

Interação paciente ventilador nas diferentes fases do ciclo ventilatório em ventilação por pressão de suporte

Patient-ventilator interaction on different phases of mechanical breath in pressure support ventilation

Sofia Cordeiro Públio¹, Jocimar Avelar Martins²

RESUMO

Introdução: O principal objetivo da ventilação mecânica é a diminuição do trabalho respiratório. Para que isto ocorra, o ciclo mecânico deveria coincidir com o tempo inspiratório neural do paciente. A assincronia paciente ventilador ocorre por fatores relacionados ao paciente e aos parâmetros ventilatórios e podem prolongar o tempo de suporte mecânico e permanência em unidades de terapia intensiva. **Objetivos:** Revisar a assincronia nas diferentes fases do ciclo respiratório, sua avaliação através dos gráficos e as intervenções capazes de melhorar a interação paciente ventilador em ventilação por pressão de suporte. **Resultados/ Discussão:** Através de busca em base de dados científicos, foram incluídos 26 artigos que abordavam o tema proposto. Os diferentes tipos de assincronia podem ser observados através de esforços ineficientes, atrasos no disparo, disparos automáticos, disparos duplos, presença de PEEP intrínseca, terminos prematuro ou prolongado da inspiração e curvas diferentes do padrão usual. **Conclusão:** A correta identificação e ajustes conforme a demanda do paciente são pontos importantes na interação paciente ventilador e podem contribuir para a melhora do prognóstico destes pacientes.

Palavras-chave: Interação paciente ventilador, assincronia paciente ventilador, ventilação por pressão de suporte.

ABSTRACT

Introduction: The main reason of mechanical ventilation is the decrease the work of breathing. To achieve it, the mechanical breath should coincide with the neural inspiratory time. Patient-ventilator asynchrony may be secondary for the facts related to the patient's condition or ventilatory settings and may prolong support and UTI stay. **Objectives:** Review asynchrony in different phases of mechanical breath, the evaluation through ventilator waveforms and the proper settings to improve patient-ventilator interaction in pressure support ventilation. **Results/ Discussion:** Through research on scientific basis, 26 studies that match the theme were included. Asynchrony may be seen as inefficient efforts, trigger delay, auto-triggering, double triggering, presence of auto-PEEP, premature termination, delayed termination or unusual waveforms. **Conclusion:** Proper identification and adjustments that coincides with patient's demand are critical points in patient ventilator interaction and may contribute to improve their prognosis.

Key-words: Patient ventilator interaction, patient ventilator asynchrony, pressure support ventilation

¹ Fisioterapeuta graduada pela PUC-MG; Especialista em Fisioterapia Cardiopulmonar pela UFMG. Hospital Eduardo de Menezes - Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais.
² Fisioterapeuta graduada pela UFMG; Especialista em Fisioterapia Respiratória pela UFMG; Especialista em Fisioterapia Respiratória pela ASSO-BRAFIR; Mestre em Ciências da Reabilitação pela UFMG.

Instituição:
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais

Endereço para correspondência:
E-mail: sofspublio@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Em pacientes com insuficiência respiratória aguda, a instituição da ventilação mecânica é necessária principalmente objetivando a diminuição do trabalho respiratório^{1,2,3}, a melhora da troca gasosa⁴ e a recuperação dos músculos respiratórios⁵. A ventilação mecânica pode ser instituída em pacientes com ou sem drive respiratório, utilizando-se modos assistidos, espontâneos ou controlados respectivamente. Em modalidades controladas, o sistema respiratório representa uma estrutura passiva, onde o ventilador é responsável pelo disparo, manutenção e ciclagem do ciclo respiratório. No entanto, em modos assistidos e/ou espontâneos, o controle da respiração está sujeito e sob influência dos parâmetros do ventilador.^{6,7}

Durante a ventilação mecânica, o sistema respiratório está sob influência de duas bombas: os parâmetros ajustados no ventilador e a função dos músculos respiratórios. A interação paciente ventilador é dada pela harmonia entre essas duas bombas a fim de garantir as demandas do paciente.^{8,9} Teoricamente, o ventilador deveria trabalhar em perfeita harmonia com o tempo inspiratório neural do paciente. Quando há desproporção entre o tempo inspiratório do paciente e o tempo inspiratório programado, acontece a assincronia paciente ventilador.^{1,2,10,11,12} Aproximadamente 25% dos pacientes intubados apresentam assincronia durante o tempo de ventilação artificial.¹

A assincronia ocorre devido a múltiplos fatores, ora relacionados ao paciente, como: fraqueza dos músculos respiratórios, alteração da mecânica pulmonar, diminuição do drive respiratório, que incluem nível de sedação, acidose e febre; e ora relacionados aos parâmetros da ventilação mecânica, como nível de suporte ventilatório, sensibilidade de disparo, fluxo inspiratório e critérios de ciclagem.^{5,13} A assincronia pode levar a maior necessidade de sedação, prejuízo na qualidade do sono,¹⁴ dano à musculatura respiratória, falso diagnóstico de falência ao desmame,¹⁵ além de prolongar o suporte ventilatório^{1, 5, 9, 15} e apresentarem pior prognóstico.⁵

