC.....	85
Figura 6	Frequência Respiratória – Subgrupos traqueo e não-traqueo.....	86
Figura 7	Volume de ar corrente – Análise geral da amostra.....	87
Figura 8	Volume de ar corrente – Subgrupos DPOC e não-DPOC.....	88
Figura 9	Volume de ar corrente – Subgrupos traqueo e não-traqueo.....	88

Lista de Tabelas

Tabelas do Artigo em Inglês

Table 1	Patient's Clinical Features	46
Table 2	Work of Breathing Comparison between EPAP and T-tube.....	50
Table 3	Oxygen Saturation among Methods	56

Tabelas do Artigo em Português

Tabela 1	Características Clínicas dos 40 pacientes.....	79
Tabela 2	Comparação do Trabalho Respiratório entre os métodos EPAP e tubo-t	83
Tabela 3	Saturação de Oxigênio entre os métodos	90

Lista de Abreviaturas

AARC	<i>American Association of Respiratory Care</i>
A/C	Ventilação mecânica assistida/controlada
ANOVA	análise de variância
APACHE II	<i>Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II</i>
BiPAP	<i>Bi-level positive airway pressure</i> Ventilação por dois níveis de pressão na via aérea
Bpm	Batimentos por minuto
cmH₂O	centímetros de água
COPD	<i>Chronic obstructive pulmonary disease</i>
CPAP	<i>Continuous positive airway pressure</i> Pressão positiva contínua na via aérea
CROP	<i>Index that integrates dynamic compliance, respiratory rate, arterial oxygenation and maximal inspiratory pressure.</i> Índice integrado de complacência, resistência, oxigenação e pressão
CV	capacidade vital
DPOC	doença pulmonar obstrutiva crônica
EPAP	<i>Expiratory Positive Airway Pressure</i> Pressão Expiratória Positiva na Via Aérea.
ETT	<i>Endotracheal tube</i> – tubo endotraqueal
F	freqüência respiratória
FC	freqüência cardíaca
FI₂	fração inspirada de oxigênio
HCPs	<i>Health-care professionals</i>
HCPA	Hospital de Clínicas de Porto Alegre
HP	<i>Hewlett-Packard</i>
IRC	insuficiência renal crônica
ISCMPA	Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre
J/l	Joules/litro
l/min	litros/minuto
MBP	<i>mean blood pressure</i> – pressão arterial média
mmHg	milímetros de mercúrio
Mrpm	movimento respiratório por minuto
MV	<i>Mechanical ventilation</i> – ventilação mecânica
Não-traqueo	não-traqueostomizados
Non-tracheo	<i>non tracheostomized</i> – não traqueostomizados
PaCO₂	pressão parcial de dióxido de carbono arterial

PAD	pressão arterial diastólica
PAM	pressão arterial média
PaO₂	pressão parcial de oxigênio arterial
PAP	pressão positiva na via aérea
PAS	pressão arterial sistólica
PEP	pressão expiratória positiva
PEEP	<i>Positive end-expiratory pressure</i> Pressão Expiratória Final Positiva
PCR	parada cardiorrespiratória
Pdi	pressão diafragmática
Pdimax	pressão diafragmática máxima
Pimax	pressão inspiratória máxima
PIP	pressão de pico inspiratório
PSV	pressure support ventilation – ventilação de pressão suporte
Rr	<i>respiratory rate</i> – frequência respiratória
SARA	Síndrome da Angústia Respiratória Aguda
SaO₂	saturação periférica de oxigênio no sangue
SBP	<i>systolic blood pressure</i> – pressão arterial sistólica
SIMV	<i>synchronized mandatory intermittent ventilation</i> ventilação mandatória intermitente sincronizada
T_i	tempo inspiratório
Tracheo	<i>tracheostomized</i> – traqueostomizados
Traqueo	Traqueostomizados
TOT	tubo orotraqueal
T_{TOT}	tempo total
UTI	unidade de terapia intensiva
V_E	volume minuto
VM	ventilação mecânica
VMC	ventilação mecânica controlada
V_T	tidal volume - volume da ar corrente
VVM	ventilação voluntária máxima
WOB	<i>Work of breathing</i> - trabalho da respiração
WOB_{paciente}	trabalho respiratório do paciente
WOB_{total}	trabalho respiratório total
WOB_{mecânico}	trabalho respiratório do ventilador mecânico

Nota: Várias siglas foram mantidas conforme a língua inglesa, bem como a sua definição, por serem assim conhecidas universalmente.

1 - INTRODUÇÃO

1 - Introdução Geral

As técnicas de Pressão Expiratória Positiva utilizam-se da pressão expiratória na via aérea com o objetivo de aumentar o gradiente de pressão transpulmonar e melhorar a expansão pulmonar com conseqüente melhora na oxigenação (1, 2). São elas divididas em Pressão Expiratória Final Positiva (*Positive End-Expiratory Pressure* – PEEP), Pressão Contínua nas Vias Aéreas (*Continuous Positive Airway Pressure* – CPAP) e Pressão Expiratória na Via Aérea (*Expiratory Positive Airway Pressure* – EPAP) (2, 3). Na PEEP há a manutenção da pressão alveolar acima da pressão atmosférica ao final da expiração durante a ventilação mecânica. A CPAP é a pressão positiva durante todo o ciclo de ventilação aplicada à via aérea. A EPAP é ofertada por de uma resistência somente expiratória, mas, de uma forma totalmente espontânea, sem o auxílio do ventilador mecânico. A PEEP e a CPAP são empregadas tradicionalmente durante o processo de ventilação mecânica. A EPAP é descrita na literatura somente como técnica de desobstrução brônquica e expansão pulmonar, não havendo relatos de seu emprego como técnica de desmame (3).

O desmame da ventilação mecânica tem sido descrito como o processo de retirada gradual e progressiva do suporte ventilatório associado com a retomada da ventilação espontânea. Apesar de a maioria dos pacientes utilizar a ventilação mecânica por curtos períodos, um número significativo requer ventilação por um

período mais prolongado, não tolerando o desmame. O aumento do tempo de ventilação mecânica aumenta o risco de outras complicações relacionadas ao processo, assim como eleva os custos hospitalares (3, 4) Diferentes técnicas de desmame são empregadas com o objetivo de torná-lo rápido e eficaz. Entre elas temos: a redução da pressão suporte e o emprego do tubo-t que tem sido consideradas à ventilação mandatória intermitente sincronizada (*Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation – SIMV*) (5, 6).

Os três mecanismos mais importantes na causa do insucesso do processo de desmame são as alterações do comando respiratório, de oxigenação e da carga excessiva imposta aos músculos respiratórios (7). No que se refere à sobrecarga muscular a limitação do fluxo expiratório, por broncoespasmo ou secreção, é causa do mecanismo de hiperinsuflação dinâmica que, por sua vez, é responsável pelo aumento do esforço respiratório desses pacientes (8). Alguns trabalhos sugerem que a aplicação de PEEP externa durante a ventilação mecânica minimiza os efeitos de hiperinsuflação e diminui o trabalho respiratório do paciente (9). Não há relatos da utilização de EPAP na redução da PEEP intrínseca durante o desmame.

O objetivo deste trabalho é verificar se a utilização da pressão expiratória positiva na via aérea (EPAP) apresenta benefícios na redução da hiperinsuflação dinâmica com redução do trabalho respiratório e melhora da oxigenação em pacientes submetidos ao processo de desmame da ventilação mecânica.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Aspectos Gerais

A porcentagem de pacientes que recebem suporte ventilatório equivale a aproximadamente 20 a 60 % dos pacientes criticamente enfermos, sendo que a sobrevivência após este período depende tanto da severidade da doença como na extensão das complicações relacionadas ao processo ventilatório (10, 11).

Na maioria dos pacientes que necessitam da ventilação mecânica, o processo de descontinuidade do suporte ventilatório, chamado desmame, é fácil e rápido. Entretanto, nos pacientes que particularmente requerem ventilação com suporte prolongado, o desmame pode ser dificultado. Tanto os custos hospitalares como o tempo de internação aumentam, especialmente porque o tempo de desmame pode ser maior do que 40 % do tempo total de ventilação mecânica. Essa porcentagem pode aumentar se ainda o paciente estiver em processo de resolução de uma doença pulmonar associada.

A descontinuidade da ventilação mecânica juntamente com a extubação deve ser realizada tão logo o paciente consiga manter a via aérea protegida e a ventilação espontânea adequada (3). Porém, em pacientes com falência respiratória aguda e em condições clínicas graves, esse processo pode apresentar algumas dificuldades, especialmente em função de características pertinentes à doença de base, sendo o processo mais demorado e necessitando de uma “estratégia de desmame” (4).

Existe uma série de processos envolvidos no manejo dos pacientes que

Revisão de Literatura

estão retomando a ventilação espontânea a partir da correção da doença de base e do motivo pelo qual esse paciente foi submetido à prótese ventilatória. Entre eles:

- 1) entendimento da doença de base com associada ou não correção da doença que levou o paciente ao período de ventilação mecânica;
- 2) avaliação de parâmetros, técnicas e procedimentos para a descontinuidade do ventilador mecânico;
- 3) identificação dos pacientes que necessitam de um suporte ventilatório mecânico em alguns períodos, com o objetivo de diminuir complicações respiratórias especialmente aquelas relacionadas com o aumento do trabalho muscular respiratório.

2.2 – Pressão Positiva na Via Aérea

A Pressão Positiva na Via Aérea (*Positive Airway Pressure – PAP*) é utilizada desde aproximadamente 1930 como um instrumento para melhorar a oxigenação, aumentar os volumes pulmonares e reduzir o retorno venoso em pacientes com falência congestiva esquerda. Mais recentemente foi introduzida como forma de mobilizar secreções pulmonares principalmente em pacientes com fibrose cística (12, 13).

As formas de pressão expiratória conhecidas e definidas pela Associação Americana de Terapeutas Respiratórios (*American Association for Respiratory Care – AARC*) são: Pressão Expiratória Contínua na Via Aérea (*Continuos Positive Airway Pressure – CPAP*) e Pressão Positiva Expiratória (*Positive Expiratory Pressure – PEP*). A PEP, por sua vez é subdividida em Pressão Expiratória Positiva na Via

Revisão de Literatura

Aérea (*Expiratory Positive Airway Pressure* – EPAP) e Pressão Expiratória Positiva Final (*Positive End-Expiratory Pressure* – PEEP). A principal diferença entre a EPAP e a PEEP é que a EPAP é administrada em ventilação espontânea e ventilação não-invasiva e a PEEP é realizada durante a ventilação mecânica invasiva.

Algumas evidências recentes sugerem que a CPAP e EPAP são igualmente efetivas no tratamento de atelectasias pós-operatórias, com o objetivo de expansão pulmonar e mobilização de secreções pulmonares (1, 2).

2.2.1 – Pressão Contínua na Via Aérea

A CPAP eleva e mantém a pressão alveolar e a pressão na via aérea ao longo de todo o ciclo respiratório. Isso aumenta o gradiente de pressão transpulmonar tanto na inspiração quanto na expiração. O paciente que realiza CPAP respira em um circuito pressurizado que mantém uma pressão de 5 a 20 cm H₂O. Para que exista esse circuito é necessária uma fonte de gás com fluxo inspiratório.

Os efeitos fisiológicos da CPAP são: recrutamento alveolar com aumento da capacidade residual funcional (CRF); diminuição do trabalho respiratório em função do aumento da complacência pulmonar; melhora da redistribuição ventilatória através da ventilação colateral e aumento da remoção de secreções respiratórias (1).

Ricksten e Andersen estudaram os efeitos do uso da CPAP para expansão pulmonar e mobilização de secreções pulmonares em pacientes pós-operatórios de cirurgia abdominal, observando uma redução das atelectasias e

aumento da oxigenação (14, 15)

A utilização de CPAP é descrita também em pacientes com edema pulmonar cardiogênico auxiliando na estabilidade cardiovascular por meio do mecanismo de diminuição do volume vascular central e melhora na oxigenação arterial e trabalho respiratório (11).

As principais complicações descritas na utilização da CPAP são aquelas causadas pelo aumento da pressão do sistema, podendo causar hipoventilação e hipercapnia. Também a distensão gástrica pode ocorrer especialmente em pressões acima de 15 cm H₂O, ocasionando vômitos e distensão gástrica especialmente nos pacientes com refluxo gastroesofágico (1).

2.2.2 – Máscara de EPAP

A máscara de pressão expiratória positiva na via aérea é proveniente da Dinamarca e foi descrita por Falk et al., em 1984, no tratamento de pacientes com fibrose cística. Esses autores observaram um aumento do volume de secreção pulmonar expectorada e melhora na tensão de oxigênio transcutâneo, quando comparada à drenagem postural, percussão e exercícios respiratórios (16). Da mesma forma a máscara de EPAP é empregada em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e prevenção de atelectasias pós-operatórias (1).

A máscara de EPAP consiste em uma válvula unidirecional, uma válvula de resistência expiratória, obtida por intermédio de molas com resistência fixa e pré-determinada, e uma máscara facial. Pode também ser conectada diretamente no tubo traqueal ou traqueostomia. É recomendada que seja utilizada de 2 a 4 vezes ao

Revisão de Literatura

dia, com frequência determinada de acordo com a resposta do paciente à terapia. Durante a sua execução devem ser monitorizados os sinais vitais, função mental, ausculta respiratória, oximetria de pulso, padrão respiratório, quantidade de secreção pulmonar, dor, dispnéia ou desconforto respiratório (1, 17).

O mecanismo de resistência expiratória também pode ser ofertado por orifícios, fluxos dependentes, sendo chamado de **Sistema PEP** ou somente **PEP**. Nesse caso, tanto o diâmetro dos orifícios quanto o fluxo expiratório interfere na resistência expiratória (1, 18). Os efeitos da PEP no Sistema Respiratório são: variação da pressão intra-alveolar, aumento da CRF, redistribuição da água extravascular, diminuição do *shunt* intrapulmonar, redução do aprisionamento de ar nos pacientes com asma e doença pulmonar obstrutiva crônica, mobilização de secreções pulmonares (em pacientes com Fibrose Cística e Bronquite Crônica), prevenção de atelectasias e também para otimizar a utilização de broncodilatadores em pacientes que necessitam de higiene brônquica (1).

2.2.3 – Pressão Expiratória Positiva Final

Quando a Pressão Expiratória Positiva é aplicada sob a forma de ventilação mecânica é chamada de Pressão Expiratória Positiva Final (PEEP). Os níveis pressóricos expiratórios ficam sempre positivos. A utilização da PEEP foi primariamente descrita como forma de terapia na melhora da oxigenação em pacientes com hipoxemia refratária. Também é utilizada nos pacientes com síndrome da angústia respiratória no adulto (SARA) e doenças pulmonares obstrutivas (19, 20).

A PEEP é uma das principais manobras para se tentar evitar o colapso

Revisão de Literatura

alveolar expiratório, desde que se trabalhe com níveis de PEEP acima da pressão crítica de colapamento, restituindo a capacidade residual funcional. A escolha do nível de PEEP depende do julgamento clínico de manter a melhor oferta de oxigênio aos tecidos e manter as melhores condições de oxigenação arterial e de reparação pulmonar (3, 21).

2.3 – Desmame

O processo de transição da ventilação mecânica para a ventilação espontânea chama-se desmame (4, 22). A partir do momento em que os pacientes ventilados mecanicamente melhoram do quadro de insuficiência respiratória é iniciado o processo de desmame. Nesse período ocorre uma redução do trabalho mecânico do respirador ($WOB_{mecânico}$) e progressivamente aumento do trabalho muscular do paciente.

2.3.1 – Métodos de Desmame

Alguns estudos têm sido realizados com a intenção de estabelecer o método de desmame que seja mais eficaz, mais rápido e com menor custo.

As opções classicamente utilizadas para o desmame de pacientes criticamente enfermos são o tubo t, a ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV), a ventilação com pressão suporte (PSV), a pressão expiratória contínua nas vias aéreas (CPAP), uma combinação desses métodos e novas abordagens, como a ventilação com volume suporte, ventilação proporcional e

Revisão de Literatura

também a ventilação não-invasiva. (10, 22)

A escolha do método utilizado para o desmame ainda é largamente opção de preferência da escolha da equipe da unidade de terapia intensiva (UTI).

Dois grandes estudos multicêntricos (Esteban et al., 1995 e Brochard et al., 1994) avaliaram qual seria o método ideal para o desmame, embora com metodologias diferenciadas no emprego do tubo t (5, 23).

Brochard et al. (1994) avaliaram 456 pacientes clínico-cirúrgicos que foram submetidos ao desmame por tubo t e extubados após 2 horas. Trezentos e quarenta e sete pacientes (76%) foram extubados com sucesso. Cento e nove pacientes que falharam no desmame foram randomizados em três métodos: tubo t, SIMV e PSV. Neste estudo, nenhuma diferença foi encontrada no tempo de duração do desmame entre o tubo t e a ventilação intermitente sincronizada, porém a ventilação com pressão suporte apresentou diminuição significativa no tempo de desmame. Os autores deste estudo concluíram que os resultados são influenciados pela estratégia de ventilação escolhida, e a utilização da pressão suporte reduz o tempo de desmame quando comparados com ventilação mandatória intermitente e tubo t (5).

No estudo realizado por Esteban et al. (1995) foram avaliados 546 pacientes clínico-cirúrgicos. Quatrocentos e dezesseis pacientes (76%) foram extubados com sucesso após um período em ventilação espontânea em tubo t. Os 130 pacientes que falharam no desmame foram randomizados em 4 novas estratégias: tubo t uma vez ao dia; tubo t ou CPAP duas vezes ou mais ao dia; redução da PSV de 2 a 4 cmH₂O no mínimo 2 vezes ao dia; SIMV com redução de 2 a 4 cmH₂O no mínimo duas vezes ao dia. Neste estudo a taxa de sucesso de desmame foi melhor no tubo t, tanto na triagem de uma vez ao dia quanto em

Revisão de Literatura

múltiplas triagens, quando comparados com SIMV e PSV. Os autores concluíram que a triagem uma vez ao dia é três vezes mais rápida do que SIMV e duas vezes mais rápida do que a PSV. (23).

Em função dos dois estudos citados anteriormente apresentarem protocolos diferentes para o tubo t, não é apropriado generalizar os resultados. Também é importante salientar que em ambos os estudos o método de SIMV foi considerado o mais longo.

Posteriormente, em 1997, também com o objetivo de investigar o processo de respiração espontânea, Esteban et al. compararam baixos níveis de pressão suporte (7 cm H₂O) com tubo t. Os achados demonstram que a taxa de não-extubação foi menor nos pacientes que utilizaram pressão suporte. Entretanto não houve diferenças entre a taxa combinada de não-extubação e reintubação, a mortalidade hospitalar e a taxa de reintubação nos dois grupos (24). O mesmo grupo de investigadores comparou o tempo de respiração espontânea prévio à extubação em 30 e 120 minutos. Os resultados demonstraram os mesmos índices de sucesso e insucesso após estes diferentes tempos em ventilação espontânea. Também as taxas de mortalidade, tanto no hospital quanto na unidade de terapia intensiva foram semelhantes (24).

Em 1999 Butler et al. publicaram uma metanálise sobre o desmame de pacientes que apresentam dificuldades em serem desmamados. Foram identificados inicialmente 667 potenciais estudos. Desses, 228 tinham desmame como foco primário, 48 envolviam modos ventilatórios durante desmame. Somente 16 estudos apresentaram o desfecho de interesse e 10 eram ensaios clínicos controlados e randomizados. Desses 10 estudos somente 4 apresentaram os critérios de seleção. Após essa intensa e sistemática revisão de literatura, selecionando artigos

Revisão de Literatura

relevantes, os autores não identificaram uma técnica superior nos métodos mais populares: tubo t, pressão suporte e ventilação mandatória sincronizada. Os resultados foram conflitantes e heterogêneos, não permitindo concluir qual é o método mais efetivo nos casos de pacientes com dificuldade de desmame (25).

A ventilação mecânica não-invasiva (*noninvasive positive pressure ventilation – NPPV*) também vem ultimamente aparecendo como estratégia de desmame. Alguns autores compararam a NPPV com PSV em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica que falharam em 2 horas de triagem em tubo t. (26, 27). Nesse ponto os pacientes foram randomizados em desmame por PSV ou extubados precocemente com suplementação de ventilação não-invasiva. Os dois grupos de investigadores observaram uma redução de mortalidade com a utilização da NPPV. No estudo de Nava e colaboradores (1994) houve mais consistentemente uma redução de pneumonias nosocomiais (risco relativo para pneumonia nosocomial = 0.07) e tempo de permanência em unidade de terapia intensiva (risco relativo para tempo de permanência = - 8.9 dias) (27).

2.3.2 – Predizendo o sucesso de desmame.

Vários índices de desempenho com critérios diferenciados tentam prognosticar o sucesso ou insucesso do desmame. Os valores registrados por esses índices, entretanto, muitas vezes têm sido obtidos numa população de pacientes não homogênea. Muitos dos índices são descritos não somente para descrever se o paciente tem ou não capacidade ser desmamado, mas também para avaliar qual o motivo que explica o insucesso do desmame. (28)

Revisão de Literatura

Os pacientes podem falhar no desmame em consequência de alteração do comando respiratório, ou mais freqüentemente como resultado de doenças neuromusculares, incluindo fadiga muscular, alterações na mecânica respiratória, alterações na troca gasosa e alterações na via aérea (4, 29, 30).

A intenção em identificação dos preditores do sucesso do desmame é tentar minimizar os efeitos deletérios para os músculos respiratórios que prolongam o tempo de ventilação mecânica. Mais ainda, a falha na extubação está associada ao aumento da mortalidade, aumento do tempo em unidade de terapia intensiva, taxa de permanência hospitalar e aumento de realização de traqueostomias (30).

Os índices preditivos mais utilizados incluem critérios clínicos mais abrangentes, como, por exemplo, características demográficas (idade, categorias de diagnósticos), sinais subjetivos (agitação, diaforese), variáveis hemodinâmicas, mas também índices mais específicos, como avaliação da mecânica respiratória, troca gasosa, resistência e força muscular respiratória (4, 20).

A utilização dos parâmetros tradicionais como a pressão máxima inspiratória (P_{imax}), volume corrente (V_t), freqüência respiratória (f), ventilação minuto (V_E) e ventilação voluntária máxima (VVM) apresentam pouco valor preditivo em determinar o desfecho no desmame (20).

Os índices integrados, como o Índice de Respiração Superficial (IRS ou Índice de Tobin) apresentam valores preditivos positivos melhores (0,84), mas ainda assim às custas de baixo valor preditivo negativo (0,44). Um exemplo disto é que muitos pacientes com doença cardiopulmonar crônica, de uma forma adaptativa, aumentam a freqüência respiratória e diminuem o volume corrente, limitando a energia gasta em cada ventilação e prevenindo a fadiga muscular respiratória (4).

Um bom prognosticador ainda é a avaliação da capacidade respiratória clínica à beira do leito, pelos componentes da equipe que conduz o desmame, durante a respiração espontânea. O desenvolvimento de taquipnéia ($f > 35$ ciclo/min), respiração paradoxal, hipoxemia, taquicardia, diaforese ou ansiedade indicam que o paciente não está preparado para assumir por completo a ventilação espontânea (29, 31).

2.3.3 – Condução do Desmame

Recentemente alguns estudos têm sido direcionados para avaliar como o processo de desmame pode ser conduzido. Três ensaios clínicos randomizados com 1042 pacientes demonstraram que protocolos conduzidos por fisioterapeutas respiratórios e enfermeiros (Health-Care Professionals – HCPs) reduzem o tempo de desmame, tempo total de ventilação e custos hospitalares (32, 33).

Ely e colaboradores (1969) publicaram os resultados de um estudo comparando um protocolo dirigido por HCPs com grupo controle, em que 151 pacientes foram removidos do ventilador mecânico 1,5 dias mais cedo que os 149 pacientes do grupo controle. O grupo intervenção apresentou 50% menos complicações relacionadas à ventilação mecânica e menor custo de internação (32).

Kollef e colaboradores (1997) utilizaram três diferentes protocolos e demonstraram que a média de duração do tempo em ventilação mecânica pode ser reduzida em 30 horas. Marelich e colaboradores (2000) demonstraram redução de 50% no tempo de ventilação mecânica quando conduzida por enfermeiras e fisioterapeutas respiratórios (34).

2.3.4 – Fisiopatologia da Dependência do Ventilador Mecânico

Os pacientes submetidos à ventilação mecânica devem iniciar o processo de desmame a partir da evidência de reversão da causa da insuficiência respiratória, da adequada oxigenação, de estabilidade hemodinâmica e da capacidade de iniciar o esforço respiratório. Nesse processo, uma avaliação cuidadosa de alguns critérios que refletem o desempenho do paciente se torna necessária para indicar o mecanismo da causa da dependência do respirador, assim como a sua resolução e a escolha do método mais adequado (3, 35).

Os mecanismos de dependência do respirador mecânico originam-se desde fatores psicológicos quanto a aspectos do controle neurológico da respiração, alterações metabólicas, fatores de disfunções cardiovasculares e mais comumente os fatores de troca gasosa e as alterações na mecânica respiratória. Frequentemente esses mecanismos acontecem juntos (36).

A principal causa da dependência ventilatória é o desequilíbrio entre o desempenho da bomba respiratória e a carga imposta a essa bomba. Esse desequilíbrio sofre influência dos mecanismos de troca gasosa e do sistema muscular respiratório (36).

O entendimento das limitações de ventilação e/ou troca gasosa é de fundamental importância para a retirada do ventilador mecânico. A ventilação mecânica substitui a bomba respiratória até os distúrbios estarem adequadamente resolvidos ou amenizados de forma que se consiga reassumir o processo de ventilação espontânea (30). Várias doenças pulmonares produzem alterações importantes no mecanismo de troca gasosa e *shunt* pulmonares. Dessa forma, alguns pacientes necessitam frações de oxigênio elevadas e pressões expiratórias

finais que mantenham a oxigenação arterial em níveis adequados (20).

Por outro lado, o processo de ventilação mecânica ocasiona dano aos músculos respiratórios, ocasionando remodelamento de sua atividade e atrofia (3, 37). Tais efeitos estão associados com o tempo de repouso em ventilação mecânica, dosagem de drogas (bloqueadoras da placa motora, paralisantes, sedativos, corticóides, entre outros), e alterações de cunho metabólico e nutricional. A fadiga muscular respiratória é um componente que evidencia uma carga excessiva imposta aos músculos respiratórios e contribui para o seu baixo desempenho na retomada da ventilação espontânea. A carga imposta aos músculos respiratórios expressa com trabalho respiratório (*Work of Breathing* -WOB) é maior em pacientes dependentes do respirador mecânico do que nos pacientes que conseguem com sucesso o desmame (29, 30).

As modificações ocorridas na mecânica ventilatória podem ser oriundas de episódios de hiperinsuflação pulmonar, ocasionadas por broncoespasmo ou presença de secreções pulmonares, que colocam os músculos respiratórios em desvantagem mecânica. A redução dos estados de hiperinsuflação pulmonar pode apresentar benefícios no desmame (3, 21).

2.4 – Hiperinsuflação Dinâmica Pulmonar

A hiperinsuflação dinâmica é definida como o aumento no volume pulmonar ao final da expiração acima do volume de relaxamento, em função das forças dinâmicas. A hiperinsuflação dinâmica é ocasionada pelo colapamento precoce das vias aéreas não permitindo que o volume corrente seja completamente exalado. A pressão alveolar (P_{alv}) permanece positiva em toda a expiração em

Revisão de Literatura

função do recolhimento elástico interno de todo o sistema respiratório. Tanto a anormalidade da mecânica respiratória quanto um inapropriado ajuste do respirador mecânico podem causar aprisionamento de ar. Esse aprisionamento de ar é mais comumente chamado de auto-PEEP ou PEEP intrínseca (PEEPi) (9, 21, 38).

Embora a PEEPi usualmente implique em hiperinsuflação dinâmica, as duas situações não são sinônimos. O volume pulmonar pode ser normal na situação de persistência de fluxo expiratório causada pela atividade dos músculos abdominais. Como consequência a pressão alveolar será positiva, e o gradiente de pressão alveolar para pressão de via aérea central produzirá *PEEPi sem distensão pulmonar* (11).

Em condições de altas pressões inspiratórias ou severa obstrução do fluxo aéreo, os pulmões não têm tempo suficiente durante a expiração para exalar completamente e atingir o volume de relaxamento. Como resultado, o fluxo pulmonar permanece no final da expiração direcionado pela diferença entre a pressão do alvéolo e da via aérea causando *hiperinsuflação dinâmica sem limitação de fluxo* (3).

A maioria dos pacientes com insuficiência respiratória por exacerbação aguda do fluxo aéreo (obstrução) apresenta colapso dinâmico das vias aéreas e limitação ao fluxo durante a expiração. Durante a exalação, a pressão intramural dos segmentos colapsáveis caem até ela tornar-se mais baixa ao redor. Nesse momento os segmentos colapsam. Nessa situação, o aumento do esforço expiratório simplesmente aumenta a pressão alveolar sem melhorar o fluxo expiratório, ocasionando a hiperinsuflação dinâmica com limitação de fluxo (39).

A PEEPi pode ser mensurada de 2 formas: pela técnica de oclusão da via aérea no final da expiração (*End-expiratory airway occlusion technique* - EEO) e pela mensuração do fluxo e pressão pleural (8).

Revisão de Literatura

A *técnica de oclusão da via aérea no final da expiração* pode ser realizada manualmente na saída da válvula expiratória nos últimos 0,5 segundos da expiração. Assim a pressão das vias aéreas aumenta de um nível de pré-oclusão até atingir um platô. A PEEPi é dada pela diferença entre a pressão platô e a PEEP ajustada no respirador. Acredita-se que o valor medido seja o valor médio dentro de um pulmão não-homogêneo, caracterizado por diferenças regionais das propriedades mecânicas.(40). A mensuração pode ser facilmente obtida por meio de respiradores mecânicos que apresentem a opção de pausa expiratória manual (como por exemplo, no Servo 900C ou 300) ou com opções de *hardware* e *software* que calculem diretamente a PEEPi (8, 9).

A outra forma de mensuração da PEEPi é pela leitura dos valores de fluxo, pressão na via aérea e pressão esofágica durante a respiração espontânea. Esse método requer a colocação de um balão esofágico para estimativa da pressão pleural. A redução da pressão esofágica requerida para trazer o fluxo expiratório ao ponto de fluxo zero representa a PEEPi dinâmica. A presença de um longo tempo entre o início da queda da pressão pleural e o início do fluxo inspiratório tem sido interpretada como hiperinsuflação dinâmica. A PEEP intrínseca dinâmica reflete o menor valor regional de PEEP dentro dos pulmões e subestimar a PEEP estática em presença de importantes desigualdades de constante de tempo (3).

A PEEPi tende a diminuir o débito cardíaco, diminuindo a perfusão muscular e contribuindo para a disfunção muscular respiratória. Além do mais, a presença de PEEPi aumenta a carga de trabalho imposta à musculatura respiratória durante a respiração espontânea e dificulta o disparo nos modos assistidos durante a ventilação mecânica. Dessa forma, durante a ventilação assistida, o esforço total necessário para o disparo não corresponde a pressão negativa imposta ajustada na

Revisão de Literatura

sensibilidade. Claramente, altos níveis de PEEPi, especialmente em pacientes com DPOC ou Asma, podem aumentar a magnitude do esforço respiratório. Alguns estudos sugerem que a PEEPi corresponde à aproximadamente 40%, em média, do trabalho respiratório total (*Work of Breathing* - WOB_{total}) em pacientes com DPOC e dependentes do respirador mecânico (3, 38).

Como uma adaptação intrínseca à doença, os pacientes com DPOC realizam a respiração com os lábios semicerrados (*pursed-lips*) como um procedimento simples para prevenir o colapso precoce das vias aéreas. Esse fenômeno é o mesmo princípio da resistência expiratória dos circuitos de PEP.

A aplicação de pressão expiratória externa pode combater a presença do auto-PEEP mediante deslocamento dos pontos de igual pressão para regiões mais centrais pulmonares, mantendo os níveis pressóricos no final da expiração e diminuindo a oclusão das vias aéreas de menor calibre (1, 40, 41).

Alguns estudos já demonstraram que a aplicação de PEEP melhora a interação paciente-ventilador reduzindo a magnitude do esforço inspiratório necessário para o disparo. Como consequência ocorre uma redução do trabalho respiratório do paciente ($WOB_{paciente}$). No entanto o benefício depende dos fatores predisponentes à geração da PEEPi, pois a aplicação de PEEP sem evidência de limitação do fluxo expiratório pode aumentar a hiperinsuflação pulmonar e suas consequências.

3 - Referências de Revisão da Literatura

1. AARC. Clinical practice guideline: Use of positive airway pressure adjuncts to bronchial hygiene therapy. *Respir Care* 1993;38:516-521.
2. Fink JB. Positive Pressure Techniques for Airway Clearance. *Respir Care* 2002;47:786-796.
3. Tobin M, Alex C. Discontinuation of mechanical ventilation. In: Tobin, M. editor. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation*. 1 ed. New York: MacGraw-Hill; 1994. p. 1117-206.
4. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW, al. e. Evidence-Based Guidelines for Weaning and Discontinuing Ventilatory Support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest* 2001;120:375-484.
5. Brochard L, Rauss A, Benito MJ. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:896-903.
6. Esteban A, Alía L, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning. A National Survey of Spanish hospitals. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994;106:1188-1193.
7. Scanlan C, Wilkins RL, Stoller JK. Discontinuing Ventilatory Support. In: F. ED, editor. *Egan's Fundamentals of Respiratory Care*. St. Louis: Mosby; 1999. p. 771-790.
8. Smith TC, Marini JJ. Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe airflow obstruction: the effect of PEEP on auto-PEEP. *J Appl Physiol* 1988;65:1488-1499.
9. Tobin MJ, Lodato RF. PEEP, auto-PEEP, and waterfalls (editorial). *Chest* 1989;96:449-451.
10. Knobel E. Desmame da Ventilação Mecânica. In: *Conduitas no Paciente Grave*. São Paulo: Atheneu; 1994. p. 366-375.
11. Marini JJ. Positive End-Expiratory Pressure. In: *Critical Care Medicine: The Essentials*. 2 nd ed. Media, Pennsylvania, USA: Williams and Wilkins; 1997. p. 157-172.
12. Hardy KA. A review of airway clearance: New techniques, indication, and recommendations. *Respir Care* 1994;39:440-452.
13. Scanlan C, Wilkins RL, Stoller JK. Lung Expansion Therapy. In: F. ED, editor. *Egan's Fundamentals of Respiratory Care*. St. Louis: Mosby; 1999. p. 771-790.

14. Ricksten SE. Effects of periodic positive airway pressure by mask on postoperative pulmonary function. *Chest* 1986;89:774-781.
15. Andersen JB, Qvist H, Kann T. Recruiting collapsed lung through collateral channels with positive end-expiratory pressure. *Scan J Respir Dis* 1979;60:260-266.
16. Falk M, Kelsstrup M, Andersen JB. Improving the ketchup bottle method with positive expiratory pressure, PEP, in cystic fibrosis. *European Journal of Respiratory Disease* 1984;65:423-432.
17. Azeredo CAC, Knibel MF. EPAP - Pressão Positiva nas vias aéreas. Estudo de Revisão. *Rev Bras Ter Int*, 1992;4:45-48.
18. Mahlmeister MJ, Fink JB, Hoffman GL, Fifer LF. Positive-Expiratory Pressure Mask Therapy: Theoretical and Practical Considerations and a Review of the Literature. *Respir Care* 1991;36:1218-1229.
19. Gattinoni L, Pelosi P, Crotti S, Valenza F. Effects of positive end-expiratory pressure on regional distribution of tidal volume and recruitment in adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1807-1814.
20. Slutsky AS, et al. American College of Chest Physicians: ACCP Consensus Conference: mechanical ventilation. *Chest* 1993;104:1833-1859.
21. Rossi A, et al. Intrinsic Positive End-Expiratory Pressure (PEEP). *Int Care Medicine* 1996;17:577-590.
22. Darwich RN. Monitorização Respiratória durante a Ventilação Mecânica. In: *Conduas e Rotinas em Terapia Intensiva*. Rio de Janeiro: Atheneu; 2002. p. 103-111.
23. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995;332:345-350.
24. Esteban A, Alia I, Gordo F. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with t-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:459-465.
25. Butler R, Keenan S. Is there a technique for weaning the difficult-wean patient? A systematic review of the literature. *Crit Care Med* 1999;27:2331-2336.
26. Girault C, Daudenthun I, Chevron V, Bonmarchand. Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute-on-chronic respiratory failure: a prospective, randomized controlled study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:86-92.

27. Nava S, Rubini F, Zanotti E, Ambrosino N, Vitacca M. Survival and prediction of successful ventilator for more than 21 days. *Eur Respir J* 1994;7:1645-1652.
28. Sahn SA, Lakshminaryan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest* 1973;63:1002-5.
29. Menna Barreto SS, Vieira SS, Pinheiro CTS. Introdução a Ventilação Mecânica. In: Rotinas em Terapia Intensiva. 3 ed. Porto Alegre: ArtMed; 2001.
30. Manthous CA, Schmidt GA. Liberation from Mechanical Ventilation: A Decade of Progress. *Chest* 1998;114:886-901.
31. Meade MO, Guyatt GH, Cook DJ. Weaning from Mechanical Ventilation: The Evidence from Clinical Research. *Respir Care* 2001;46:1408-1414.
32. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996;335:1864-1869.
33. Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, St Prentice D, Sauer S, Ahrene TS. A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1997;25:567-574.
34. Marelich GP, Murin S, Battistela F, al. e. Protocol weaning of mechanical ventilation n medical and surgical patients by respiratory care practioners and nurses: effect on weaning time and incidence of ventilator-associated pneumonia. *Chest* 2000;118:459-467.
35. Lessard MR, L.J. B. Weaning from mechanical ventilatory support. *Clinics Chest Med* 1996;17:475-489.
36. Pierce L. Mechanical Ventilation: Indications, Basic Principles of Ventilator Performance of the Respiratory Cycle, and Initiation. In: Guide to Mechanical Ventilation and Intensive Respiratory Care. 1 ed. Philadelphia - USA: Saunders Company; 1995.
37. Le Bourdelles G, Viires N, Boezkodwski J. Effects of mechanical ventilation on diaphragmatic contractile properties in rats. *Am J Resp Crit Care Med* 1994;149:1539-1544.
38. Ninane V, Yernault JC, De Troyer A. Intrinsic PEEP in patients with chronic obstrutive pulmonary disease: role of expiratory muscles. *Am Rev Respir Dis* 1993;148:1037-1043.
39. Tobin MJ. Critical Care Medicine in AJRCCM 2000. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:1347-1361.
40. Saura P, Blanch L. How to set positive end-expiratory pressure. *Respir Care* 2002;47:279-292.

41. Tobin MS, W. P. The pattern of breathin during sucessful and unsucessful trial of weaning from mechanical ventilation. Am Rev Resp Dis 1986;134:1111-8.

4 - Hipótese

- A utilização da EPAP durante o desmame de pacientes criticamente enfermos melhora o desempenho respiratório verificado mediante redução do trabalho muscular respiratório com redução da hiperinsuflação dinâmica e da frequência respiratória e aumento da saturação de oxigênio.

5 - Objetivos

5.1 - Objetivo Geral

- Avaliar os efeitos da utilização da Pressão Expiratória Positiva na Via Aérea (EPAP) em pacientes criticamente enfermos submetidos ao processo de desmame da ventilação mecânica.

5.2 - Objetivos Específicos

- Avaliar o comportamento das variáveis respiratórias: PEEPi, trabalho muscular respiratório, frequência respiratória, volume de ar corrente e saturação de oxigênio durante a utilização da EPAP.
- Comparar os valores encontrados com o desempenho durante o desmame pelos métodos tubo t e pressão suporte.
- Analisar os valores obtidos nos subgrupos DPOC e não-DPOC, traqueostomizados e não-traqueostomizados.

POSITIVE EXPIRATORY PRESSURE AS A METHOD FOR MECHANICAL VENTILATION WEANING: A COMPARISON BETWEEN THE PRESSURE SUPPORT AND T-TUBE METHODS.

*Marcelo de Mello Rieder, Alexandre Doval da Costa,
Silvia Regina Rios Vieira*

Serviço de Medicina Intensiva
Hospital de Clínicas de Porto Alegre
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Mailing Address:

Dra. Silvia Regina Rios Vieira
Serviço de Medicina Intensiva
Hospital de Clinicas de Porto Alegre
Rua Ramiro Barcelos, 2350
Porto Alegre, RS -- Brasil -- 90035-003
Fone/Fax: 0xx (51) 3226 5716
e-mail: svieira@terra.com.br

POSITIVE EXPIRATORY PRESSURE AS A METHOD FOR MECHANICAL VENTILATION WEANING: A COMPARISON BETWEEN THE PRESSURE SUPPORT AND T-TUBE METHODS.

ABSTRACT

Introduction: The use of expiratory positive airway pressure was not suggested as a weaning technique. The EPAP can prevent the airway collapse during expiration.

Goal: This study aims to verify whether use of positive expiratory pressure in airways assists in the reduction of dynamic hyperinflation, with reduction of work of breathing and improvement of oxygenation in patients undergoing weaning from mechanical ventilation.

Material and Methods: Forty patients who need mechanical ventilation for more than 48 hours in 2 intensive care units were evaluated in a randomized cross-over study. All patients were submitted to pressure support ventilation (PSV), t-tube and EPAP method, during 30 minutes, with a rest time of 30 minutes between each method. They were monitored by VenTrack (Novamatrix, EUA). All examined variables measured in time 1, 15 and 30, were: intrinsic PEEP (PEEP_i), work of breathing (WOB_{total}), respiratory rate (f), tidal volume (V_t) and arterial oxygen saturation (SaO₂). A general analysis of the entire sample (n=40) was performed and divided in COPD (n= 14) and non-COPD subgroups (n=26), tracheostomized (n=15)

and non-tracheostomized subgroups (n=25). Comparison were done by one way analysis (ANOVA) and t-test. The level of significance was 95%.