Durante a ventilação mecânica, o ciclo respiratório pode ser dividido em: fase de pré disparo, fase inspiratória, fase pós inspiratória e fase expiratória.⁹ A assincronia pode acontecer nas diferentes fases do ciclo. A mudança nos parâmetros ventilatórios interfere no padrão respiratório através de diferentes mecanismos, afetando o drive neural ou a mecânica pulmonar.¹⁶

Existem formas distintas de se avaliar a assincronia paciente ventilador. Dentre elas, destacam-se a utilização de um algoritmo computadorizado que utiliza um sinal de fluxo e pressão expiratórios capaz de detectar perturbações nesses parâmetros.^{5, 15, 17, 18} Um outro tipo de algoritmo, que utiliza um sinal gerado através da equação do movimento¹⁵ se propõe a identificar com razoável acurácia o início e final dos esforços ineficientes. Medidas precisas do tempo neural e do tempo de disparo do ventilador só são possíveis através da aplicação de instrumentos sofisticados e invasivos, como a eletromiografia, através de um eletrodo esofágico.¹⁷ No entanto, a assincronia paciente ventilador pode ser avaliada através da visualização das curvas de fluxo e pressão,^{2, 6, 8} levando-se em conta que a grande maioria dos ventiladores microprocessados dispõe desta tecnologia e por se tratar de uma forma simples e rápida e que está de acordo com a realidade da prática nas unidades de terapia intensiva.

Atualmente, modos assistidos tem ganhado notoriedade por evitarem a disfunção e fraqueza diafragmática e por acelerarem o desmame ventilatório.² A ventilação por pressão de suporte (PSV) se caracteriza por um modo assistido, em que um nível constante de pressão positiva é aplicado a cada inspiração espontânea. Esta modalidade tem sido largamente utilizada em processos de desmame em pacientes acometidos por diferentes patologias¹⁹ por se tratar de uma modalidade confortável, por diminuir o trabalho respiratório e o esforço gerado pelo paciente^{19, 20} e por permitir melhor sincronia entre o paciente e o ventilador. No entanto, o ajuste incorreto dos parâmetros na modalidade PSV, pode aumentar o trabalho respiratório pelo aumento de esforços ineficientes, levando a assincronia e atraso do desmame ventilatório.^{1, 2, 14, 19} O objetivo deste estudo é revisar a assincronia paciente ventilador nas diferentes fases do ciclo respiratório, suas causas e consequências e a abordagem terapêutica indicada para melhorar a interação, utilizando para isso a análise dos gráficos de fluxo e pressão disponíveis nos monitores dos equipamentos e tendo como enfoque a modalidade de ventilação por pressão de suporte.

METODOLOGIA

Foi realizada busca em base de dados científicas: PubMed, LILACS, PEDro, BIREME, utilizando-se

como palavras chave: patient ventilator interaction, patient ventilator asynchrony, pressure support ventilation and mechanical ventilation. Dentre os artigos encontrados, foram selecionados aqueles cujo tema principal fossem os tipos de assincronia, a forma de avaliação da assincronia e intervenções cujo objetivo fosse a diminuição ou correção da mesma. No total, foram utilizados 25 artigos nesta revisão narrativa.

RESULTADOS / DISCUSSÃO

Em seguida, o ciclo respiratório será dividido em 4 fases para melhor entendimento da assincronia, suas formas de avaliação através das curvas gráficas e das possíveis intervenções nos parâmetros ventilatórios.

Fase de Pré Disparo

Em PSV, o ciclo inspiratório é iniciado pelo esforço do paciente, e ajustado através da sensibilidade do ventilador que pode utilizar a pressão ou fluxo como variáveis de disparo.

No disparo a pressão, o paciente deve realizar um esforço necessário para diminuir a pressão no circuito ventilatório, a partir do nível expiratório final, a um valor predeterminado e então abrir a válvula de demanda ou válvula inspiratória.^{6, 8, 21, 22} Parâmetros de sensibilidade a pressão variando de -0.5 cm H₂O a -2 cm H₂O são seguros e efetivos para a maioria dos pacientes.²¹

No disparo a fluxo, a inspiração é iniciada quando há uma alteração no fluxo do circuito ventilatório maior do que o valor predeterminado.^{3, 21, 22} Parâmetros entre 1 e 5 L/min são geralmente utilizados.²¹