Results: PEEPi COPD and non-COPD time 1 (0.014 ± 0.03 versus 0.17 ± 0.38 cmH₂O) and time 15 (0.042 ± 0.13 versus 0.41 ± 0.78 cmH₂O) ($p < 0.05$). For non-tracheo subgroup, in PSV15 (0.26 ± 0.5 cm H₂O) and EPAP15 ($0,02 \pm 0.07$ cm H₂O) methods, likewise PSV 30 (0.21 ± 0.4 cm H₂O) and EPAP 30 (0.02 ± 0.1 cm H₂O) methods ($p < 0.05$). For tracheo vs non-tracheo, in EPAP time 1 (PEEPi tracheo 0.58 ± 0.94 cm H₂O; PEEPi non-tracheo 0.08 ± 0.28 cmH₂O) and time 15 (PEEPi tracheo 0.91 ± 2.06 cm H₂O; PEEPi non-tracheo 0.02 ± 0.07 cmH₂O) ($p < 0.05$). Differences found demonstrated greater work of breathing in EPAP when compared to t-tube in all groups ($p < 0.05$). Respiratory rate was significantly higher in EPAP method in the non-COPD and non-tracheo subgroup (time 1, 15 e 30). The SaO₂ was higher in the PSV subgroup comparing with t-tube in the entire sample ($p < 0.05$).

Conclusions: The EPAP did not showed reduction in PEEP in the entire sample analysis, COPD , non-COPD and tracheostomized subgroups. There was a reduction in PEEPi in non-tracheostomized group. There was an increase in WOB_{total} with the use of EPAP. In this study the EPAP did not show any advantage among the others methods.

INTRODUCTION

Positive Expiratory Pressure techniques employ expiratory pressure in airways, aiming to heighten the transpulmonary pressure gradient and improve pulmonary expansion, consequently improving oxygenation (1, 2). These techniques are branched into Positive End-Expiratory Pressure (PEEP), Continuous Positive Airway Pressure (CPAP), and Expiratory Positive Airway Pressure (EPAP) (2, 3). In PEEP, alveolar pressure is maintained above atmospheric pressure at the end of expiration during mechanical ventilation (MV). CPAP involves positive pressure applied to the airways during the entire ventilation cycle. EPAP entails expiratory resistance, but in a spontaneous manner, without assistance from mechanic ventilation. Both PEEP and CPAP are traditionally employed during the MV process. EPAP is regarded in the literature as a method solely for bronchial clearing and lung expansion. It was not suggested as a weaning technique (3).

Mechanical ventilation weaning has been described as the process of gradual and progressive removal of ventilation support, followed by the return to spontaneous ventilation. Though most patients are on MV for short periods of time, a significant number rely on ventilation for longer and are intolerant to weaning. Extended periods on MV increases the risk for other related complications, elevating hospital costs as well (3, 4). Various weaning techniques are employed in order to lead to a quicker and more efficient process. Among them we have: pressure support reduction (PSV) and T-tube who are considering preferred over Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV) (5, 6).

The three most important mechanisms causing unsuccessful weaning are alterations in respiratory drive, oxygenation and excessive load imposed on respiratory muscles (7). Regarding muscular overload, limitation of expiratory flow due to bronchial spasm or secretion is responsible for dynamic hyperinsufflation, which causes increased respiratory effort in these patients (8). Some studies suggest that the application of external PEEP during MV minimizes hyperinsufflation effects and reduces work of breathing (9). There is no evidence of EPAP use in intrinsic PEEP reduction during weaning.

This study aims to verify whether use of positive expiratory pressure in airways assists in the reduction of dynamic hyperinsufflation, with reduction of work of breathing and improvement of oxygenation in patients undergoing weaning from mechanical ventilation.

MATERIALS AND METHODS

Population and Sample

This study took place between January 2001 and July 2002, in the Intensive Care Unit (ICU) of the Hospital de Clinicas de Porto Alegre (HCPA) and in the ICU of the Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre (ISCOMPA). The sample was composed of 40 critically ill patients who had been on MV for over 48 hours. Patients considered fit for weaning were selected by ICU physicians based on routinely applied ICU criteria: improvement or resolution of the cause of respiratory failure, adequate gas exchange, indicated by $PaO_2 / FiO_2 \leq 200$ or PaO_2 greater than 60 mmHg, $SaO_2 \geq 90\%$, $FiO_2 \leq 0.40$, with PEEP ≤ 5 cmH₂O; Glasgow Coma Score greater than or equal to 13; axilar body temperature $\leq 38^\circ$ C; hemoglobin above 10 g/dl; $rr > 35$ breaths/min, V_T on non-assisted breathing > 5 ml/kg, negative inspiratory force ≤ -20 cmH₂O; hemodynamic stability without the use of vasoactive drugs (dopamine, dobutamine or norepinephrine) or sedatives. Patients with hypotension (SBP < 100 mmHg or MBP < 70 mmHg) due to hypovolemia or direct cardiovascular involvement, with severe intracranial disease, with barotrauma and/or chest tube and tracheostomy, patients using vasoactive drugs (dopamine, dobutamine or norepinephrine) and those using sedatives were all excluded from the study. All participating patients signed an informed consent form, and this study was approved by the Ethics Committee of the Research and Graduate Studies of the

Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul and ISCMPA.

Data Collection

To monitor ventilatory mechanics, a Ventrak Model 1500 (Novamatrix Medical Systems, Wallingford, CT, USA) was used. This monitor processes readings obtained by the flow-sensor (Disposable Flow Sensor, cat. N^o 6038, Novamatrix Medical Systems, Wallingford, CT, USA), used for continuous measurements, positioned in two ways: (1) between the end of the endotracheal tube (ETT) and ventilator circuit Y-piece, when the patient was on MV in PS mode; (2) between the end of the ETT and the T-Piece, when the patient was breathing spontaneously or with EPAP.

The flow sensor converts gas flow into a linear signal, identifying the differences in circuit flow and pressure to be processed by the Ventrak 1500, which is attached to a compatible portable IBM computer (Fujitsu, mod. 756 DX, Japan) by its serial port, running software supplied by Novamatrix for data storage and subsequent analysis.

Pressure on the ETT was checked at the onset of Ventrak 1500 measurements, in order to avoid leakage of exhaled air which may impair the recording of variables. The Ventrak 1500 also has flow and pressure calibration software, run at the beginning of each monitoring. Calibration was performed with a 100 ml Calibration Syringe. (Model No 5510, Hans Rudolph, Kansas City, Mo., USA).

The following variables recorded by Ventrak were examined: respiratory mechanics variables such as intrinsic positive-end expiratory pressure (PEEP_i= cm

H₂O), total work of breathing ($WOB_{total} = J/l$), and ventilation variables such as tidal volume (V_T) and respiratory rate (rr =breaths/min). Graphic representation of flow, pressure and volume curves were displayed in three graphs on the same computer screen and were stored in the same format (Appendix 1).

WOB values were recorded by Ventrak and follow selection criteria that depend on whether the patient is on MV. When the patient is submitted to T-Piece or EPAP, the recorded work of breathing is performed by the patient, whereas when on PSV, recorded work of breathing is mainly done by the mechanical ventilator.

The HP Modular Multiparametric Model 66S Monitor (Hewlett-Packard USA) and Compact Monitor Eagle 1000 (Marquete Hellige Medical System, Germany) were employed for noninvasive measurements of SaO₂ and heart rate. These monitor's are routinely used in all ICU patients at HCPA and ISCMPA. All examined variables were registered in standardised form and time, specified by protocol (Appendix 2A).

A finger oximeter, placed on the patient's index finger and appropriately fitted to avoid slippage, was used to determine SaO₂. Protocol also specified hygiene of the index finger in order to avoid transmission artifact or interference in the infrared signal emission.

Protocol

This study was a cross-over randomized clinical trial. Each patient underwent three weaning methods: PSV reduction, T-piece and EPAP. The sequence in which the methods were implemented was determined by lottery and

routine ICU nursing staff applied the methods that were specified in sealed envelopes.

All patients entering the study were being ventilated either on Servo 900C or on Servo 300C (Siemens-Elcoma, Solna, Sweden) in PS, before being submitted to protocol. The following information on the patient's clinical status was registered in standard form: age, sex, APACHE Scale II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II), length of time on MV, reason for being in the ICU, reason for being on MV and medical diagnosis (Appendix 2A).

MV parameters registered previous to protocol entry included: ventilatory mode, PS level, positive-end expiratory pressure (PEEP), FiO_2 , V_T , respiratory rate and peak inspiratory pressure (PIP). The last arterial blood gas analysis, prior to protocol entry was recorded.

Weaning Methods

T-Piece

In this method, the patient was disconnected from MV and the orotracheal tube or tracheostomy was kept in place, associated to oxygenation by a T-piece. Inspiratory and expiratory efforts were made by the patient independently. Oxygen flow added to the T-piece was kept at 5 l/min.

Pressure Support (PSV)

In PS mode the patient breathed spontaneously, assisted by predetermined positive pressure added by the ventilator at each cycle, synchronous

with the patient's inspiratory effort. Pressure level was 10 cmH₂O for all patients in the study, and PEEP level was 0 cmH₂O.

Expiratory Positive Airway Pressure (EPAP)

Patients breathed spontaneously through the EPAP system. The EPAP system consisted of a T-tube with a unidirectional inspiratory valve and a spring loaded expiratory valve. Pressure was kept at 7 cmH₂O. Oxygen flow added in the inspiratory valve was the same during mechanical ventilation.

Data Recording

Variables were recorded in three phases:

- **Time 1:**

Protocol was initiated and the patient was transferred from previous ventilation parameters to the weaning method determined by the lottery. Parameters were registered one minute after the installation of the designated weaning mode.

- **Time 15:**

Time 15 recordings were made 15 minutes after measurements at minute 1 were taken.

- **Time 30:**

Time 30 recordings were made 15 minutes after measurements at minute 15 were taken.

- **Time of Respiratory Rest:**

At the end of 30 minutes of the first weaning mode, the patient was put back on mechanical ventilation for at least 30 minutes, in the same ventilation mode and according to same standards used previous to protocol. This period is meant to allow respiratory rest and to restore the previous parameters to which the patient had been exposed before the first weaning mode.

Criteria for Interrupting Protocol

Adopted criteria included signs of respiratory distress, drop in SaO₂ (< 88%), increase in respiratory rate (> 35 bpm) and *fc* (> 140 bpm), SBP > 180 mmHg or < 90 mmHg, agitation, change or reduction in the degree of alertness (10).

Data Analysis

Initially, a general analysis of the entire sample (n=40) was performed, as well as an analysis of each group in the various methods and times.

Variables were analyzed among PS, T-tube and EPAP modes at times basal, 15 and 30. This analysis was termed **intermethod**. Patient performance was also analyzed at time 1, 15 and 30 of each method. This analysis being designated **intramethod**.

Groups were divided into subgroups according to **presence or absence** of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD and non-COPD) and by type of artificial airway, **tracheostomized or non-tracheostomized**. Moreover, COPD and non-COPD groups, as well as tracheostomized and non-tracheostomized groups were compared among themselves.

Statistical Analysis

Microsoft Excel 2000 was used for data storage and Statistical Package for Social Science 10 (SPSS) for data analysis.

Results were represented in the following formats: mean \pm standard deviation (SD) in tables and standard error (SEM) in figures for continuous variables with normal distribution and in ratios for categorical variables. Comparison among PS, T-piece and EPAP weaning methods was drawn by the Student t-test and Analysis of Variance (ANOVA) for paired samples. In order to compare measurements obtained at different points in time (1, 15 and 30 minutes) within each weaning technique, ANOVA for repeated measurements, were employed. Significance level was established at $p < 0.05$.

RESULTS

Clinical Features of the Patients

Features of the patients included in this study are displayed in Table 1. The group was composed of 40 patients prospectively evaluated, of ages 57 ± 13 years, of whom 23 (57.5%) were male.

Table 1. Patient's Clinical Features

Characteristics	No (%) / média \pm DP
Age, years	59,43 \pm 17,93
Gender	
Male	23 (57,5%)
Female	17 (42,5%)
APACHE II	13,7 \pm 10,3
VM duration, days	12,3 \pm 13,6
< 5	17 (42,5%)
5 – 10	9 (22,5%)
> 10	15 (37,5%)
COPD	14 (35%)
Non-COPD	26 (65%)
Tracheostomized	15 (37,5%)
Non-Tracheostomized	25 (62,5%)
Etiology of Respiratory Failure	
ARDS	10 (25%)
APE	8 (20%)
COPD	8 (20%)
Coma	4 (10%)
Pneumonia	3 (7,5%)
Post-op	3 (7,5%)
PCR	3 (7,5%)
Guillain-Barré Syndrome	1 (2,5%)

APACHE = Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II; MV = mechanical ventilation; ARDS = Acute Respiratory Distress Syndrome; APD = acute pulmonary damage; APE = acute pulmonary edema; COPD = chronic obstructive pulmonary disease; CRF = cardio-respiratory failure.

MV parameters before the patients entered the protocol were the following: PS = 12 ± 3 cmH₂O, PEEP = 5 ± 1 cmH₂O, FiO₂ = 38 ± 2 , V_T = 525 ± 155 ml, *f* = 20 ± 5 rpm.

Arterial blood gas analysis done within the hour previous to entering the protocol showed: pH = 7.43 ± 0.2 , PaCO₂ = 35 ± 8 , HCO₃ = 24 ± 2 , PaO₂ = 96 ± 15 , e SaO₂ = $97 \pm 3\%$.

Intrinsic PEEP

Total group:

PEEPi values observed in the 40 patients (general sample analysis) did not display statistically significant alterations, as shown in Figure 2.

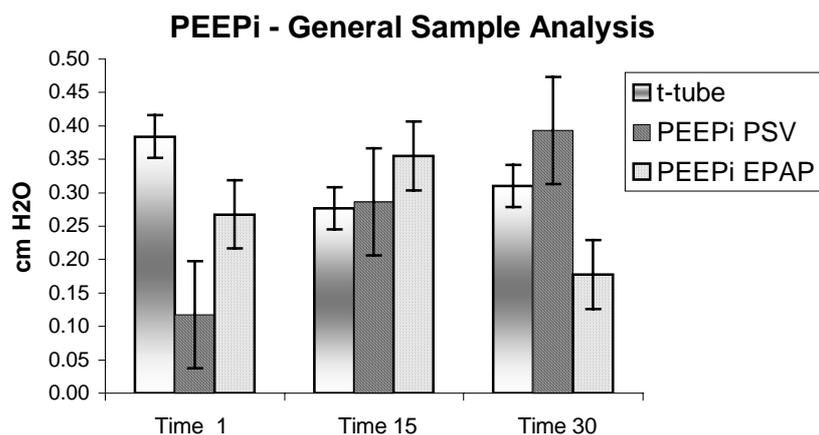


Figure 2. PEEPi behavior during the various methods. Values expressed in means and standard deviations. There were no significant differences among methods and intramethods in the general sample analysis.

COPD and non-COPD groups:

No significant differences were found in the intermethod and intramethod analyses for the COPD and non-COPD subgroups. However, upon comparison of PEEPi behavior between the COPD and non-COPD subgroups, significant variation was observed ($p < 0.05$) at time 1 (0.014 ± 0.03 versus 0.17 ± 0.38 cmH₂O) and time 15 (0.042 ± 0.13 versus 0.41 ± 0.78 cmH₂O) during the implementation of the PS method, as noted in Figure 3.

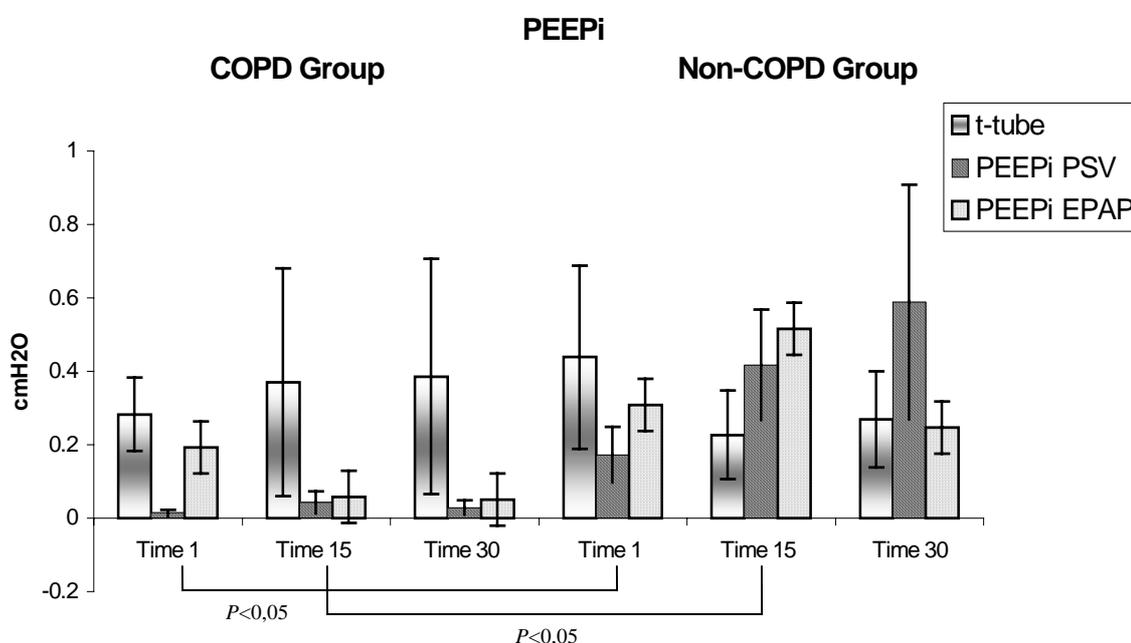


Figure 3. PEEPi behavior during the various methods for COPD and non-COPD subgroups. Values expressed in means and standard error. There were no significant differences between methods and intramethods. Significant variation was seen for the PS method when COPD and non-COPD groups were compared.

Tracheostomized and non-tracheostomized groups:

Analysis of the tracheostomized patient subgroup did not reveal a significant difference. In the non-tracheostomized subgroup, a significant difference ($p < 0.05$) was found during times 15 and 30 and in the PS15 (0.26 ± 0.5 cm H₂O) and EPAP15 (0.02 ± 0.07 cm H₂O) methods, as well as in the PS30 (0.21 ± 0.4 cm H₂O) and EPAP30 (0.02 ± 0.1 cm H₂O) methods. Comparison between tracheostomized

and non-tracheostomized subgroups revealed differences ($p < 0.05$) in EPAP at time 1 (PEEPi Tracheo 0.58 ± 0.94 cm H₂O; PEEPi non-tracheo 0.08 ± 0.28 cmH₂O) and time 15 (PEEPi Tracheo 0.91 ± 2.06 cm H₂O; PEEPi non-tracheo 0.02 ± 0.07 cmH₂O) (Figure 4).

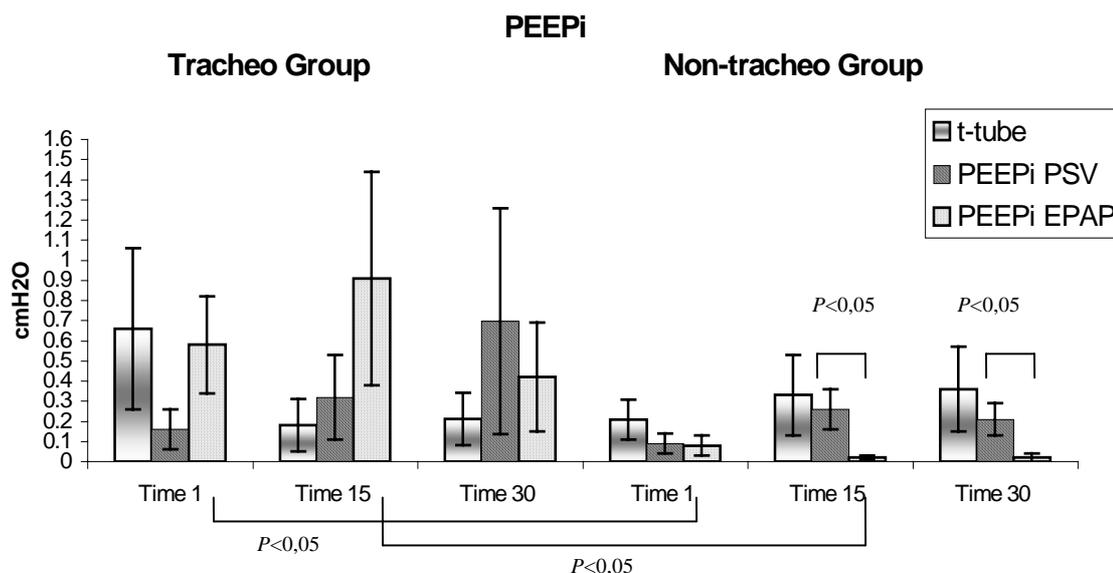


Figure 4. PEEPi behavior during the various methods for tracheo and non-tracheo subgroups. Values expressed in means and standard error. There were no significant differences between methods and intramethods. There was significant variance between PS and EPAP methods in analysis of the non-tracheostomized group, as well as upon comparison of tracheostomized and non-tracheostomized groups for the EPAP method during the initial time and minute 15 ($p < 0.05$).

Work of Breathing:

Entire Group:

Comparison and analysis of respiratory work were only performed for the EPAP and T-tube methods. Differences found demonstrated greater work of breathing in EPAP when compared to t-tube in all groups, as seen in table 2. Intramethod variations were not statistically significant.

COPD versus non-COPD and tracheostomized versus non-tracheostomized groups:

There were no significant differences between COPD and non-COPD or tracheostomized and non-tracheostomized groups in regards to work of breathing

Table 2. Work of Breathing Comparison between EPAP and T-tube.

Respiratory Work	Entire Sample	COPD	Non-COPD	p^a	Tracheo	Non-Tracheo	p^b
<i>EPAP 1</i>	0.86±0.43	0.86±0.42	0.86±0.44	NS	0.76±0.38	0.92±0.45	NS
<i>T-Tube 1</i>	0.25±0.26	0.24±0.37	0.26±0.20	NS	0.20±0.18	0.29±0.30	NS
p^c	< 0.001	< 0.01	< 0.001		< 0.001	< 0.001	
<i>EPAP 15</i>	0.99±0.66	0.91±0.31	1.03±0.79	NS	1.1±0.84	0.93±0.52	NS
<i>T-Tube 15</i>	0.26±0.25	0.21±0.23	0.28±0.25	NS	0.23±0.28	0.27±0.23	NS
p^c	< 0.001	< 0.001	< 0.001		< 0.001	< 0.001	
<i>EPAP 30</i>	1.02±1.3	0.75±0.30	1.17±1.62	NS	1.33±2.08	0.84±0.49	NS
<i>T-tube 30</i>	0.26±0.35	0.24±0.31	0.27±0.37	NS	0.24±0.43	0.27±0.29	NS
p^c	0.001	< 0.001	< 0.01		< 0.05	< 0.001	

COPD=Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Non-COPD=absence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Tracheo=patients with tracheostomy; Non-Tracheo=patients without tracheostomy; EPAP= Expiratory Positive Airway Pressure; p^a = Student t-test comparing COPD and non-COPD; p^b =t-test comparing Tracheo and non-Tracheo; p^c =t-test comparing both methods. Comparison between means and standard-deviations of EPAP and T-tube methods during times 1, 15, 30 (values expressed in cm H₂O) for purposes of general sample analysis, COPD, non-COPD, tracheostomized and non-tracheostomized groups.

Respiratory Rate:

Entire Group:

Analysis revealed statistical significance between PS and EPAP methods at times 15 ((25±7 versus 28±8 cycles/min) and 30 (26±8 versus 29±8 cycles/min). In intramethod analysis, significant difference was verified at times 1 (25±6 cycles/min), 15 (28±8 cycles/min) and 30 (29±8 cycles/min) of the EPAP method (Figure 5).

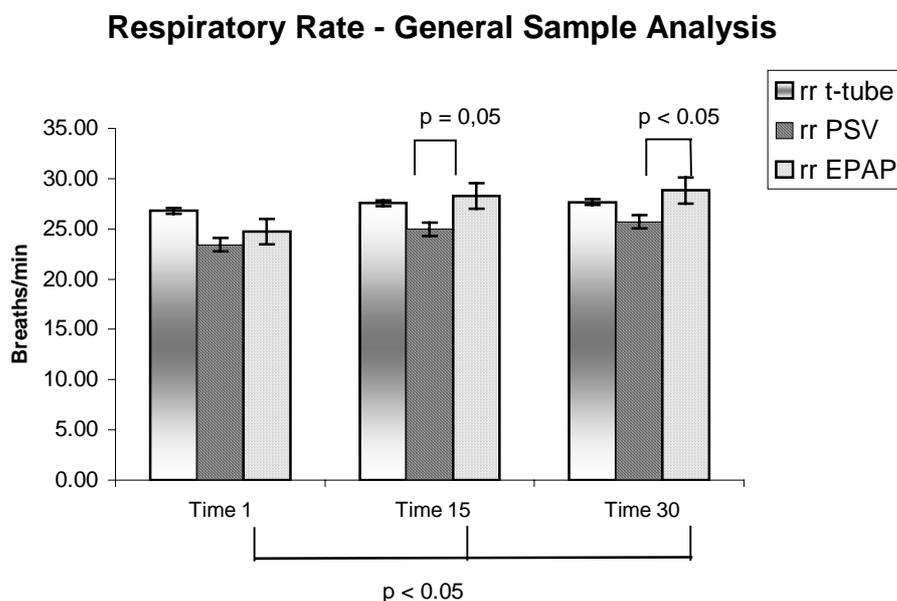


Figure 5. Respiratory rate behavior during the various methods. Values expressed in means and standard error. Significant differences between EPAP and PS method at times 15 and 30 and $p < 0.05$ at times 1, 15 and 30 intramethod EPAP.

COPD and non-COPD :

There were no significant differences in inter and intramethod analysis for the COPD and non-COPD subgroups. Nonetheless, in intramethod evaluation, respiratory rate proved significantly higher in the EPAP method at minute 1, 15 and 30. No differences were found upon comparing COPD and non-COPD groups (Figure 6).

Tracheostomized and non-Tracheostomized:

There were no significant differences in intra and intermethod for the tracheostomized group. There was significant difference in EPAP intramethod in minutes 1, 15 and 30 only in the non-tracheostomized group ($p < 0.05$). Comparison between tracheostomized and non-tracheostomized groups did not reveal significant differences (Figure 7).

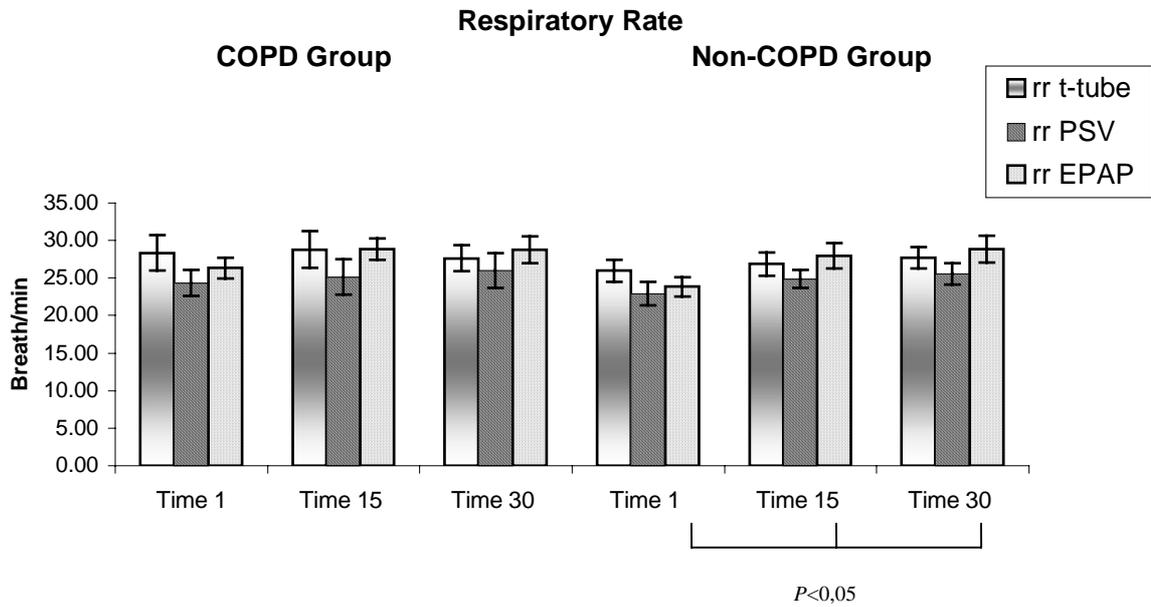


Figure 6. Respiratory Rate behavior during the various methods for COPD and non-COPD subgroups. Values expressed in means and standard-error. There were no significant differences between methods and intramethods. In the non-COPD group, no significant difference was found among t-tube, PSV and EPAP. There was a significant difference ($p < 0.05$) found in the intramethod EPAP evaluation in the non-COPD group. When compared, COPD and non-COPD groups showed no significant difference.

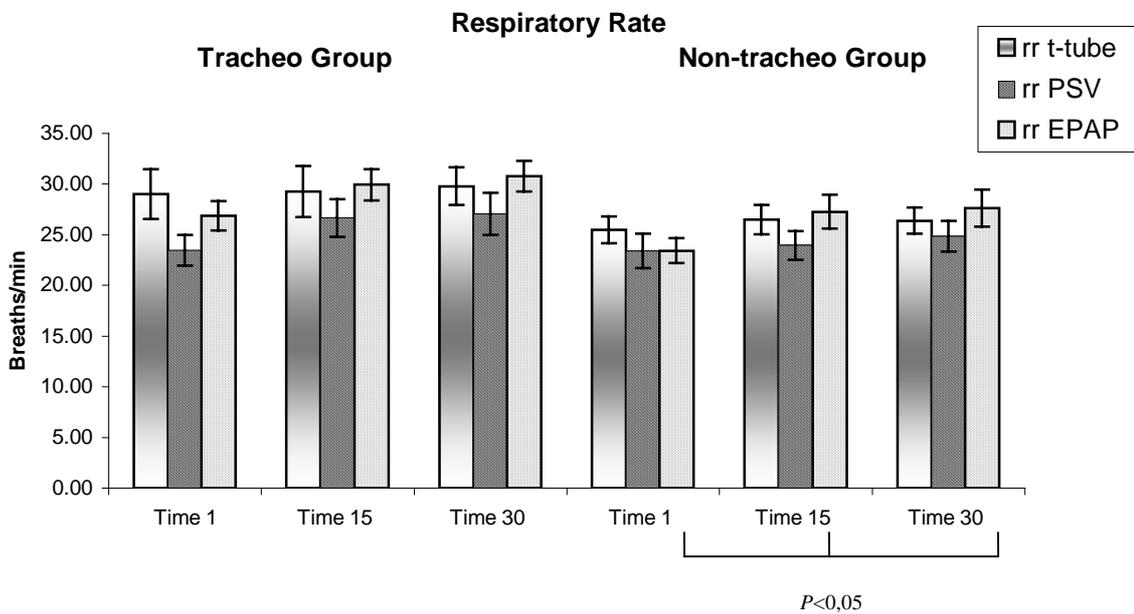


Figure 7. Respiratory Rate behavior during the various methods for tracheo and non-tracheo subgroups. Values expressed in means and standard-error. There was significant variance in the EPAP method in minutes 1, 15 and 30 for the non-tracheostomized group ($p < 0.05$).

Tidal Volume:

Entire Group:

Statistically significant differences were found between PS and EPAP methods in minute 1 (0.45 ± 0.12 vs. 0.31 ± 0.12 l/min), 15 (0.45 ± 0.12 vs. 0.29 ± 0.12 l/min) and minute 30 (0.47 ± 0.18 vs. 0.29 ± 0.13 l/min). There were also significant differences between PS and T-tube methods in minute 1 (0.45 ± 0.12 vs. 0.31 ± 0.11 l/min), minute 15 (0.45 ± 0.12 vs. 0.30 ± 0.10 l/min) and minute 30 (0.47 ± 0.18 vs. 0.32 ± 0.12 l/min), as seen in figure 8. In intramethod analysis, statistically significant differences were not found.

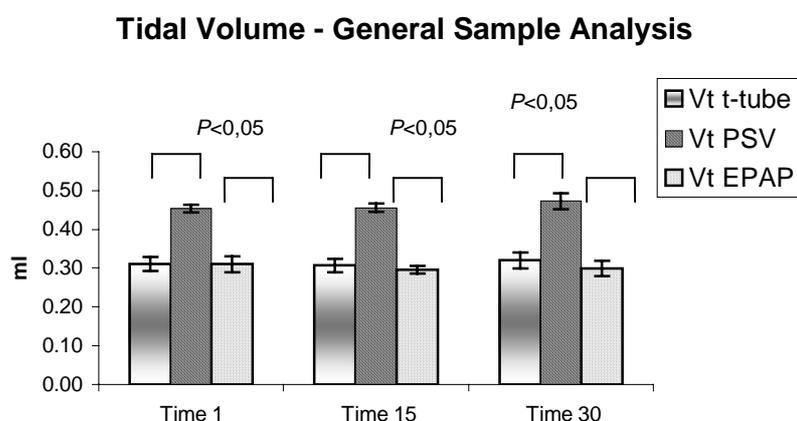


Figure 8. Tidal volume behavior during the various methods. Values expressed in means and standard-error. Significant variance between EPAP and PS methods as well as in T-tube and PS at minutes 1, 15 and 30 ($p < 0.05$).

COPD and non-COPD:

Similarly to the whole group analysis, differences proved significant among PS and EPAP, PS and T-tube methods (at minutes 1, 15 and 30) for the analysis of these two subgroups. No differences were found in the intramethod analysis, as shown in Figure 9.

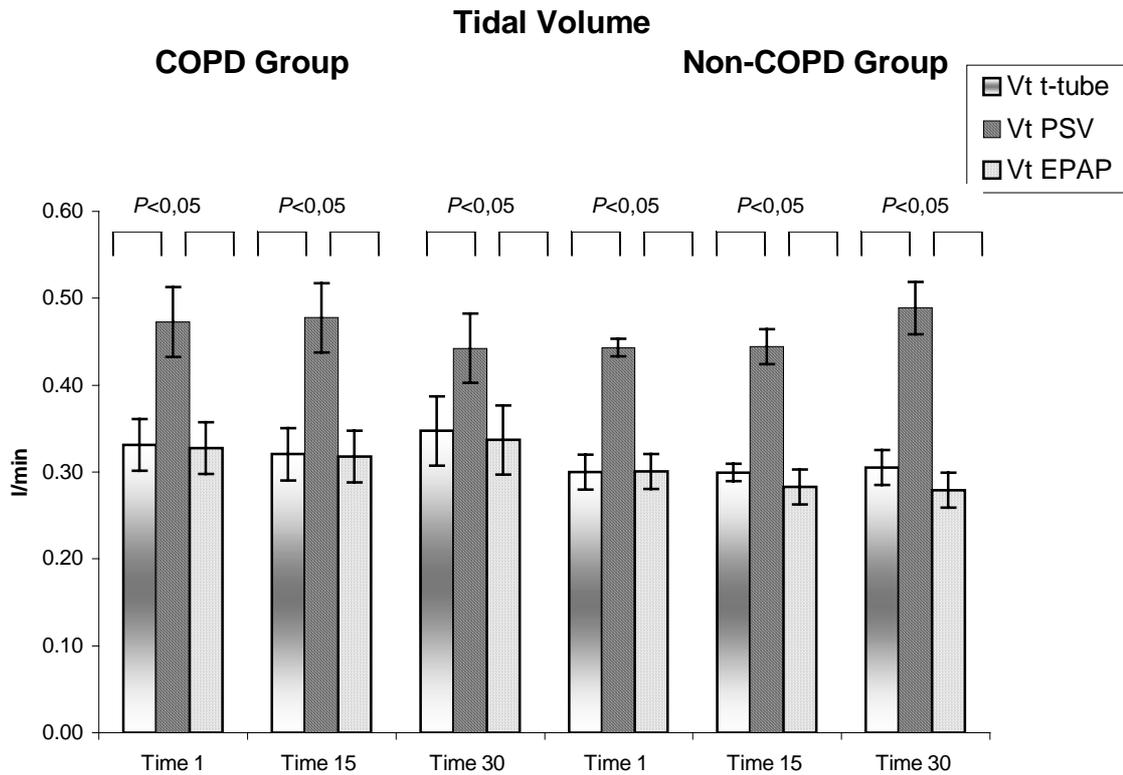


Figure 9. Tidal volume behavior during the various methods for COPD and non-COPD subgroups. Values are expressed in means and standard-error. Tidal volume behavior during the various methods for COPD and non-COPD groups. Significant variation was found among EPAP and PSV, t-tube and PSV at time 1, 15 and 30 ($p < 0.05$).

Tracheostomized and non-tracheostomized:

Differences were significant between PSV and EPAP, PSV and t-tube (at times 1, 15 and 30) in the analysis of these two subgroups. No significant difference was found intramethod analysis, as seen in figure 10.

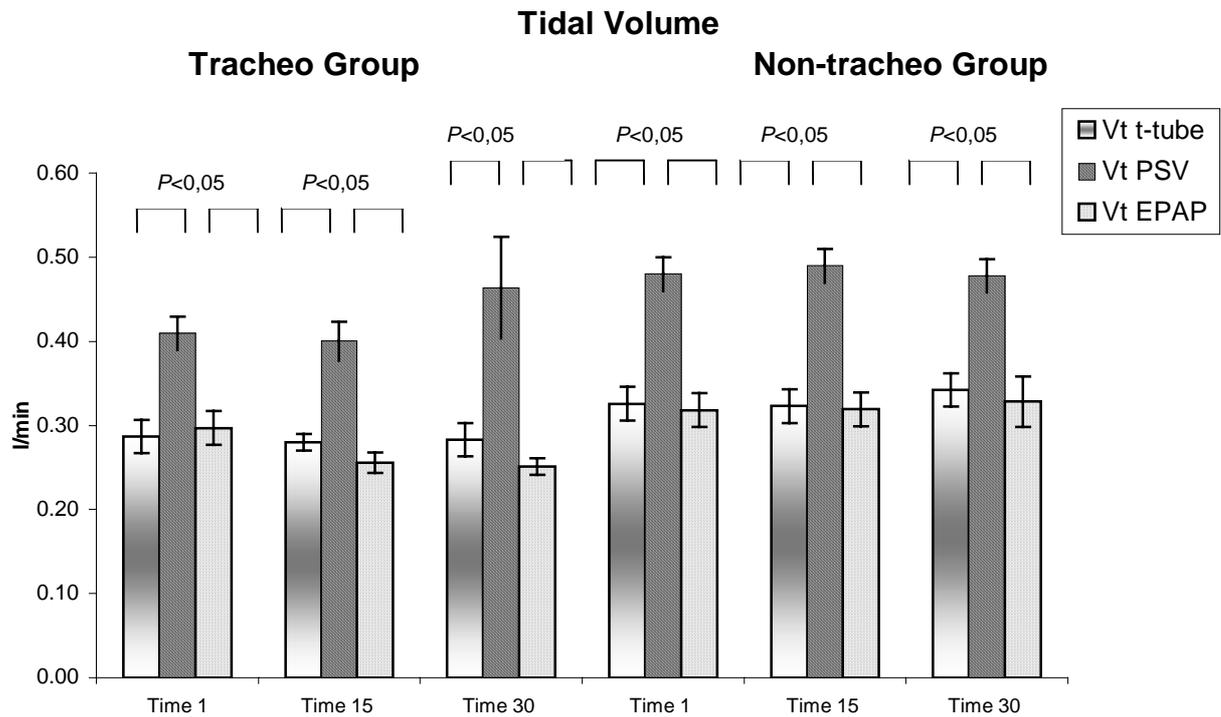


Figure 10. Tidal volume behavior during the various methods for tracheo and non-tracheo subgroups. Values are expressed in means and standard-error. Significant variation was found among EPAP and PSV, t-tube and PSV at time 1, 15 and 30 ($p < 0.05$).

Oxygen Saturation:

Entire Group:

Statistically differences were found among the entire group among t-tube and PSV methods in minute 15 ($95 \pm 3,6$ vs $97 \pm 2,3$ %) and minute 30 ($95 \pm 3,7$ vs $96 \pm 3,8$ %).

Statistically significant differences were not found intramethods regarding oxygen saturation upon analysis between PSV versus EPAP and EPAP versus t-tube.

COPD and non-COPD:

There were no statistically significant differences in the analysis of COPD patients.

Statistically differences were found among t-tube and PSV methods in minute 15 ($95\pm 3,5$ vs $97\pm 2,1$ %) and minute 30 ($95\pm 3,7$ vs $97\pm 1,6\%$) in the non-COPD subgroup.

Tracheostomized and non-tracheostomized:

Statistically differences were found among t-tube and PSV method in the tracheostomized subgroup in minute 15 ($94\pm 4,6$ vs $96\pm 2,8\%$) and minute 30 in the non-tracheostomized subgroup ($95,3\pm 2,7$ vs $96,6\pm 1,7$). Significant difference was found when EPAP in tracheostomized and non-tracheostomized groups was compared, as shown in table 3.

Table 3. Oxygen Saturation among Methods.