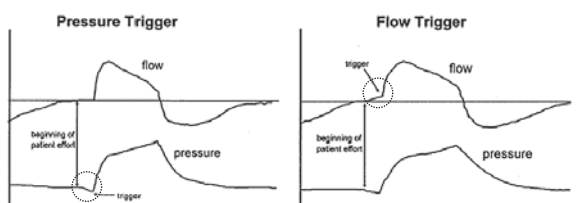


Figura 1 - Disparo a pressão (esquerda) e a fluxo (direita). No disparo a pressão, o ciclo é iniciado quando a pressão cai abaixo da linha de base. No disparo a fluxo, o ciclo é iniciado quando o fluxo aumenta além da linha de base, indicando esforço inspiratório do paciente. Adaptado de Nilsestuen e Hargett, 2005.⁸

Altos valores de sensibilidade diminuem o tempo de disparo, porém aumentam o número de disparos automáticos, em que o ciclo é iniciado sem que o esforço respiratório pelo paciente tenha antecedido.

A fase anterior ao disparo, quando o paciente realiza o esforço inspiratório, é chamada de fase de pré disparo. Pode ocorrer um atraso entre o esforço e a entrega de fluxo pelo ventilador, que quando prolongada, pode produzir assincronia. Terado *et al*²⁰ investigaram o atraso entre o esforço e o disparo em 7 ventiladores (Puritan-Bennet type 840, Servo-i, Evita 4, Evita XL, Esprit, VELA e T-Bird) e suas consequências no trabalho necessário para disparar o ventilador, e perceberam que houve diferenças significativas entre os modelos. Entre eles, o Puritan Bennett tipo 840 apresentou o menor tempo de disparo e o Evita 4 demonstrou requisitar menor trabalho inspiratório.

Vários estudos tem comparado a sensibilidade a fluxo e a pressão. Holbrook e Guilles²³ em seu estudo concluíram que o disparo a pressão pode ser tão eficiente quanto o disparo a fluxo em diminuir o trabalho respiratório. Em seu estudo de revisão, Hess²¹ destacou que o disparo a pressão nos ventiladores mais recentes tem demonstrado ser melhor do que nos modelos mais antigos e que o disparo a fluxo parece beneficiar pacientes com PEEP intrínseca. Apesar da preferência atual pela sensibilidade a fluxo, ainda não existem relatos na literatura que provem sua superioridade em relação à sensibilidade a pressão.

O disparo pode ocorrer também através da utilização da eletromiografia diafragmática. Há relatos de diminuição do atraso no disparo, diminuição do trabalho respiratório e na deflexão na curva da pressão esofageana, além do disparo não ser afetado pela PEEP intrínseca. Porém, esta modalidade ainda está sob investigação e sua utilidade ainda precisa ser determinada.²¹

Outra forma de disparo é a utilização da onda de fluxo. Uma mudança repentina no fluxo do paciente cruzará um sinal de onda, que dispara (fase inspiratória) ou cicla (fase expiratória) o ventilador.²¹ Prilianakis *et al*⁷ observaram que quando comparado à sensibilidade a fluxo, o sinal da onda de fluxo melhorou a performance do ventilador e diminuiu o esforço do paciente durante a fase inspiratória. No entanto, este modo de disparo aumentou o número de disparos automáticos.

Esforços Ineficientes

Os esforços ineficientes acontecem quando há um esforço inspiratório do paciente sem o disparo do ventilador. Eles podem ser avaliados através do gráfico de pressão esofageana, que consiste em um procedimento invasivo, não comumente utilizado na prática clínica, por sofrer influências da posição corporal, frequência cardíaca, deglutição e movimentações do catéter. Georgopoulos *et al*⁶ sugerem que a avaliação dos esforços ineficientes na fase expiratória pode ser realizada também através da curva de fluxo, onde o aumento do fluxo expiratório que não ultrapassa a linha de base é reconhecido como uma contração dos músculos inspiratórios sem que haja entrega de fluxo pelo ventilador. Na curva de pressão de vias aéreas, pode ser observada uma queda da pressão abaixo do nível de PEEP que não é seguida pelo próximo ciclo respiratório.

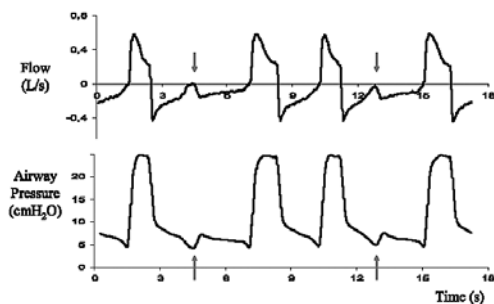


Figura 2 - Curvas de fluxo e pressão de um paciente demonstrando esforços ineficientes frequentes. A figura mostra dois esforços ineficientes (setas) detectadas através de queda da pressão de vias aéreas que coincidem com aumentos do fluxo. Adaptado de Thille *et al*, 2008.¹

Esforços ineficientes podem ocorrer também na fase inspiratória. São observados também através do gráfico de fluxo. Mais precisamente durante a ventilação por pressão de suporte (PSV), observa-se um aumento abrupto do fluxo durante a fase inspiratória.

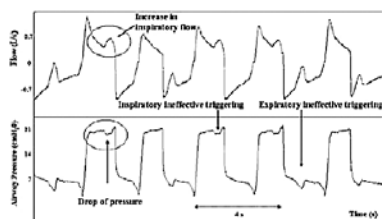


Figura 3 - Curvas de fluxo e pressão de vias aéreas demonstrando esforços ineficientes tanto na fase inspiratória (círculos) quanto na fase expiratória. Adaptado de Thille *et al*, 2006.²

Esforços ineficientes podem ocorrer devido ao critério de sensibilidade, tempo de resposta a demanda, design do circuito, tamanho do tubo endotraqueal, altas frequências respiratórias²³ e magnitude do esforço inspiratório.⁷ Porém, a maior causa de esforços ineficientes é a hiperinsuflação dinâmica, que leva ao aparecimento de PEEP intrínseca (PEEPi).⁸ A hiperinsuflação ocorre devido a vários fatores como altos volumes corrente, aumento da resistência ao fluxo expiratório e baixo tempo expiratório neural.⁶ Quando há hiperinsuflação, os músculos inspiratórios trabalham em um nível acima da capacidade residual funcional (CRF) e uma carga linear é imposta a eles a cada ciclo (PEEPi). O gradiente de pressão entre a pressão intrínseca do pulmão e a pressão do circuito ventilatório fica maior, e o paciente deve vencer este gradiente a fim de disparar o ventilador.^{6, 8, 15, 16} Prina-nakis *et al*⁷ relatam que esforços ineficientes podem ser comparados à contrações pliométricas (contração dos músculos inspiratórios ao mesmo tempo que se alongam devido ao esvaziamento dos pulmões), o que leva a lesões estruturais das fibras musculares, gerando déficits de força. Além disso, podem levar a fadiga dos músculos inspiratórios.¹⁶

Segundo Nilsestuen *et al*⁸, os ciclos respiratórios que precedem esforços ineficientes apresentavam tempo inspiratório maior e tempo expiratório menor do que os ciclos que precederam respirações que devidamente disparavam a próximo ciclo. Tobin *et al*³ relataram que os ciclos que antecediam esforços ineficientes apresentaram maior volume corrente além de menor tempo expiratório, o que aumenta a pressão de recolhimento elástico e está relacionada à hiperinsuflação dinâmica.

Esforços ineficientes são comumente vistos em pacientes com DPOC devido a própria característica da patologia pulmonar. Porém, conforme citado, a PEEPi pode ocorrer por parâmetros não apropriados do ventilador. Intervenções que diminuem os esforços ineficientes incluem medidas que diminuem a magnitude da hiperinsuflação dinâmica (baixos volumes correntes, tempos expiratórios maiores, diminuição da resistência de vias aéreas), medidas que aumentam o esforço muscular respiratório (diminuição do nível de sedação), ajuste da sensibilidade e aplicação de PEEP extrínseca que não ultrapasse a PEEPi.⁶ Nilsestuen *et al*⁸ relatam que a adição de PEEP no ventilador diminui o gradiente de pressão entre a pressão alveolar e do circuito, aumentando a linha de base de pressão, facilitando o disparo pelo

paciente. Prinianakis *et al*⁷ concluíram em seu estudo, que o principal fator relacionado aos esforços ineficientes foi o critério de disparo do ventilador.

Disparos Automáticos

Disparos automáticos ocorrem quando o ventilador dispara sem que haja o esforço inicial do paciente.⁶ Este fenômeno pode ser observado através das curvas de fluxo e pressão. A ausência de queda da pressão que antecede o ciclo respiratório e, em PSV, a distorção na curva de fluxo (variação do pico de fluxo inspiratório ou na duração da inspiração mecânica) quando comparada a uma curva assistida indicam presença de disparos automáticos.⁶