Oxygen Saturation	Entire Sample	COPD	Non-COPD	p^a	Tracheo	Non-Tracheo	p^b
<i>T-tube 1</i>	$95,2\pm 2,5$	$95,7\pm 2,3$	$95,0\pm 2,6$	NS	$94,2\pm 2,7$	$95,9\pm 2,2$	NS
<i>PSV 1</i>	$95,9\pm 5,1$	$96,1\pm 2,9$	$95,8\pm 6,0$	NS	$96,0\pm 2,8$	$95,9\pm 6,2$	NS
<i>EPAP 1</i>	$96,1\pm 3,0$	$96,5\pm 2,9$	$95,8\pm 3,2$	NS	$94,6\pm 3,7$	$96,9\pm 2,3$	=0,021
p^c	NS	NS	NS		NS	NS	
<i>T-tube 15</i>	$95\pm 3,6$	$94,0\pm 4,0$	$95,0\pm 3,5$	NS	$94\pm 4,6$	$95,3\pm 2,9$	NS
<i>PSV 15</i>	$97\pm 2,3$	$96,1\pm 2,7$	$97,0\pm 2,1$	NS	$96\pm 2,8$	$96,8\pm 2,0$	NS
<i>EPAP 15</i>	$94,3\pm 8,6$	$95,6\pm 4,1$	$93,5\pm 3,6$	NS	$90,7\pm 13,3$	$96,4\pm 2,5$	=0,043
p^c	= 0,01	NS	= 0,006		0,004	NS	
<i>T-tube 30</i>	$95\pm 3,7$	$94,4\pm 3,7$	$95,0\pm 3,7$	NS	$93,8\pm 4,9$	$95,3\pm 2,7$	NS
<i>PSV 30</i>	$96\pm 2,0$	$96,5\pm 2,9$	$97\pm 1,6$	NS	$96,4\pm 2,5$	$96,6\pm 1,7$	NS
<i>EPAP 30</i>	$96\pm 3,8$	$96,0\pm 4,1$	$95,3\pm 3,8$	NS	$93,8\pm 5,1$	$96,6\pm 2,4$	= 0,027
p^c	= 0,04	NS	= 0,007		NS	0,03	

COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Non-COPD = absence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Tracheo = Patients with tracheostomy ; Non-Tracheo = Patients without tracheostomy; EPAP= Expiratory Positive Airway Pressure; p^a = Student t-test comparing COPD and non-COPD; p^b = t-test comparing Tracheo and non-tracheo; p^c = Student t-test comparing PSV and t-tube; NS = not significant. Comparison between mean and standard-deviation in three methods at times 1, 15 and 30 (values expressed in cm H2O) in general sample analysis, COPD, non-COPD, tracheostomized and non-tracheostomized groups.

DISCUSSION

Results show that there are no alterations in PEEPi reduction when comparing T-tube, PS and EPAP methods both in general sample and patient subgroup analyses. EPAP and PS comparison also revealed increased respiratory muscle work. Compared as T-tube respiratory rate was greater and tidal volume was shorter when compared EPAP with PSV. No significant variation in oxygen saturation was found upon comparing the three methods.

Initially, a general sample analysis was performed, followed by division into subgroups COPD and non-COPD, tracheostomized and non-tracheostomized. The purpose of this subdivision was to analyze possible changes in the variables in concern due to varying ventilation conditions and respiratory mechanics.

It is crucial to note that the use of Expiratory Positive Airway Pressure (EPAP) had not been used, thus their effects had not been measured during the process of weaning from mechanical ventilation. The American Association of Respiratory Therapy recommends supplementary use of EPAP to mobilize secretion and treat atelectasis (4, 11). Initial reports on EPAP describe its use to clear bronchial obstruction in patients with pulmonary hypersecretion (2). Andersen et al. (1979) show the use of expiratory pressure in the airways, by way of CPAP, as a tool for re-inflation of collapsed lung areas, suggesting that CPAP may have a potential bronchial cleaning effect, followed by an increase in transpulmonary pressure (12). Falk and Andersen (1991) suggest that in treatment with Positive Expiratory Pressure, increased lung volume makes the air behind the secretions, which block small airways, assist in mobilizing these secretions. The authors suggest that the

likeliest explanation for this occurrence is that expiratory pressure improves the collateral ventilation mechanism in the lung (13).

The implementation of CPAP requires an expiratory flow system achieved by specific flow generating valves or by the mechanical respirator itself, minimizing respiratory work. However, this study intended to evaluate a low-cost spontaneous breathing system, intending to obtain effects similar to those of CPAP in terms of recruitment of pulmonary volumes and decrease of dynamic hyperinflation and patient effort (2).

Dynamic Hyperinflation:

In face of data on Dynamic Hyperinflation obtained with PEEPi measurements, we noticed no significant differences between EPAP, PS and T-tube methods, both in the general sample and patient subgroup COPD, non-COPD and tracheostomized analyses. Thus, we verified no benefit in EPAP utilization for the reduction or minimization of dynamic hyperinflation effects. Nonetheless, a significant difference was found between the EPAP and PS methods in the non-tracheostomized subgroup, regarding PEEPi value reductions in EPAP. These results suggest that the use of an external expiratory pressure for PEEPi reduction may be beneficial for the group of intubated patients.

Some authors suggest that external PEEP application may assist in decreasing dynamic hyperinflation levels, due to the reduction of auto-PEEP or intrinsic PEEP values (8, 14). Brochard et al. (2002) suggest that external PEEP minimizes the difference between the airway's alveolar and proximal pressure (15). Nonetheless, dynamic hyperinflation level is dependent on total PEEP level and is

not influenced by external PEEP when the latter is higher or lower than PEEPi(3, 9). Thus, the EPAP level administered to the sample should be previously calculated in order to be more beneficial.

In regards to PEEPi monitoring methods, it is worth highlighting that values were obtained by pressure and volume curve analysis, obtained with the Ventrak monitor in active ventilation. This method was suggested by Hoffmann et al., who used an inductance plethysmograph to verify presence of airflow limitation by increase of lung volume at the end of expiration. However, the author suggests that exaggerated respiratory muscle activity may interfere with measurements (16).

Work of Breathing:

Data analysis regarding work of breathing showed increased respiratory work in the EPAP method when compared to t-tube.

There is no literature data comparing EPAP with t-tube. We did not compare it with PSV because we have not used esophageal balloon that could separate the patient breathing work component of the mechanical ventilator component.

Work of breathing values reflect the effort needed to overcome elastic forces (compliance) of the pulmonary parenchyma and of the thoracic walls and viscous forces (resistance) attributed to the airways, lungs and thoracic wall tissues (17). Measurements can be read in patients with spontaneous, assisted or controlled breathing. Thus, WOB measurements reflect the strength of an individual's respiratory muscle in regards to the reserves needed to return to spontaneous respiration (patient work) relatively well (3, 15, 18). According to Tobin (1994),

measurement of work of breathing is quite complex and better reproduced in experimental models (3).

Literature suggests advantages of the PSV method. Brochard et al., (1987) during the application of PSV of 10 cmH₂O found tidal volume and PaO₂ increase and respiratory rate, thus demonstrating decreased respiratory effort when using pressure support (19).

In a different study, Brochard et al., (1989) compared different levels of pressure support in patients with difficulty weaning and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. The patients with PSV of 0 cmH₂O had low tidal volume, high respiratory rate and higher outcome of unsuccessful weaning. Moreover, pressure level corresponded to a decreased PaO₂, when compared to controlled ventilation. All patients in this group displayed intense activity of the accessory muscles. On the other hand, the group under 10, 15 and 20 cmH₂O levels showed, in the electromyography, diminished respiratory muscle activity (20).

Tidal volume and respiratory rate:

Data in this study leads to the observation that the support pressure method causes an increase in tidal volume compared with EPAP and T-tube. The pressure support method causes an increase in ventilation and probable decrease in the patient's work of breathing, most likely due to the pressure level provided by the mechanical ventilator. The main goal of pressure support ventilation is to adapt respiratory muscle activity so as to improve efficiency of patient effort and reduce work load to the respiratory muscles (21, 22).

During use of pressure support, patients have control over respiratory frequency and tidal volume. An interaction between the patient and the mechanical ventilator occurs, depending on the level of pressure support used. On the other hand, in EPAP and t-tube use, tidal volume is entirely dependent on spontaneous effort during the patient's entire respiratory cycle. Thus, during the mechanical ventilation process, respiratory rate may increase in order to compensate for decreased alveolar ventilation. In this study respiratory rate was higher and tidal volume was lower in the EPAP and t-tube methods comparing with PSV.

MacIntyre (1986) examined the effects of using pressure support in critical patients. In this study, a positive correlation was found between pressure support levels administered to patients with tidal volume, and a negative correlation with respiratory rate. MacIntyre suggests that the use of pressure support reduces the patient's work and relieves the feeling of dyspnea (21).

Gas Exchange Parameters:

Results of this study significant differences among methods regarding oxygen saturation values. Statistical significance was found in comparative analysis of tracheostomized and non-tracheostomized subgroups for the EPAP method. Furthermore SaO₂ was higher in PSV method comparing with t-tube.

These findings agree with those of Tobin et al. (1989), which indicate improvement in oxygen saturation in a group of patients using PSV. He suggests this occurs because of increased alveolar ventilation, which results in respiratory pattern modifications, increase in tidal volume and decreased relation between dead space

and tidal volume (9). Elevation of PS levels often results in PaCO₂ decrease and possible correction of respiratory acidosis.

Nonetheless, all methods in this study rendered acceptable values of oxygen saturation. It is important to note that, in the comparative analysis between the EPAP and t-tube methods, larger values were observed with EPAP use.

CONCLUSIONS

The EPAP did not showed reduction in PEEP in the entire sample analysis, COPD, non-COPD and tracheostomized subgroups. There was a reduction in PEEPi in non-tracheostomized group.

There was an increase in WOB_{total} with the use of EPAP when it was compared with t-tube. There were no differences between COPD and non-COPD or tracheostomized and non-tracheostomized groups.

There was an increase in respiratory rate during EPAP method in non-COPD and non-tracheostomized subgroups.

Tidal volume was higher in PSV method.

Oxygen saturation was significantly higher in the PSV method.

In this study the EPAP did not show any vantagy among the others methods.

REFERENCES

1. AARC AAfRC. Clinical practice guideline: Use of positive airway pressure adjuncts to bronchial hygiene therapy. *Respir Care* 1993;38:516-521.
2. Fink JB. Positive Pressure Techniques for Airway Clearance. *Respir Care* 2002;47:786-796.
3. Tobin M, Alex C. Discontinuation of mechanical ventilation. In: Tobin M, editor. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation*. 1 ed. New York: MacGraw-Hill; 1994. p. 1117-206.
4. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW, al. e. Evidence-Based Guidelines for Weaning and Discontinuing Ventilatory Support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest* 2001;120:375-484.
5. Brochard L, Rauss A, Benito MJ. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:896-903.
6. Esteban A, Alía L, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning. A National Survey of Spanish hospitals. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994;106:1188-1193.
7. Scanlan C, Wilkins RL, Stoller JK. Discontinuing Ventilatory Support. In: F. ED, editor. *Egan's Fundamentals of Respiratory Care*. St. Louis: Mosby; 1999. p. 771-790.
8. Smith TC, Marini JJ. Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe airflow obstruction: the effect of PEEP on auto-PEEP. *J Appl Physiol* 1988;65:1488-1499.
9. Tobin MJ, Lodato RF. PEEP, auto-PEEP, and waterfalls (editorial). *Chest* 1989;96:449-451.
10. Menna Barreto SS, Vieira SS, Pinheiro CTS. Introdução a Ventilação Mecânica. In: *Rotinas em Terapia Intensiva*. 3 ed. Porto Alegre: ArtMed; 2001.
11. Mahlmeister MJ, Fink JB, Hoffman GL, Fifer LF. Positive-Expiratory Pressure Mask Therapy: Theoretical and Practical Considerations and a Review of the Literature. *Respir Care* 1991;36:1218-1229.

12. Andersen JB, Qvist H, Kann T. Recruiting collapsed lung trough collateral channels with positive end-expiratory pressure. *Scan J Respir Dis* 1979;60:260-266.
13. Falk M, Kelsstrup M, Andersen JB. Improving de ketchup bottle method with positive expiratory pressure, PEP, in cystic fibrosis. *European Journal of Respiratory Disease* 1984;65:423-432.
14. Sutter PM, Fairley HB, Isenberg MD. Effect of tidal volume and positive end-expiratory pressure on compliance during mechanical ventilation. *Chest* 1978;73:158-162.
15. Brochard L. Intrinsic (or auto-) PEEP during controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:1373-1378.
16. Hoffmann RA, Ershowky PBS, Krieger BP. Determination of Auto-PEEP during spontaneous and controlled ventilation by monitoring changes in end-expiratory thoracic gas volume. *Chest* 1989;96:613-616.
17. Darwich RN. Monitorização Respiratória durante a Ventilação Mecânica. In: *Conduas e Rotinas em Terapia Intensiva*. Rio de Janeiro: Atheneu; 2002. p. 103-111.
18. Marini JJ. Positive End-Expiratory Pressure. In: *Critical Care Medicine: The Essentials*. 2 nd ed. Media, Pennsylvania, USA: Willians and Wilkins; 1997. p. 157-172.
19. Brochard L, Pluskwa F, Lemaire F. Improved efficacy of spontaneous breathing with inspiratory pressure support. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:411-415.
20. Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989;32:1011-1016.
21. MacIntyre NR. Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* 1986;89:677-683.
22. Tokioka H, Saito S, Kosaka F. Effect of pressure support ventilation on breathing pattern and components of work of breathing pattern. *Int Care Medicine* 1989;15:491-494.

O USO DA PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA COMO MÉTODO DE DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA: UMA COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS DE PRESSÃO DE SUPORTE E TUBO-T

*Marcelo de Mello Rieder, Alexandre Doval da Costa,
Silvia Regina Rios Vieira*

Serviço de Medicina Intensiva
Hospital de Clínicas de Porto Alegre
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

Endereço para Correspondência:

Dra. Silvia Regina Rios Vieira
Serviço de Medicina Intensiva
Hospital de Clínicas de Porto Alegre
Rua Ramiro Barcelos, 2350
Porto Alegre, RS -- Brasil - 90035-003
Fone/Fax: 0xx (51) 3226 5716
e-mail: svieira@terra.com.br

O USO DA PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA COMO MÉTODO DE DESMAME DA VENTILAÇÃO MECÂNICA: UMA COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS DE PRESSÃO SUPORTE E TUBO T.

RESUMO

Introdução: O uso da pressão expiratória positiva na via aérea (EPAP) não é sugerido como técnica de desmame. O EPAP pode prevenir o colapso das vias aéreas durante a expiração.

Objetivo: O objetivo deste trabalho é verificar se a utilização da pressão expiratória positiva na via aérea (EPAP) apresenta benefícios na redução da hiperinsuflação dinâmica com redução do trabalho respiratório e melhora da oxigenação em pacientes submetidos ao processo de desmame da ventilação mecânica.

Material e Métodos: Quarenta pacientes submetidos à ventilação mecânica por um período maior que 48 horas em 2 unidades de terapia intensiva foram avaliados prospectivamente em um estudo randomizado controlado cruzado. Todos os pacientes foram submetidos métodos de ventilação de pressão de suporte (PSV), tubo-t e EPAP, durante 30 minutos, com um período de descanso de 30 minutos entre cada método. Os pacientes foram monitorizados pelo VenTrack (Novamatrix, EUA). As variáveis estudadas, mensuradas no minuto 1, 15 e 30, foram: PEEP intínseca (PEEPi), trabalho respiratório (WOB_{total}), frequência

Artigo em Português

respiratória (f), volume de ar corrente (V_t) e saturação periférica de oxigênio (SaO_2). A amostra geral foi analisada e dividida em subgrupos DPOC ($n=14$) e não-DPOC ($n=26$), traqueostomizados ($n=15$) e não-traqueostomizados ($n=25$). As comparações foram feitas pela Análise de Variância (ANOVA) e teste-t. O nível de significância foi de 95%.

Resultados: PEEPi DPOC e não-DPOC minuto 1 ($0,014 \pm 0,03$ versus $0,17 \pm 0,38$ cmH₂O) e minuto 15 ($0,042 \pm 0,13$ versus $0,41 \pm 0,78$ cmH₂O) ($p<0,05$). No subgrupo não-traqueo, nos métodos de PSV15 ($0,26 \pm 0,5$ cm H₂O) e EPAP15 ($0,02 \pm 0,07$ cm H₂O), assim como PSV 30 ($0,21 \pm 0,4$ cm H₂O) e EPAP 30 ($0,02 \pm 0,1$ cm H₂O) ($p<0,05$). Para traqueo vs não-traqueo, no método EPAP minuto 1 (PEEPi traqueo $0,58 \pm 0,94$ cm H₂O; PEEPi não-traqueo $0,08 \pm 0,28$ cmH₂O) e minuto 15 (PEEPi traqueo $0,91 \pm 2,06$ cm H₂O; PEEPi não-traqueo $0,02 \pm 0,07$ cmH₂O) ($p<0,05$). Em relação ao WOB_{total} houve um aumento significativo no método EPAP em relação ao tubo-t na análise geral da amostra ($p<0,05$). A f mostrou-se maior no método EPAP para o subgrupo não-DPOC e não-traqueo (minutos 1, 15 e 30). A SaO_2 foi maior no subgrupo PSV quando comparada com tubo-t na análise geral da amostra, ($p<0,05$)

Conclusões: A EPAP não demonstrou redução na PEEPi na análise geral da amostra, subgrupo DPOC, não-DPOC e traqueostomizados. Houve redução na PEEPi no grupo não-traqueostomizados. Houve aumento do WOB_{total} com o uso da EPAP. Neste estudo a EPAP não demonstrou vantagens em relação aos outros métodos.

INTRODUÇÃO

As técnicas de Pressão Expiratória Positiva utilizam-se da pressão expiratória na via aérea com o objetivo de aumentar o gradiente de pressão transpulmonar e melhorar a expansão pulmonar com conseqüente melhora na oxigenação (1, 2). São elas divididas em Pressão Expiratória Final Positiva (*Positive End-Expiratory Pressure* – PEEP), Pressão Contínua nas Vias Aéreas (*Contínuos Positive Airway Pressure* – CPAP) e Pressão Expiratória na Via Aérea (*Expiratory Positive Airway Pressure* – EPAP) (2, 3). Na PEEP há a manutenção da pressão alveolar acima da pressão atmosférica ao final da expiração durante a ventilação mecânica. A CPAP é a pressão positiva durante todo o ciclo de ventilação aplicada à via aérea. A EPAP é ofertada por de uma resistência somente expiratória, mas, de uma forma totalmente espontânea, sem o auxílio do ventilador mecânico. A PEEP e a CPAP são empregadas tradicionalmente durante o processo de ventilação mecânica. A EPAP é descrita na literatura somente como técnica de desobstrução brônquica e expansão pulmonar, não havendo relatos de seu emprego como técnica de desmame (3).

O desmame da ventilação mecânica tem sido descrito como o processo de retirada gradual e progressiva do suporte ventilatório associado com a retomada da ventilação espontânea. Apesar de a maioria dos pacientes utilizar a ventilação mecânica por curtos períodos, um número significativo requer ventilação por um período mais prolongado, não tolerando o desmame. O aumento do tempo de ventilação mecânica aumenta o risco de outras complicações relacionadas ao

Artigo em Português

processo, assim como eleva os custos hospitalares (3, 4) Diferentes técnicas de desmame são empregadas com o objetivo de torná-lo rápido e eficaz. Entre elas temos: a redução da pressão suporte e o emprego do tubo-t que tem sido consideradas à ventilação mandatória intermitente sincronizada (*Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation – SIMV*) (5, 6).

Os três mecanismos mais importantes na causa do insucesso do processo de desmame são as alterações de drive respiratório, de oxigenação e da carga excessiva imposta aos músculos respiratórios (7). No que se refere à sobrecarga muscular a limitação do fluxo expiratório, por broncoespasmo ou secreção, é causa do mecanismo de hiperinsuflação dinâmica que, por sua vez, é responsável pelo aumento do esforço respiratório desses pacientes (8). Alguns trabalhos sugerem que a aplicação de PEEP externa durante a ventilação mecânica minimiza os efeitos de hiperinsuflação e diminui o trabalho respiratório do paciente (9). Não há relatos da utilização de EPAP na redução da PEEP intrínseca durante o desmame.

O objetivo deste trabalho é verificar se a utilização da pressão expiratória positiva na via aérea (EPAP) apresenta benefícios na redução da hiperinsuflação dinâmica com redução do trabalho respiratório e melhora da oxigenação em pacientes submetidos ao processo de desmame da ventilação mecânica.

MATERIAL E MÉTODOS

População e Amostra

O presente estudo foi realizado no período entre janeiro de 2001 e julho de 2002 no Serviço de Medicina Intensivo do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) e na Unidade de Terapia Intensiva da Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre (ISCMPA). A amostra constitui-se de 40 pacientes criticamente enfermos em ventilação mecânica por um período maior do que 48 horas.