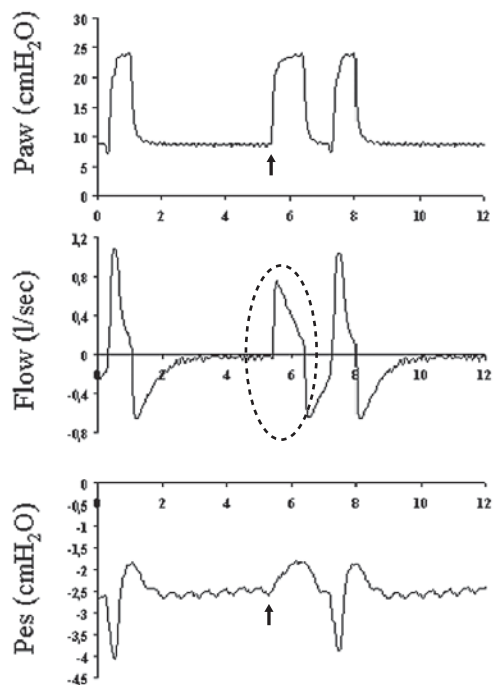


Figura 4 - Curvas de pressão de vias aéreas, fluxo e pressão esofágica de um paciente em ventilação por pressão de suporte. O segundo ciclo é disparado sem o esforço inicial do paciente (queda abrupta na pressão de vias aéreas e esofágica) e, anteriormente ao disparo automático, o fluxo permanece igual a zero por certo tempo. Observa-se a diferença no padrão da onda de fluxo disparada pelo paciente e disparada automaticamente. Adaptado de Georgopoulos et al, 2006.⁶

As principais causas de disparos automáticos são falhas no circuito, flutuações expiratórias causadas por água no circuito, oscilações cardíacas,^{2, 6, 8, 21, 22}

movimentação do paciente,²¹ além de soluços e baixos níveis de sensibilidade (pressão ou fluxo).⁶

Disparos automáticos podem ser observados em todos os modos ventilatórios e estão geralmente associados com drives respiratórios diminuídos, baixas frequências respiratórias e não se correlacionam com hiperinsuflação dinâmica.⁶

A intervenção que melhora o aparecimento de disparos automáticos é o ajuste da sensibilidade. Esta deve ser alta o suficiente que requeira o menor esforço do paciente sem ser capaz de provocar disparos automáticos.⁸

Disparos Duplos

Geralmente acontecem em altas demandas ventilatórias ou quando o tempo inspiratório do ventilador mecânico é muito curto.¹⁰ No geral, não se caracteriza como um problema de sensibilidade de abertura de válvula e sim quando o volume ou fluxo pré determinado não são ajustados conforme a demanda do paciente ou quando há um aumento inesperado na demanda que ultrapassa as condições previamente estabelecidas.⁸

Disparos duplos podem ser detectados através das curvas de pressão e fluxo, onde se observam dois ciclos respiratórios entregues para apenas um esforço inspiratório (Fig. 12).

Disparos duplos ocorrem na presença de suspiros, esforços associados a tosse ou em condições mais sérias em que o volume ou fluxo estiverem inapropriadamente baixos.⁸ Em seu estudo, Thille *et al*² observaram maior número de disparos duplos em modalidades assisto controladas do que em PSV. Os fatores associados aos disparos duplos foram índice de oxigenação (PaO_2/FiO_2) mais baixos, baixos tempos inspiratórios, altos níveis de PEEP e altas pressões inspiratórias máximas; sugerindo maior severidade da lesão pulmonar.

Fase Inspiratória

Em PSV, a variável independente, ou seja, a que não depende do esforço inspiratório do paciente, é a pressão de vias aéreas, e as variáveis dependentes são volume e fluxo. Por esta razão, a avaliação da onda de fluxo e volume são melhores estimativas do esforço realizado pelo paciente.⁶ Curvas de fluxo

constantes ou arredondadas indicam esforço inspiratório significativo por provável nível de suporte inadequado (Figura 5). Por outro lado, uma queda rápida do fluxo inspiratório simultânea a um aumento pressórico no final da inspiração, indica contração dos músculos expiratórios e assincronia paciente ventilador (Figura 6).

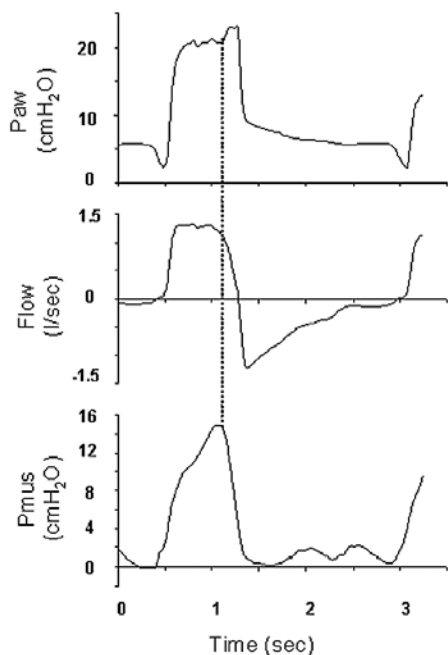


Figura 5 - Curvas de pressão de vias aéreas, fluxo e pressão dos músculos respiratórios (Pmus) em um paciente em ventilação por pressão de suporte. A Pmus aumenta progressivamente ao final da inspiração mecânica, indicando contração vigorosa dos músculos inspiratórios. Como resultado, o fluxo mantém relativamente constante durante a inspiração. Quando a Pmus começa a diminuir, (i.e: início da expiração neural – linha tracejada) a pressão de vias aéreas aumenta devido ao fato de que o ventilador não é capaz de seguir a rápida mudança na Pmus e mantém-se constante no circuito ventilatório. Adaptado de Georgopoulos et al, 2006.⁶

Em pacientes com alta resistência de vias aéreas, pode ser observado um pico de fluxo inicial seguido de queda abrupta. Este é um sinal de severidade da obstrução pulmonar, onde o pico representa o deslocamento de ar do tubo endotraqueal para as grandes vias aéreas.