Foram incluídos no trabalho os pacientes considerados aptos para o desmame baseado na avaliação do médico intensivista e obedecendo aos critérios tradicionalmente empregados na rotina da UTI: melhora ou resolução da causa da insuficiência respiratória; adequada troca gasosa, indicada pela $PaO_2/FiO_2 \geq 200$ ou PaO_2 acima de 60 mmHg, $SaO_2 \geq 90\%$ com uma $FiO_2 \leq 0,40$, com uma PEEP ≤ 5 cmH₂O; Escala de Coma Glasgow igual ou superior a 13; temperatura corporal $\leq 38^\circ$ C; nível de hemoglobina acima de 10 g/dl; $f \leq 35$ mrpm, V_T na respiração não assistida > 5 ml/kg, força inspiratória negativa ≤ -20 ; estabilidade hemodinâmica sem a utilização de drogas vasoativas (dopamina, dobutamina ou noradrenalina) e sem o emprego de agentes sedativos.

Foram excluídos do estudo os pacientes com hipotensão (PAS < 100 mmHg ou PAM < 70 mmHg) por hipovolemia ou comprometimento cardiovascular direto,

Artigo em Português

com doença intracraniana severa, com barotrauma e/ou dreno de tórax, e em uso de drogas vasoativas ou de sedativos.

Todos os participantes ou familiares responsáveis assinaram um termo de consentimento informado. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre.

Coleta de Dados

Para a monitorização da mecânica respiratória foi utilizado o Ventrak 1500 (Novamatrix Medical Systems, Wallingford, CT, USA). Esse monitor processa a leitura realizada pelo sensor de fluxo (Disposable Flow Sensor, cat. Nº 6038, Novamatrix Medical Systems, Wallingford, CT, USA) usado para medidas contínuas, ficando posicionado de duas maneiras: (1) entre a porção final do tubo endotraqueal e a peça Y do circuito de ventilador, quando o paciente estivesse em VM no modo PS; (2) entre a porção final do tubo endotraqueal e a peça T, quando o paciente estivesse em respiração espontânea ou EPAP. (Figura 1).

O sensor de fluxo converte a passagem de fluxo do gás em sinal linear, identificando as diferenças de fluxo e pressões no circuito a serem processadas no Ventrak 1500, estando este acoplado a um computador portátil Compaq compatível (Compaq Computer Corporation, mod. armada, U.S.A.), por intermédio de sua porta serial, utilizando o *software* fornecido pela Novamatrix, para o armazenamento de dados e análise posterior.

Artigo em Português

A pressão do balonete do tubo endotraqueal era verificada ao início da realização das medidas com o Ventrak 1550, procurando-se evitar vazamento de ar exalado para não prejudicar o registro das variáveis. O aparelho possui ainda um *software* de calibração de fluxo e pressão que é realizada ao início de cada monitorização. Era efetuada ainda a calibração por intermédio da seringa de calibração de 100 ml (Model No 5510, Hans Rudolph, Kansas City, Mo, USA).

As variáveis em estudo registradas no Ventrak que constituíram objeto do estudo foram: *variáveis de mecânica respiratória* como pressão final expiratória positiva intrínseca ($PEEP_i = \text{cm cmH}_2\text{O}$), trabalho respiratório total ($WOB_{\text{total}} = \text{J/l}$) e *variáveis de ventilação* como volume de ar corrente (V_T) e frequência respiratória ($f = \text{mrpm}$). A representação gráfica das curvas de fluxo, pressão e volume se apresentam em três gráficos, na mesma tela do computador e seu registro fica arquivado nesse formato (Anexo1).

Os valores de WOB são registrados pelo Ventrak e obedecem a um critério de seleção em que deve ser informado se o paciente se encontra em ventilação mecânica ou não. Quando o paciente é submetido à peça T ou EPAP, o trabalho respiratório registrado é o realizado pelo paciente, ao passo que, quando o paciente se encontra em PSV, o trabalho respiratório registrado é o realizado predominantemente pelo ventilador mecânico.

Para a mensuração não invasiva da SaO_2 e frequência cardíaca, foi utilizado o monitor multiparamétrico modular modelo 66S da HP (Hewlett-Packard USA) e Compact Monitor Eagle 1000 (Marquete Hellige Mediac System, Germany). Estes monitores são usados de rotina por todos os pacientes internados na UTI do

Artigo em Português

HCPA e ISCMPA. Todas as variáveis em estudo foram registradas em formulário específico nos momentos designados pelo protocolo (Anexo 2).

Para os registros de SaO_2 o sensor da oximetria escolhido foi o de dedo, colocado no indicador dos pacientes e adequadamente fixado para evitar deslocamentos. Outros cuidados com o sensor estão relacionados à higienização do dedo indicador, para que não ocorresse interferência ou artefatos de transmissão à emissão do sinal de infravermelho.

Protocolo

O estudo realizado foi do tipo ensaio clínico randomizado cruzado. No protocolo adotado para este estudo cada paciente realizou os três métodos de desmame: diminuição da PSV, peça T e EPAP. A escolha da seqüência de implementação do método era feita por sorteio, com envelopes fechados contendo o nome de cada método, o qual era realizado pela enfermagem da rotina da UTI.

Todos os pacientes que entraram no estudo foram ventilados no Servo 900C ou no Servo 300C (Siemens-Elema, Solna, Suécia) em PS, antes de serem submetidos ao protocolo.

Os dados da avaliação do paciente foram registrados em formulário específico relativos às informações de estado clínico: idade, sexo, Escala APACHE II (*Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II*), tempo de ventilação mecânica, motivo da intubação na UTI, motivo da instalação da VM e diagnóstico médico (Anexo 3).

Artigo em Português

Os parâmetros da VM prévios ao início do protocolo registrados incluíram: modo ventilatório, valor da PS, pressão positiva expiratória final (PEEP), FiO_2 , V_T , f e pressão de pico inspiratório (PIP). A última gasometria arterial realizada previamente ao início do protocolo foi registrada.

Métodos de Desmame

Peça T

Neste método foi realizada a desconexão do paciente da VM, mantendo-se o tubo orotraqueal ou traqueostomia associado à oxigenação por uma peça em T. O paciente realizava os esforços inspiratório e expiratório sozinho. O fluxo de oxigênio adicionado à peça T foi geralmente mantido a 5 l/min.

Pressão de Suporte (PSV)

Neste método o paciente respirava de forma espontânea, assistido pelo respirador mecânico, mediante uma pressão inspiratória positiva pré-fixada, sincronizada com o esforço inspiratório do paciente. O nível da pressão adotado foi de 10 cmH_2O para todos os pacientes do protocolo. O nível de PEEP utilizado foi de 0 cmH_2O .

Pressão Expiratória Positiva na Via Aérea (EPAP)

O paciente respirava espontaneamente pelo do *Sistema EPAP*. O sistema EPAP consistia de um tubo t, que continha uma válvula unidirecional inspiratória e uma válvula expiratória com resistência linear de mola (*válvula spring loaded*). A pressão ofertada foi de sete (7) cmH₂O. Na válvula inspiratória o fluxo de oxigênio adicionado foi o mesmo durante a ventilação mecânica.

Registro dos Dados

As variáveis em estudo foram registradas em três momentos.

- **Minuto 1:**

Foi o momento inicial do protocolo. O paciente passou dos parâmetros prévios de ventilação para o método de desmame escolhido pelo sorteio. Os registros dos parâmetros foram realizados no primeiro minuto após a instalação do modo de desmame sorteado.

- **Minuto 15:**

Após 15 minutos do término das medidas do minuto 1 foram realizados os registros do minuto 15.

- **Minuto 30:**

Após 15 minutos do término das medidas do minuto quinze foram realizados os registros do momento 30.

- **Momento do repouso respiratório:**

Os três métodos de desmame foram intercalados por um período de descanso no ventilador mecânico de no mínimo 30 minutos. O modo ventilatório do respirador adotado foi o mesmo previamente à instituição do protocolo, tendo como objetivo proporcionar ao paciente um repouso respiratório e continuidade dos registros das variáveis em estudo.

Crítérios de Interrupção do Protocolo

Os critérios adotados para interrupção do protocolo foram: qualquer sinal de desconforto respiratório, queda da SaO_2 ($< 88\%$), aumento da f (> 35 rpm) e fc (> 140 bpm), PAS > 180 mmHg ou < 90 mmHg, agitação, diaforese ou redução do nível de consciência (10).

Análise dos Dados

Inicialmente foi feita a análise geral de toda a amostra ($n = 40$) juntamente com o desempenho de cada grupo nos diferentes métodos e momentos de aferição.

As variáveis em estudo foram analisadas entre os métodos PSV, tubo-t e EPAP nos momentos basal, no minuto 15 e minuto 30. Essa análise foi denominada **intermétodos**.

Também foi analisado o desempenho do paciente no minuto 1, 15 e minuto 30 de cada método. Essa análise foi denominada **intramétodo**.

Artigo em Português

Os grupos foram divididos em subgrupos de acordo com a **presença ou não** de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC e não-DPOC) e pelo tipo de via aérea artificial **traqueostomizados e não-traqueostomizados**. Foram feitas comparações entre os grupos DPOC e não-DPOC, e entre os grupos traqueostomizados e não-traqueostomizados.

Análise Estatística

O programa Microsoft Excel 2000 foi utilizado para armazenamento dos dados. O Statistical Package for Social Science 10 (SPSS), para análise dos dados.

Os resultados foram apresentados sob a forma de média \pm desvio padrão (DP) nas tabelas e erro padrão nos gráficos para as variáveis contínuas com distribuição normal e de proporções para as variáveis categóricas. As comparações entre os métodos de desmame PS, peça T e EPAP foram realizadas pelo teste *t* de Student para amostras pareadas e análise de variância (ANOVA). Para comparar as medidas obtidas em diferentes pontos no tempo (minuto 1, 15 e 30) dentro de cada técnica, foi utilizada ANOVA para medidas repetidas.

O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$.

RESULTADOS

Características dos Pacientes

As características dos pacientes incluídos no estudo estão descritas na Tabela 1. O grupo constituiu-se de 40 pacientes prospectivamente avaliados, com idade de 59 ± 18 anos, sendo 23 (57,5%) do sexo masculino.

Tabela 1 - Características clínicas dos 40 pacientes.

Característica	No (%) / média \pm DP
Idade, anos	59,43 \pm 17,93
Sexo	
Masculino	23 (57,5%)
Feminino	17 (42,5%)
APACHE II	13,7 \pm 10,3
Duração da VM, dias	12,3 \pm 13,6
< 5	17 (42,5%)
5 – 10	9 (22,5%)
> 10	15 (37,5%)
DPOC	14 (35%)
Não-DPOC	26 (65%)
Traqueostomizados	15 (37,5%)
Não-Traqueostomizados	25 (65,5%)
Etiologia da falência respiratória	
SARA/LPA	10 (25%)
EAP	8 (20%)
DPOC	8 (20%)
Coma	4 (10%)
Broncopneumonia	3 (7,5%)
Pós-operatório	3 (7,5%)
PCR	3 (7,5%)
Síndrome de Guillian-Barré	1 (2,5%)

APACHE = Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II; VM = ventilação mecânica; SARA = síndrome da angústia respiratória aguda; LPA = lesão pulmonar aguda; EAP = edema agudo de pulmão; DPOC = doença pulmonar obstrutiva crônica; PCR = parada cardiorrespiratória.

Artigo em Português

Os Parâmetros de ventilação mecânica prévios ao paciente ser submetido ao protocolo foram: PS = 12 ± 3 cmH₂O, PEEP = 5 ± 1 cmH₂O, FiO₂ = 38 ± 2 , V_T = 525 ± 155 ml, $f = 20 \pm 5$ rpm.

As gasometrias arteriais realizadas na hora anterior ao início do protocolo apresentaram pH = $7,43 \pm 0,2$, PaCO₂ = 35 ± 8 , HCO₃ = 24 ± 2 , PaO₂ = 96 ± 15 , e SaO₂ = $97 \pm 3\%$.

PEEP intrínseca

Todo o grupo:

Os valores de PEEPi observados nos 40 pacientes (análise geral da amostra) não apresentaram alterações estatisticamente significativas conforme demonstra a figura 2.

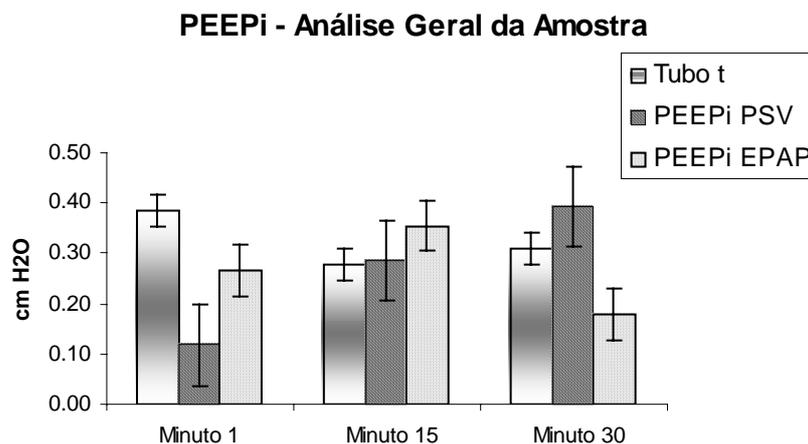


Figura 2. Comportamento da PEEPi na análise geral da amostra. Valores expressos em média e erro-padrão. Não houve diferenças significativas entre os métodos e intramétodos.

Grupo DPOC e não-DPOC:

Não foram encontradas diferenças significativas na análise inter-métodos e intramétodo para os subgrupos DPOC e não-DPOC. No entanto, quando foi comparado o comportamento da PEEPi entre o subgrupo DPOC com não-DPOC, houve variação significativa ($p < 0,05$) no minuto 1 ($0,014 \pm 0,03$ versus $0,17 \pm 0,38$ cmH₂O) e minuto 15 ($0,042 \pm 0,13$ versus $0,41 \pm 0,78$ cmH₂O) na execução do método PSV, conforme demonstra a figura 3.

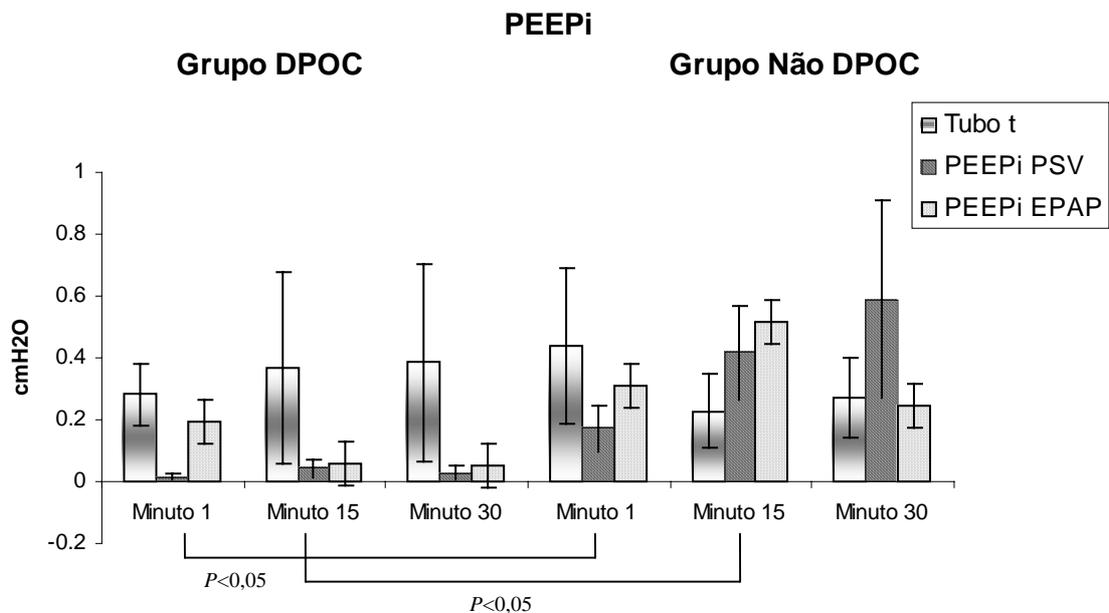


Figura 3. Comportamento da PEEPi nos subgrupos DPOC e não-DPOC. Valores expressos em média e erro-padrão. Não houve diferenças significativas entre os métodos e intramétodos. Variação significativa para o método PSV quando comparado o grupo de pacientes com DPOC versus não-DPOC.

Grupo traqueostomizados e não-traqueostomizados:

Na análise do subgrupo de pacientes traqueostomizados não foi encontrada diferença significativa. Para o subgrupo de pacientes não-traqueostomizados foi observada uma diferença significativa ($p < 0,05$) durante os minutos 15 e 30 nos métodos de PSV15 ($0,26 \pm 0,5$ cm H₂O) e EPAP15 ($0,02 \pm 0,07$

Artigo em Português

cm H₂O), assim como PSV 30 (0,21 ± 0,4 cm H₂O) e EPAP 30 (0,02 ± 0,1 cm H₂O). Na comparação entre os subgrupos traqueostomizados com não-traqueostomizados houve diferenças ($p < 0,05$) no método EPAP para o minuto 1 (PEEPi Traqueo 0,58 ± 0,94 cm H₂O; PEEPi não-traqueo 0,08 ± 0,28 cmH₂O) e minuto 15 (PEEPi Traqueo 0,91 ± 2,06 cm H₂O; PEEPi não-traqueo 0,02 ± 0,07 cmH₂O)(Figura 4).

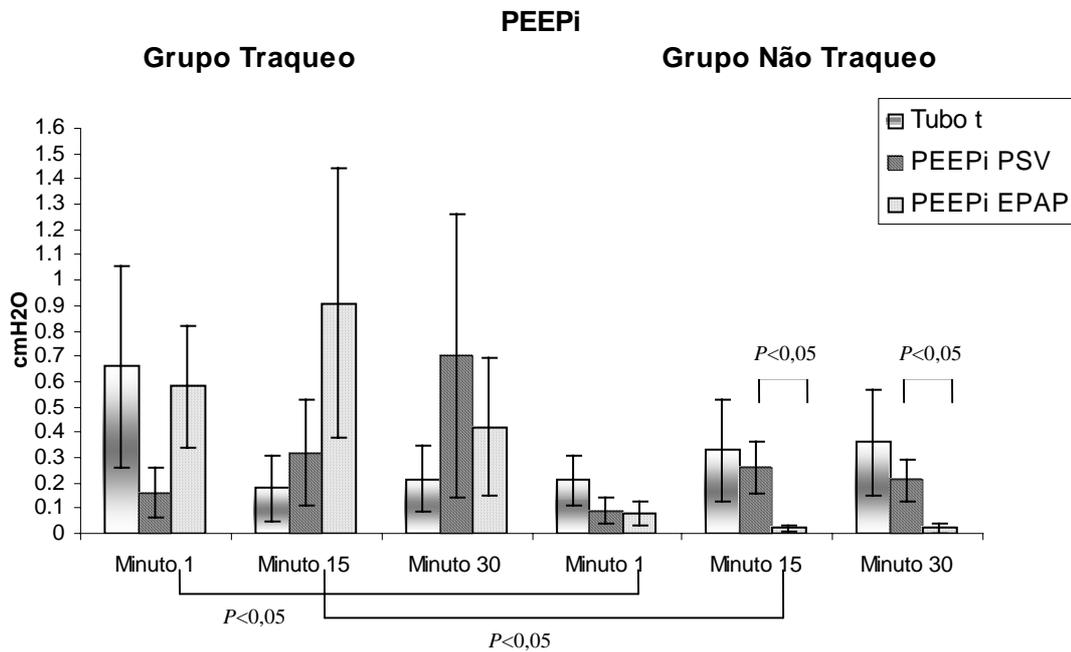


Figura 4. Comportamento da PEEPi nos subgrupos traqueostomizados e não-traquesotomizados. Valores expressos em média e erro-padrão. Não houve diferenças significativas entre os métodos e intramétodos. Houve variação significativa entre o método PSV e EPAP na análise do grupo não-traqueostomizados ($p < 0,05$). Variação significativa quando comparado o grupo traqueo versus não-traqueo para o método EPAP nos minuto inicial e minuto 15 ($p < 0,05$).

Trabalho Respiratório:

Todo o grupo:

A comparação e análise do trabalho respiratório foram realizadas somente para os métodos EPAP e tubo-t. As diferenças encontradas demonstraram maior trabalho respiratório no método EPAP quando comparado com o método tubo-t, em

todos os grupos estudados, conforme demonstra a tabela 2. As variações intramétodos não foram estatisticamente significativas.

Grupo DPOC versus não-DPOC e Grupo Traqueostomizados versus não-traqueostomizados:

Não houve diferenças significativas na análise do trabalho respiratório quando comparados os pacientes do grupo DPOC com o grupo não-DPOC e traqueostomizados com não-traqueostomizados.

Tabela 2. Comparação do Trabalho Respiratório (*Work of Breathing* - WOB) entre os métodos EPAP e tubo-t.

Trabalho Respiratório	Toda amostra	DPOC	Não-DPOC	p^a	Traqueo	Não-Traqueo	p^b
<i>EPAP 1</i>	0,86±0,43	0,86±0,42	0,86±0,44	NS	0,76±0,38	0,92±0,45	NS
<i>Tubo-t 1</i>	0,25±0,26	0,24±0,37	0,26±0,20	NS	0,20±0,18	0,29±0,30	NS
p^c	< 0,001	< 0,01	< 0,001		< 0,001	< 0,001	
<i>EPAP 15</i>	0,99±0,66	0,91±0,31	1,03±0,79	NS	1,1±0,84	0,93±0,52	NS
<i>Tubo-t 15</i>	0,26±0,25	0,21±0,23	0,28±0,25	NS	0,23±0,28	0,27±0,23	NS
p^c	< 0,001	< 0,001	< 0,001		< 0,001	< 0,001	
<i>EPAP 30</i>	1,02±1,3	0,75±0,30	1,17±1,62	NS	1,33±2,08	0,84±0,49	NS
<i>Tubo-t 30</i>	0,26±0,35	0,24±0,31	0,27±0,37	NS	0,24±0,43	0,27±0,29	NS
p^c	< 0,001	< 0,001	< 0,01		< 0,05	< 0,001	

DPOC = Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; Não-DPOC = ausência de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; Traqueo = Pacientes com traqueostomia; Não-Traqueo = Pacientes sem traqueostomia; EPAP Pressão expiratória positiva na via aérea; p^a = teste T Student comparando DPOC e não-DPOC; p^b = teste t comparando Traqueo e não traqueo; p^c = teste T Student comparando os dois métodos.

Comparação das médias e desvios-padrão dos métodos EPAP e tubo-t no minuto 1, 15 e 30 (valores expressos em cm H₂O) para análise geral da amostra, grupo DPOC, não-DPOC, traqueostomizados e não- traqueostomizados.

Frequência Respiratória:

Todo Grupo:

Na avaliação de todo grupo houve diferenças estatisticamente significativas entre os métodos PSV e EPAP no minuto 15 (25 ± 7 versus 28 ± 8 ciclos/min) e no minuto 30 (26 ± 8 versus 29 ± 8 ciclos/min). Na análise intramétodo foi verificada diferença significativa no minuto 1 (25 ± 6 ciclos/min), minuto 15 (28 ± 8 ciclos/min) e minuto 30 (29 ± 8 ciclos/min) do método EPAP (Figura 05).

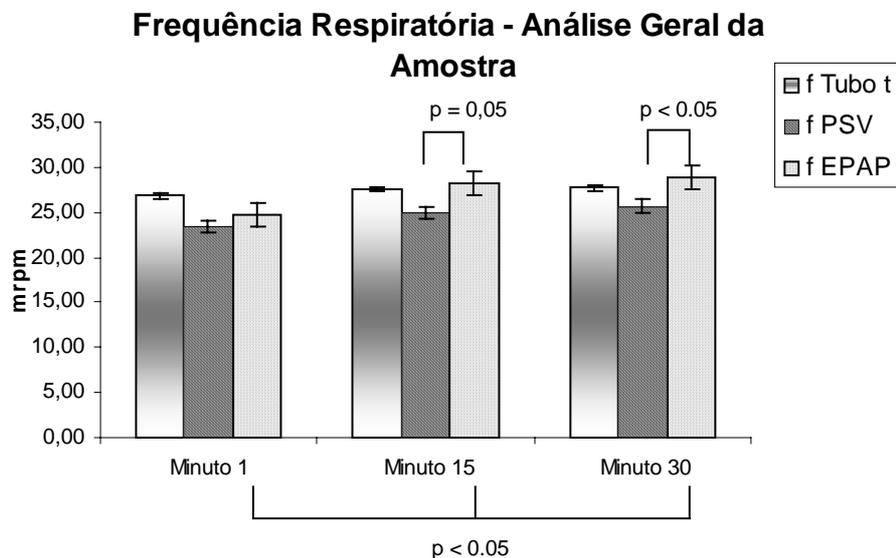


Figura 5. Comportamento da frequência respiratória nos diferentes métodos. Valores expressos em médias e erro-padrão. Variação significativa entre o método EPAP e PSV nos momentos 15 e 30 e $p < 0,05$ no minuto 1, 15 e 30 intramétodo EPAP.

DPOC e Não-DPOC:

Não houve diferença estatisticamente significativa na análise intermétodos e intramétodo, no grupo DPOC. Para o grupo não-DPOC não houve diferenças significativas intermétodos. Na avaliação intramétodo a frequência respiratória foi significativamente maior no método EPAP no minuto 1, 15 e 30. Quando comparado o grupo DPOC versus não-DPOC não houve diferenças significativas (Figura 6).

Traqueostomizados e Não-traqueostomizados:

Não houve diferenças significativas intramétodos e intermétodo para o grupo traqueostomizados. Houve diferença significativa somente intramétodo EPAP entre os minutos 1, 15 e 30 para o grupo não-traqueostomizados ($p < 0,05$). Quando comparado o grupo traqueostomizados versus não-traqueostomizados, não houve diferenças significativas (Figura 7).

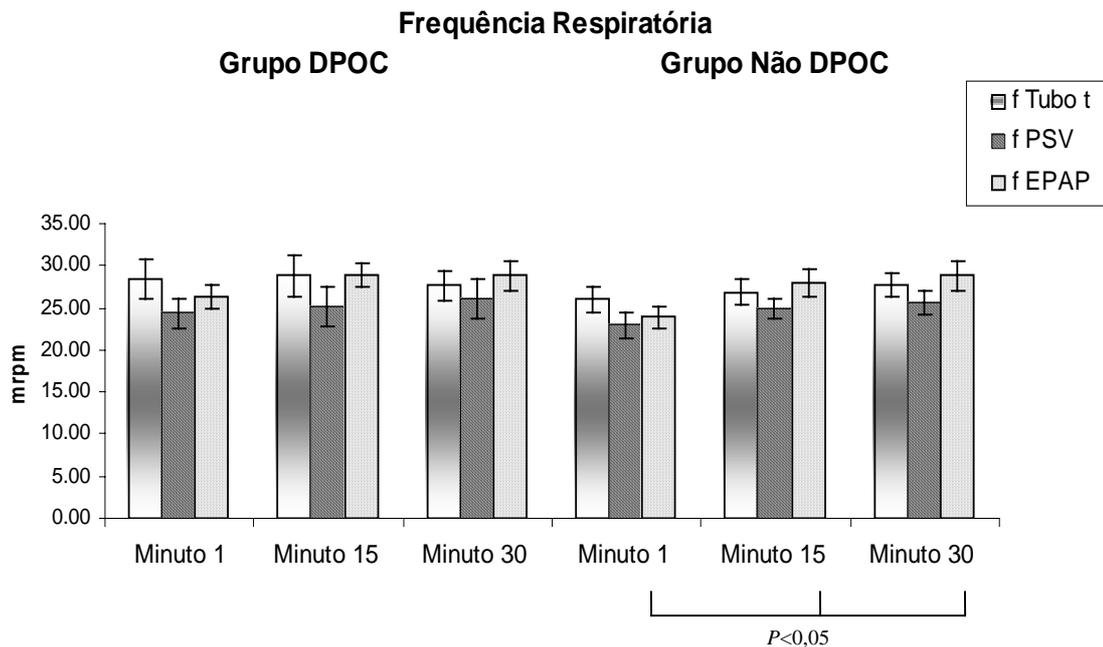


Figura 6. Comportamento da frequência respiratória nos subgrupos DPOC e não-DPOC. Valores expressos em média e erro-padrão. Não houve diferenças significativas entre os métodos e intramétodos na análise do grupo DPOC. Para o grupo não-DPOC não houve variação significativa entre os métodos Tubo-t, PSV e EPAP. Houve variação significativa ($p < 0,05$) na avaliação intramétodo EPAP no grupo não-DPOC. Quando comparado o grupo DPOC versus não-DPOC não foram encontradas diferenças significativas.

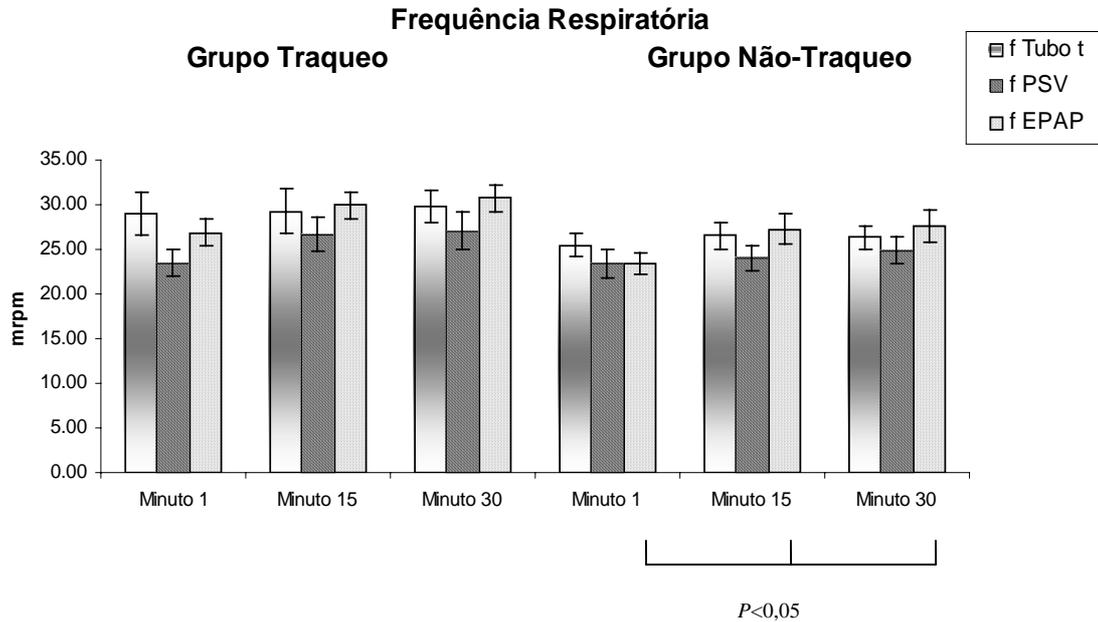


Figura 7. Comportamento da frequência respiratória nos grupos traqueostomizados e não-traqueostomizados. Valores expressos em médias e erro-padrão. Houve variação significativa no método EPAP nos minutos 1, 15 e 30 para o grupo de pacientes não-traqueosomizados ($p < 0,05$).

Volume de ar corrente:

Todo Grupo:

Na avaliação de todo grupo houve diferenças estatisticamente significativas entre os métodos PSV e EPAP no minuto 1 ($0,45 \pm 0,12$ vs $0,31 \pm 0,12$ l/min), minuto 15 ($0,45 \pm 0,12$ vs $0,29 \pm 0,12$ l/min) e no minuto 30 ($0,47 \pm 0,18$ vs $0,29 \pm 0,13$ l/min). Também houve diferenças significativas entre os métodos PSV e tubo-t nos momentos basal ($0,45 \pm 0,12$ vs $0,31 \pm 0,11$ l/min), minuto 15 ($0,45 \pm 0,12$ vs $0,30 \pm 0,10$ l/min) e 30 ($0,47 \pm 0,18$ vs $0,32 \pm 0,12$ l/min), conforme demonstra a figura 8. Na análise intramétodo, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas.

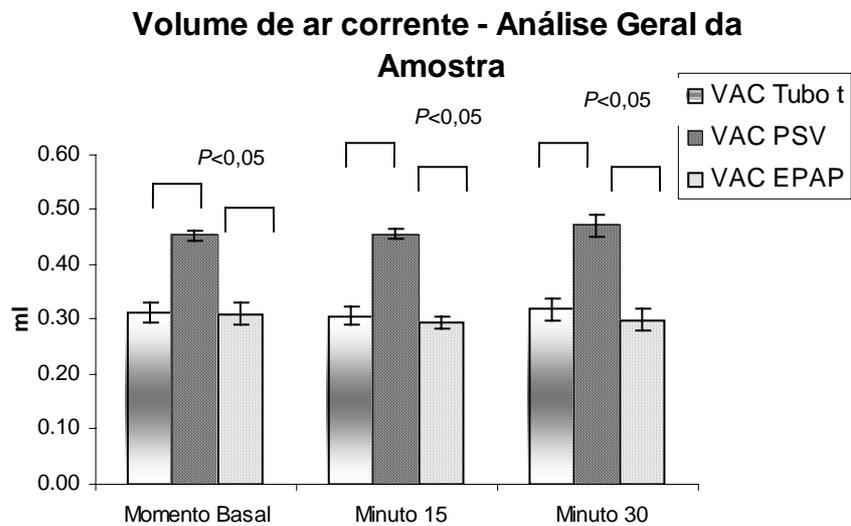


Figura 8. Comportamento do volume de ar corrente nos diferentes métodos. Valores em médias e erro-padrão. Variação significativa entre os métodos EPAP e PSV, tubo-t e PSV nos minuto 1, 15 e 30 ($p < 0,05$).

DPOC e Não-DPOC:

Da mesma forma como a análise de todo o grupo, as diferenças foram significativas entre os métodos PSV e EPAP, PSV e tubo-t (no minuto 1, 15 e 30) para a análise desses dois subgrupos. Não houve diferenças na análise intra-método, conforme demonstrado na figura 9.

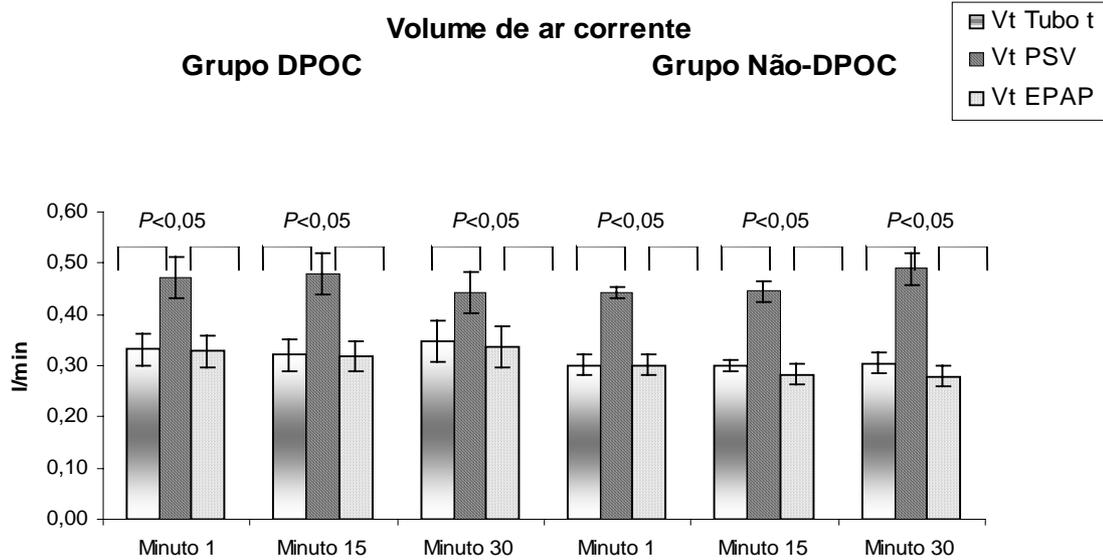


Figura 9. Comportamento do volume de ar corrente nos diferentes métodos nos subgrupos DPOC e não-DPOC. Valores em médias e erro-padrão. Houve variação significativa entre o método EPAP e PSV, tubo-t e PSV no minuto 1, 15 e 30 ($p < 0,05$).

Traqueostomizados e Não-traqueostomizados:

As diferenças foram significativas entre os métodos PSV e EPAP, PSV e tubo-t (no minuto 1, 15 e 30) para a análise destes dois subgrupos. Não houve diferenças na análise intra-método, conforme demonstrado na figura 10.

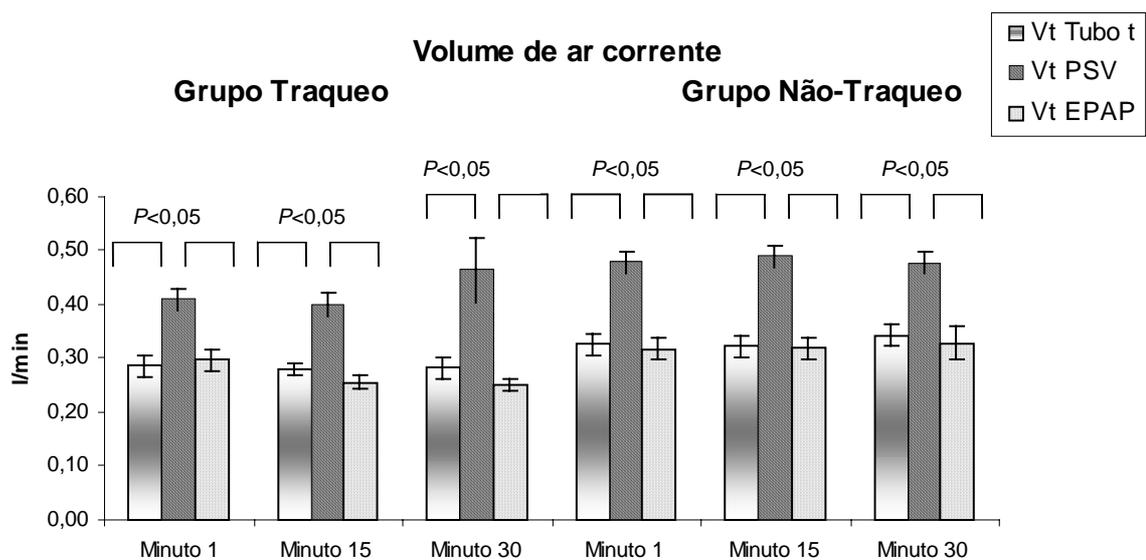


Figura 10. Comportamento do volume de ar corrente nos diferentes métodos nos subgrupos traqueostomizados e não-traqueostomizados. Valores em médias e erro-padrão. Houve variação significativa entre os métodos EPAP e PSV, tubo-t e PSV nos minutos 1, 15 e 30 ($p < 0,05$).

Saturação de Oxigênio:

Todo Grupo:

Na avaliação de todo grupo houve diferenças estatisticamente significativas entre os métodos tubo-t e PSV no minuto 15 ($95\pm 3,6$ vs $97\pm 2,3$ %) e no minuto 30 ($95\pm 3,7$ vs $96\pm 3,8$ %).

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na saturação de oxigênio entre os métodos PSV versus EPAP e EPAP versus tubo-t.

DPOC e Não-DPOC:

Não houve diferenças estatisticamente significativa na análise dos pacientes DPOC. As diferenças foram significativas entre os métodos tubo-t e PSV no minuto 15 ($95\pm 3,5$ vs $97\pm 2,1$ %) e no minuto 30 ($95\pm 3,7$ vs $97\pm 1,6$ %) para a análise do subgrupo não-DPOC.

Traqueostomizados e Não-traqueostomizados:

Houve diferença significativa quando comparado o método tubo-t e PSV no subgrupo traqueostomizados no minuto 15 ($94\pm 4,6$ vs $96\pm 2,8$ %) e no minuto 30 para o subgrupo não-traqueostomizados ($95,3\pm 2,7$ vs $96,6\pm 1,7$). Houve diferença significativa quando comparado o método EPAP entre o grupo traqueostomizados versus não-traqueostomizados, conforme demonstra a tabela 3.

Tabela 3. Saturação de Oxigênio entre os Métodos.

Saturação de Oxigênio	Toda Amostra	DPOC	Não-DPOC	p^a	Traqueo	Não-Traqueo	p^b
<i>Tubo-t 1</i>	95,2± 2,5	95,7±2,3	95,0±2,6	NS	94,2±2,7	95,9±2,2	NS
<i>PSV 1</i>	95,9± 5,1	96,1±2,9	95,8±6,0	NS	96,0±2,8	95,9±6,2	NS
<i>EPAP 1</i>	96,1± 3,0	96,5±2,9	95,8±3,2	NS	94,6±3,7	96,9±2,3	=0,021
p^c	NS	NS	NS		NS	NS	
<i>Tubo-t 15</i>	95± 3,6	94,0±4,0	95,0±3,5	NS	94±4,6	95,3±2,9	NS
<i>PSV 15</i>	97±2,3	96,1±2,7	97,0±2,1	NS	96±2,8	96,8±2,0	NS
<i>EPAP 15</i>	94,3± 8,6	95,6±4,1	93,5±3,6	NS	90,7±13,3	96,4±2,5	=0,043
p^c	= 0,01	NS	= 0,006		0,004	NS	
<i>Tubo-t 30</i>	95± 3,7	94,4±3,7	95,0±3,7	NS	93,8±4,9	95,3±2,7	NS
<i>PSV 30</i>	96±2,0	96,5±2,9	97±1,6	NS	96,4±2,5	96,6±1,7	NS
<i>EPAP 30</i>	96± 3,8	96,0±4,1	95,3±3,8	NS	93,8±5,1	96,6±2,4	= 0,027
p^c	= 0,04	NS	= 0,007		NS	0,03	

DPOC = Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; Não-DPOC = ausência de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica; Traqueo = Pacientes com traqueostomia; Não-Traqueo = Pacientes sem traqueostomia; EPAP Pressão expiratória positiva na via aérea; p^a = teste T Student comparando DPOC e não-DPOC; p^b = teste t comparando Traqueo e não traqueo; p^c = teste T Student para PSV e Tubo-t; NS = não significativos. Comparação das médias e desvios-padrão dos três métodos no minuto 1, 15 e 30 (valores expressos em cm H₂O) para análise geral da amostra, grupo DPOC, não-DPOC, traqueostomizados e não- traqueostomizados.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que não houve alterações de redução da PEEPi comparando os métodos tubo-t, PSV e EPAP na análise geral da amostra e nos demais de pacientes estudados. Verificou-se também que houve aumento do trabalho muscular respiratório quando comparado EPAP com tubo-t. A frequência respiratória foi maior e o volume de ar corrente menor quando comparada a EPAP com PSV. Não houve alterações importantes na saturação de oxigênio na comparação dos três métodos.