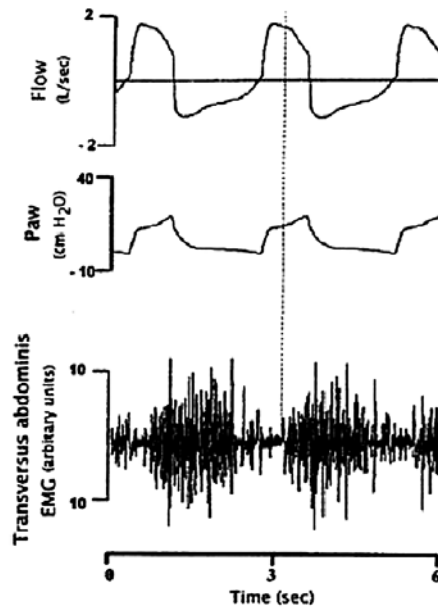


Figura 6 - Curvas de fluxo, pressão de vias aéreas e atividade dos músculos expiratórios (medida por eletromiografia) em um paciente em ventilação por pressão de suporte. Há uma queda rápida do fluxo e o aumento na pressão de vias aéreas simultâneos ao início da contração dos músculos expiratórios (linha tracejada). Adaptado de Georgopoulos et al, 2006.⁶

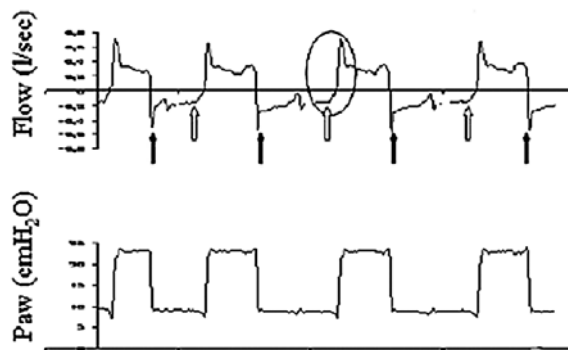


Figura 7 - Fluxo e pressão de vias aéreas em paciente com doença pulmonar obstrutiva em ventilação por pressão de suporte. O fluxo expiratório mostra um pico inicial (setas escuras), indicando alta resistência de vias aéreas e limitação ao fluxo aéreo. Adaptado de Georgopoulos et al, 2006.⁶

Tempo de Pressurização da Curva de Pressão (Rise Time ou Slope/Rise)

O tempo necessário para que a pressão atinja o nível pré-estabelecido é chamado de tempo de subida ou elevação ou tempo de pressurização. Quanto menor o tempo de pressurização, mais rapidamente a pressão atingirá seu pico. O ajuste correto do tempo de pressurização da curva de pressão permite modular o fluxo, de forma indireta, durante a fase inspiratória em PSV. Tempos de pressurização rápidos estão associados a altos fluxos no início da inspiração.

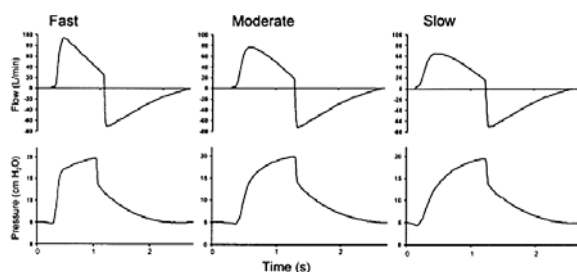


Figura 8 - Curvas de fluxo e pressão para três tempos de pressurização em pressão de suporte estabelecida a 20 cm H₂O. O efeito do tempo de pressurização pode ser observado na fase inicial do fluxo inspiratório. Adaptado de Hess, 2005.²¹

O tempo de pressurização da curva de pressão deve ser ajustado observando-se as curvas de fluxo e pressão simultaneamente a fim de se alcançar uma onda quadrada de pressão, evitando-se concavidades e “overshoots”.

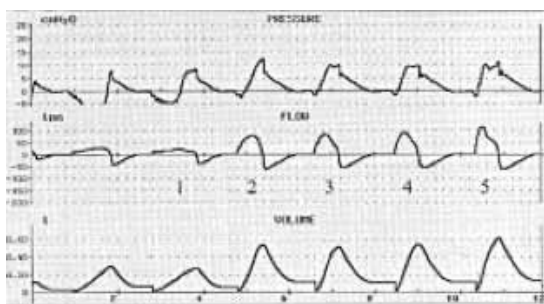


Figura 9 - Curvas de pressão, fluxo e volume durante ventilação com pressão de suporte, utilizando-se diferentes tempos de pressurização variando de muito lento (1) a muito rápido (5). O gráfico de pressão se torna progressivamente mais constante à medida que a válvula é aberta mais rapidamente (tempo de pressurização menor). No 5º ciclo, observe que a válvula se abre rapidamente causando o fenômeno de overshoot na fase inicial da respiração. Adaptado de Hess, 2005.²¹

Não há um consenso sobre o tempo de pressurização ideal. Mac Intyre e Ho APUD Hess²¹ relatam que o tempo de pressurização ideal para alguns pacientes se encontra num ajuste mais alto, enquanto para outros, num patamar mais baixo. Há relatos de que tempos de pressurização menores diminuem o trabalho respiratório pela abertura mais rápida da válvula e seriam mais indicados para pacientes com altas demandas.^{8,21} No entanto, tempos de pressurização menores podem causar o fenômeno de overshoot. Este é visto quando não há adequação entre o fluxo entregue pelo ventilador e a demanda do paciente. Baixos tempos de pressurização podem gerar desconforto, com aumento da sensação de dispnéia^{6,8} e término prematuro da inspiração se o critério de ciclagem for a queda do fluxo inspiratório.

Jolliet e Tassaux¹⁶ referem que o tempo de pressurização deveria ser ajustado maior que 100 ms e, se houver desconforto, deveria ser aumentado para 200 ms.

Nível de Suporte

Ainda não há consenso sobre o nível de pressão de suporte ideal apesar das recentes pesquisas. Nava *et al*¹⁹ relataram em seu estudo em pacientes com DPOC e SDRA, em que foram utilizadas pressões de suporte variando de 15,9 a 24,4 cm H₂O, que baixos níveis de suporte aumentaram a atividade dos músculos respiratórios, levando a piora dos gases arteriais. Aliverti *et al*⁹ observaram que com o aumento da pressão de suporte de 5 para 25 cm H₂O, houve diminuição da fase onde o esforço do paciente predomina sobre a contribuição do ventilador, indicando que quanto mais alto o suporte, mais passivo se tornaria o ciclo ventilatório. Além disso, em altos níveis de suporte houve maior contribuição do compartimento abdominal durante a fase inspiratória, aumento da frequência respiratória e diminuição do volume corrente se caracterizando em um padrão respiratório rápido e superficial. Neste estudo, pressões de suporte de 5 cm H₂O foram correlacionadas com maior drive neural.

Thille *et al*² sugerem que altos níveis de suporte estão relacionados a altos volumes corrente e tempos inspiratórios, o que leva à hiperinsuflação dinâmica e maior ocorrência de disparos ineficientes. Chao *et al* APUD Thille *et al*² concluíram que o método mais

eficiente de eliminar a assincronia seria a diminuição do nível de suporte.

Leung *et al* APUD Tobin *et al*³ encontraram que em altos níveis de pressão de suporte, de 25 a 30% dos pacientes apresentaram esforços ineficientes, o que foi fortemente correlacionado ao nível de suporte ventilatório. Além disso, altos níveis se relacionaram a drives neurais mais baixos e maior tempo necessário para disparar o ventilador. Isto nos leva a crer que o aumento no nível de assistência ventilatória não diminui o esforço necessário durante a fase de disparo, pelo contrário, tende a aumentar o número de tentativas não sucedidas de disparar o ventilador. Passam *et al*²⁴ também observaram aumento de esforços ineficientes em altas pressões de suporte quando comparados níveis que variaram de 5 a 35 cm H₂O.

Estes achados vão de encontro com o estudo de Thille *et al*¹ que concluíram que a redução da pressão de suporte eliminou esforços ineficientes em 2/3 dos pacientes estudados e diminuiu o volume corrente para aproximadamente 6 ml/kg. Os autores atribuíram a diminuição da assincronia de disparo à combinação de redução de PEEPi e aumento do drive neural.

Colombo *et al*¹³ observaram que altos níveis de suporte aumentaram a ocorrência de inspirações prolongadas, isto é, que ultrapassam o tempo inspiratório neural. Este fato é relacionado a assincronia por atrasar o início da expiração, diminuindo o tempo expiratório, levando a hiperinsuflação dinâmica e PEEPi.

Os estudos sugerem que a pressão de suporte deveria ser ajustada a fim de alcançar conforto respiratório, volume corrente de aproximadamente 8 ml/kg e frequência respiratória menor que 30 irpm.^{1,16}

Fase Pós Inspiratória

Critério de Ciclagem em PSV

Durante a modalidade PSV, existem duas formas de ciclagem do tempo inspiratório: o critério a pressão ou a fluxo.