Inicialmente, foi feita a análise geral da amostra e posteriormente os pacientes foram subdivididos em subgrupos DPOC e não-DPOC, traqueostomizados e não-traqueostomizados. O objetivo dessas subdivisões foi analisar as possíveis alterações nas variáveis estudadas em função de condições diferenciadas de ventilação e mecânica respiratória.

É importante ressaltar que a utilização da Pressão Expiratória Positiva (EPAP) não havia sido utilizada e, portanto, os seus efeitos não haviam sido mensurados, durante o processo de desmame da ventilação mecânica. A Associação Americana de Terapia Respiratória recomenda a utilização da EPAP como adjunto para mobilizar secreções e tratar atelectasias (4, 11). Os relatos iniciais do emprego da EPAP reportam a sua utilização em pacientes com hipersecreção pulmonar com o objetivo de desobstrução brônquica (2). Andersen et al. (1979) demonstram a utilização da pressão expiratória na via aérea, na forma de CPAP, como instrumento na reinsuflação de aéreas pulmonares colapsadas, sugerindo que a CPAP apresenta potencial efeito para limpeza brônquica com conseqüente aumento da pressão transpulmonar (12). Falk e Andersen (1991)

Artigo em Português

sugerem que no tratamento com a Pressão Expiratória Positiva, o aumento do volume pulmonar faz o ar que está atrás das secreções, que bloqueiam as pequenas vias aéreas, ajudar a mobilizá-las. A explicação provável sugerida pelos autores é que a pressão expiratória melhora o mecanismo de ventilação colateral existente nos pulmões (13).

Para a realização da CPAP é necessário um sistema de fluxo expiratório obtido com válvulas específicas de geradores de fluxo ou com o próprio respirador mecânico, minimizando o trabalho respiratório. No entanto o nosso estudo objetivou avaliar um sistema de respiração espontânea, de baixo custo, com a intenção de obter efeitos similares aos da CPAP no recrutamento de volumes pulmonares e diminuição da hiperinsuflação dinâmica e esforço do paciente (2).

Hiperinsuflação Dinâmica:

Mediante dados de Hiperinsuflação Dinâmica obtidos com a mensuração da PEEPi, constatamos que não houve diferenças significativas entre os métodos EPAP, PSV e Tubo-t, tanto na análise geral da amostra, como para o subgrupos de pacientes DPOC, não-DPOC e traqueostomizados. Dessa forma, verificou-se que não há benefícios na utilização de EPAP para redução ou minimização dos efeitos da hiperinsuflação dinâmica. Contudo foi constatada uma diferença significativa na análise do subgrupo de pacientes não-traqueostomizados entre o método EPAP e PSV, com redução dos valores de PEEPi no método EPAP. Esses resultados sugerem que possa haver um possível benefício da utilização de uma pressão expiratória externa na redução de PEEPi para o grupo de pacientes entubados.

Artigo em Português

Alguns autores sugerem que a aplicação de PEEP externa pode ser útil na redução dos níveis de hiperinsuflação dinâmica, pela redução dos valores de auto-PEEP ou PEEP intrínseca (8, 14). Brochard (2002) sugere que o efeito da PEEP externa é minimizar a diferença entre a pressão alveolar e a pressão proximal da via aérea (15). O nível de hiperinsuflação dinâmica, entretanto, depende do nível total de PEEP e não é influenciada pela PEEP externa quando esta é menor ou maior do que a PEEPi (3, 9) Assim, o nível de EPAP administrado para a amostra deveria ter sido antecipadamente calculado para que melhores benefícios fossem encontrados.

Em relação à forma da monitorização da PEEPi, é importante salientar que os valores foram obtidos mediante análise das curvas de pressão e volume obtidas com o monitor Ventrak em ventilação ativa. Esse método foi sugerido por Hoffmann et al., que utilizou um pletismógrafo de indutância para verificar a presença de limitação de fluxo aéreo pelo do aumento do volume pulmonar no final da expiração. No entanto esse autor sugere que uma atividade muscular exagerada dos músculos respiratórios pode interferir na mensuração (16).

Trabalho Respiratório:

Na análise dos dados em relação ao trabalho respiratório, observou-se um aumento do trabalho respiratório maior no método EPAP em relação ao método tubo-t.

Não existem dados na literatura comparando EPAP com tubo-t e não comparamos com PSV pois não utilizamos balão esofágico para separar o componente de trabalho do paciente ($WOB_{paciente}$) com o trabalho do ventilador

Artigo em Português

($WOB_{mecânico}$). Os valores do trabalho respiratório refletem o esforço necessário para superar as forças elásticas (complacência) do parênquima pulmonar e das estruturas da parede torácica e as forças viscosas (resistência) atribuídas às vias respiratórias, pulmão e tecidos da parede torácica (17). A mensuração pode ser realizada no paciente em respiração espontânea, assistida ou controlada. Dessa forma, as medidas WOB refletem razoavelmente bem as forças energéticas do músculo respiratório de um indivíduo relativo às suas reservas necessárias para o retorno à respiração espontânea (trabalho do paciente) (3, 15, 18). Segundo Tobin (1994), a mensuração do trabalho respiratório é um pouco complexa e mais bem reproduzida em modelos experimentais (3).

Na literatura encontramos dados mostrando resultados favoráveis para a utilização da PSV. Brochard et al. (1987), utilizando uma pressão suporte de 10 cm H_2O encontraram aumento do volume corrente e da PaO_2 , além de redução na frequência respiratória, desmonstrando a diminuição do esforço respiratório com a utilização do suporte pressórico (19). Em outro estudo, Brochard et al. (1989), compararam diferentes níveis de pressão suporte em pacientes com DPOC e dificuldade no desmame. Aqueles que utilizaram PSV de 0 cm H_2O obtiveram redução do volume corrente, elevação da frequência respiratória e maior desfecho de insucesso no desmame, acompanhados por diminuição da PaO_2 quando comparados com a ventilação mecânica controlada. Estes pacientes apresentaram intensa atividade da musculatura acessória, ao contrário daqueles que utilizaram 10, 15 e 20 cm H_2O , evidenciado pela eletromiografia (20).

Volume de Ar Corrente e Frequência Respiratória:

Os dados deste trabalho permitem observar que o método de pressão de suporte provocou um aumento do volume de ar corrente em relação aos métodos EPAP e tubo-t. A PSV provoca aumento da ventilação e provável diminuição do trabalho respiratório do paciente provavelmente em função do nível de pressão ofertada pelo ventilador mecânico. O principal objetivo da ventilação com pressão de suporte é adequar a atividade muscular respiratória de forma a melhorar a eficácia do esforço do paciente e reduzir a carga de trabalho dos músculos respiratórios. (21, 22)

Durante a utilização da pressão de suporte, os pacientes mantêm o controle sobre a frequência respiratória e volume de ar corrente. Ocorre uma interação entre o paciente e o ventilador mecânico, dependendo do nível de pressão de suporte utilizado. Por outro lado, pela utilização dos métodos EPAP e tubo t, o volume de ar corrente é totalmente dependente do esforço espontâneo durante todo o ciclo respiratório do paciente. Dessa forma, pode ocorrer durante o processo de ventilação mecânica um aumento da frequência respiratória para compensar a diminuição da ventilação alveolar. Neste estudo a frequência respiratória foi maior e volume de ar corrente foi menor nos métodos EPAP e tubo-t quando comparados à PSV.

MacIntyre (1986) observou os efeitos da utilização da pressão de suporte em pacientes críticos. Nesse estudo, houve uma correlação positiva entre os níveis de pressão de suporte ofertados aos pacientes com o volume de ar corrente e uma correlação negativa com a frequência respiratória. MacIntyre sugere que a utilização

Artigo em Português

de pressão de suporte reduz o trabalho do paciente e melhora a sensação de dispnéia (21).

Parâmetros de Troca Gasosa

Os resultados encontrados no nosso estudo demonstram alterações significativas entre os métodos nos valores de saturação de oxigênio. Houve diferenças significativas no método EPAP na análise comparativa dos subgrupos traqueostomizados e não-traqueostomizados. Além disso, a SaO₂ foi maior no método PSV comparado com tubo-t.

Os achados são concondantes de Tobin et al. (1989) que sugerem uma melhora da saturação de oxigênio no grupo de pacientes que faz uso da PSV em função de que ocorre um aumento da ventilação alveolar resultando em modificações no padrão respiratório, no aumento do volume corrente e na diminuição da relação espaço morto e volume corrente (9). Uma elevação nos níveis de PSV freqüentemente resulta no decréscimo da PaCO₂ e possível correção de acidose respiratória.

No entanto clinicamente os valores observados da saturação de oxigênio foram aceitáveis em todos os métodos empregados durante o estudo. Cabe ressaltar que, na análise comparativa entre o método EPAP e tubo-t, observam-se valores maiores com a utilização da EPAP.

CONCLUSÕES

Artigo em Português

A EPAP não demonstrou redução na PEEPi na análise geral da amostra, subgrupo DPOC, não-DPOC e traqueostomizados. Houve redução na PEEPi no grupo não-traqueostomizados.

Houve aumento do WOB_{total} com o uso da EPAP quando comparada com o método tubo-t. Não houve diferenças quando comparados os pacientes do grupo DPOC com o grupo não-DPOC e traqueostomizados com não-traqueostomizados.

Houve um aumento da frequência respiratória na execução do método EPAP no grupo de pacientes não-DPOC e não-traqueostomizados.

O volume de ar corrente foi maior durante a execução do método PSV.

A saturação de oxigênio foi significativamente maior no método PSV.

Neste estudo a EPAP não demonstrou vantagens em relação aos outros métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigo em Português

1. AARC. Clinical practice guideline: Use of positive airway pressure adjuncts to bronchial hygiene therapy. *Respir Care* 1993;38:516-521.
2. Fink JB. Positive Pressure Techniques for Airway Clearance. *Respir Care* 2002;47:786-796.
3. Tobin M, Alex C. Discontinuation of mechanical ventilation. In: Tobin M, editor. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation*. 1 ed. New York: MacGraw-Hill; 1994. p. 1117-206.
4. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW, et al. Evidence-Based Guidelines for Weaning and Discontinuing Ventilatory Support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest* 2001;120:375-484.
5. Brochard L, Rauss A, Benito MJ. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:896-903.
6. Esteban A, Alía L, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning. A National Survey of Spanish hospitals. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994;106:1188-1193.
7. Scanlan C, Wilkins RL, Stoller JK. Discontinuing Ventilatory Support. In: F. ED, editor. *Egan's Fundamentals of Respiratory Care*. St. Louis: Mosby; 1999. p. 771-790.
8. Smith TC, Marini JJ. Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe airflow obstruction: the effect of PEEP on auto-PEEP. *J Appl Physiol* 1988;65:1488-1499.
9. Tobin MJ, Lodato RF. PEEP, auto-PEEP, and waterfalls (editorial). *Chest* 1989;96:449-451.
10. Menna Barreto SS, Vieira SS, Pinheiro CTS. Introdução a Ventilação Mecânica. In: *Rotinas em Terapia Intensiva*. 3 ed. Porto Alegre: ArtMed; 2001.
11. Mahlmeister MJ, Fink JB, Hoffman GL, Fifer LF. Positive-Expiratory Pressure Mask Therapy: Theoretical and Practical Considerations and a Review of the Literature. *Respir Care* 1991;36:1218-1229.
12. Andersen JB, Qvist H, Kann T. Recruiting collapsed lung through collateral channels with positive end-expiratory pressure. *Scan J Respir Dis* 1979;60:260-266.
13. Falk M, Kelsstrup M, Andersen JB. Improving the ketchup bottle method with positive expiratory pressure, PEP, in cystic fibrosis. *European Journal of Respiratory Disease* 1984;65:423-432.

Artigo em Português

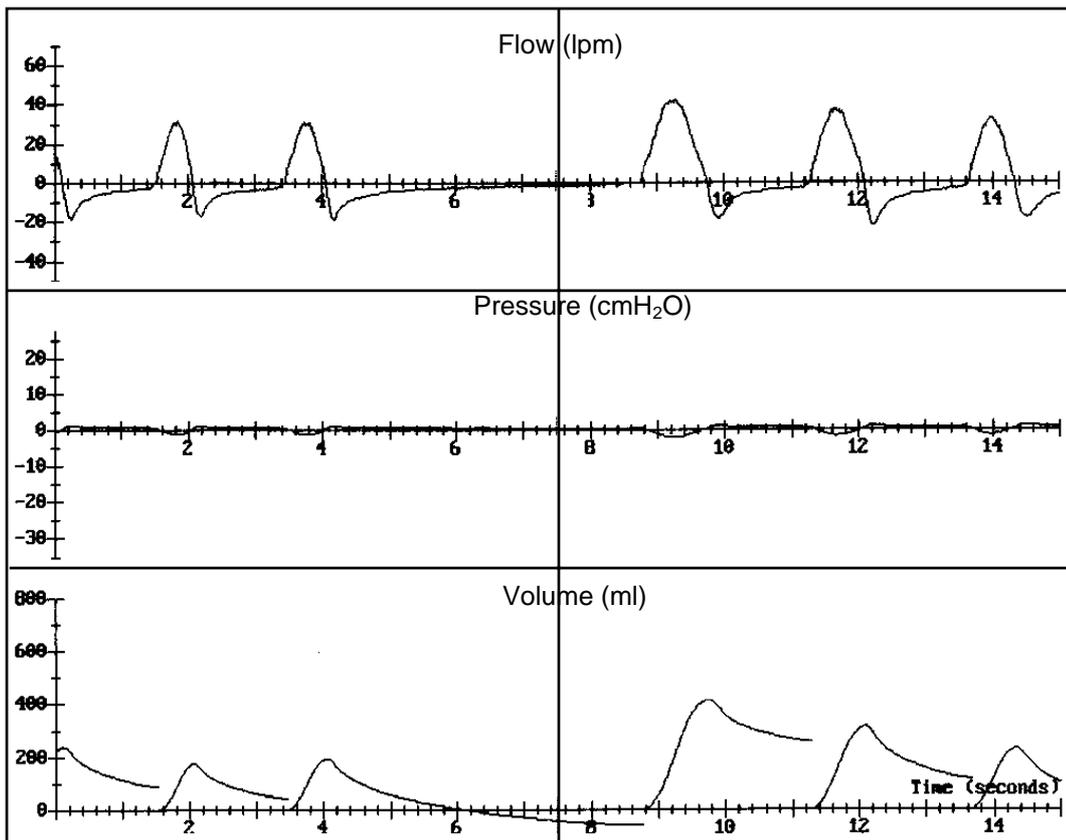
14. Sutter PM, Fairley HB, Isenberg MD. Effect of tidal volume and positive end-expiratory pressure on compliance during mechanical ventilation. *Chest* 1978;73:158-162.
15. Brochard L. Intrinsic (or auto-) PEEP during controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:1373-1378.
16. Hoffmann RA, Ershowky PBS, Krieger BP. Determination of Auto-PEEP during spontaneous and controlled ventilation by monitoring changes in end-expiratory thoracic gas volume. *Chest* 1989;96:613-616.
17. Darwich RN. Monitorização Respiratória durante a Ventilação Mecânica. In: *Conduas e Rotinas em Terapia Intensiva*. Rio de Janeiro: Atheneu; 2002. p. 103-111.
18. Marini JJ. Positive End-Expiratory Pressure. In: *Critical Care Medicine: The Essentials*. 2 nd ed. Media, Pennsylvania, USA: Willians and Wilkins; 1997. p. 157-172.
19. Brochard L, Pluskwa F, Lemaire F. Improved efficacy of spontaneous breathing with inspiratory pressure support. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:411-415.
20. Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989;32:1011-1016.
21. MacIntyre NR. Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* 1986;89:677-683.
22. Tokioka H, Saito S, Kosaka F. Effect of pressure support ventilation on breathing pattern and components of work of breathing pattern. *Int Care Medicine* 1989;15:491-494.

ANEXOS

ANEXO 1

Name: _____ Location: _____ HCPA Weight (kg): _____ Time: _____ 17:28
ID Code> _____ 865720/7 D.O.B: _____ 16/01/2001 Date : _____ 01/16/01 Duration : _____ 0 :02
Ayre minute 15
Ruler Date: 01/16/01 Ruler Time: 17:28:35

Minute Vent-Total (L): _____ 5.16	Compliance-Dyn (ml/cmH2O): _____ 0.0	Work-Patient (J/L): _____ 0.165
Minute Vent-Spont (L) : _____ 5.16	Peak Exp Flow (L/min) : _____ 17.9	I:E Ratio: _____ 2.77
Resp. Rate (b/min): _____ 28	Mean Airway Pressure (cmH2O): _____ 0.3	Pressure-0.1 (cmH2O): _____ -0.7
Tidal Vol-Spont (ml): _____ 184.2	Peak Insp Press (cmH2O): _____ 0.0	Inspired Vol (ml): _____ 0.0
Tidal Vol-Mech (ml): _____ 0.0	PEEP (cmH2O): _____ 0.5	Expired Vol (ml): _____ 0.0
Tidal Vol-corr (ml/kg): _____ 0.00	PEEP-auto (cmH2O): _____ 0.0	Mechanical?: _____ No
Resistance (cmH2O/L/S): _____ 0.0	Work-Mechanical (J/L): _____ 0.000	



ANEXO 2 A

CARDIO-RESPIRATORY MONITORING FORM

Name: _____ File: _____
 Age: _____ Sex: M () F () APACHE Hospitalization: _____
 Hospitalization ICU: _____ Release date ICU: _____ Death: Y _____ N _____
 Time on mechanical ventilation: _____
 Reason for hospitalization ICU: _____
 Reason for MV: _____
 Basic Diseases: _____
 Protocol Date: _____

Symptoms

Pain: _____
 Discomfort: _____
 Dyspnea: _____

Drugs in use: Y or N

Corticoid () Opioid () Neuromuscular Blockers () Benzodiazepines ()

Arterial Blood Gases:

PaCO₂: _____
 HCO₃: _____
 PaO₂: _____
 SaO₂: _____

PARÂMETERS MEASUREMENTS

Ventilatory mode previous to PS: _____
 Pressure support: _____
 PEEP: _____
 FiO₂: _____
 V_T: _____
 rr MV: _____
 Peak Pressure: _____

MÉTHODS									
PARÂMETERS	Time 1	Time 15	Time 30	Time 1	Time 15	Time 30	Time 1	Time 15	Time 30
<i>F</i>									
<i>HR</i>									
<i>V_E</i>									
<i>V_T</i>									
<i>SaO₂</i>									
<i>PEEPi</i>									
<i>WOB</i>									

Return to ventilation: Y S date: _____ time: _____ length of time: _____ Reason: _____

ANEXO 2 B

FICHA DE MONITORIZAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

Nome: _____ Prontuário: _____
Idade: _____ Sexo: M () F () APACHE internação: _____
Data internação CTI: _____ Data alta CTI: _____ Óbito: S _____ N _____
Tempo ventilação mecânica: _____
Motivo internação CTI: _____
Motivo da VM: _____
Donças básicas: _____
Data do protocolo: _____

Sintomas

Dor: _____
Desconforto: _____
Dispneia: _____

Drogas em uso: S ou N

Corticóide () Opióides () Bloqueadores Neuromusculares () Benzodiazepínicos ()

Gasometria:

PaCO₂: _____
HCO₃: _____
PaO₂: _____
SaO₂: _____

PARÂMETROS PRÉ-MEDIDAS

Modo ventilatório prévio a P.S.: _____
Pressão de suporte: _____
PEEP: _____
FI_{O2}: _____
VAC: _____
FR VM: _____
Pressão de Pico: _____

MÉTODO									
PARÂMETROS	1 Min	15 Min	Min 30	1 Min	15 Min	30 Min	1 Min	15 Min	30 Min
<i>F</i>									
<i>F_c</i>									
<i>V_E</i>									
<i>V_T</i>									
SaO ₂									
PEEP _i									
WOB									

Retorno a ventilação: N S data: _____ hora: _____ tempo: _____ Motivo: _____