Pelo critério de pressão, o fluxo é cessado quando a pressão de vias aéreas aumenta a um valor maior que o nível de suporte previamente estabelecido. Pelo critério a fluxo, a ciclagem ocorre quando o fluxo inspiratório cai a um valor que pode ser fixo, ex.: 5l/min, a uma porcentagem do pico de fluxo inspiratório, ex.:

25% do pico, ou uma variação que leva em consideração o pico de fluxo e o tempo inspiratório.²⁵

Um sistema de controle interno do ventilador monitoriza o pico de fluxo inspiratório durante a fase inicial da respiração e interrompe a inspiração quando o fluxo liberado para o paciente cai a uma porcentagem (ex.: 25%) do pico de fluxo inspiratório daquele ciclo respiratório. Em alguns ventiladores, este critério é fixo, porém em outros aparelhos, a porcentagem da queda do fluxo inspiratório pode ser alterada. Quando se altera o critério de ciclagem, pode-se indiretamente alterar o tempo inspiratório mecânico, interferindo na sincronia paciente ventilador.

Pacientes com DPOC apresentam constantes de tempo maiores devido ao aumento da resistência e complacência pulmonares; e o tempo necessário para atingir a queda do pico de fluxo inspiratório poderá ser maior, causando inspiração prolongada.³

Tokioka *et al*¹⁰ concluíram em seu estudo, em que foram comparados diferentes porcentagens do pico de fluxo inspiratório (1, 5, 20, 35 e 45%), que critérios mais altos diminuíram o volume corrente, aumentaram a frequência respiratória e o trabalho respiratório. Estes achados vão de encontro com o estudo de Thille *et al*² que observaram que em altos critérios de ciclagem, o número de esforços ineficientes, volume corrente, tempo inspiratório mecânico e PEEPi foram menores.

Tassaux *et al*¹¹ observaram que em critérios de ciclagem maiores que 25% do pico de fluxo, houve diminuição no tempo inspiratório mecânico, no atraso de ciclagem e disparo, PEEPi, número de esforços ineficientes e do esforço necessário para o disparo. Níveis abaixo de 25% levaram a uma piora dos parâmetros, refletindo a assincronia. No entanto, altos critérios podem levar à ciclagem prematura, gerando volumes corrente insuficientes, aumento do drive respiratório e piora da assincronia.¹¹

Segundo Yamada e Du²⁵ o ajuste do critério de ciclagem com análise da curva pressórica é difícil e se torna quase impossível se as curvas não estiverem disponíveis. Além do mais, considerando-se que a mecânica pulmonar e o esforço respiratório se modificam, o critério deveria ser frequentemente ajustado. Os autores sugerem que o critério fixo combinado com parâmetros adequados podem ser suficientes para melhorar a sincronia.

Chiumello *et al* APUD Hess²¹ avaliaram o tempo de pressurização e o critério de ciclagem em pacientes em recuperação de lesão pulmonar aguda em

ventilação por pressão de suporte. Eles chegaram à conclusão que tempos de pressurização menores diminuíram o trabalho respiratório e baixos critérios de ciclagem diminuíram a frequência respiratória com aumento no volume corrente, sem que houvesse mudanças no trabalho respiratório.

Término Prematuro da Inspiração e Inspiração Prolongada

Em condições ideais, o término da inspiração mecânica deveria coincidir com o tempo inspiratório neural do paciente. No entanto, este é um objetivo de difícil alcance. Se o tempo inspiratório mecânico for menor que o neural, a demanda do paciente pode não ser atendida e o fenômeno de disparo duplo pode ocorrer.^{3,21} Por outro lado, se o tempo mecânico exceder o tempo neural, o paciente poderá contrair os músculos expiratórios gerando assincronia.^{8,21}

Altas pressões de suporte geram altos volumes corrente, o que leva a um aumento no número de esforços ineficientes. Além disso, altos volumes corrente demandam tempos maiores para atingir o enchimento alveolar. Em pacientes com obstrução de vias aéreas, o fluxo inspiratório lentamente diminui e o critério de ciclagem a fluxo pode não ser atingido ao final da inspiração neural. Isto estimula a expiração ativa como tentativa de interromper a inspiração e iniciar a exalação.^{16,21} A expiração ativa pode ser vista

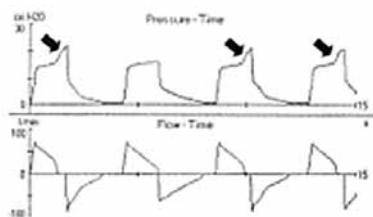


Figura 10 - Curvas de pressão e fluxo de um paciente em ventilação por volume controlado limitado a pressão. O esforço expiratório do paciente começa ainda no tempo inspiratório mecânico gerando um pico pressórico ao final da inspiração. Observe também o platô de fluxo igual a zero ao final da curva de fluxo inspiratório, indicando cessação do fluxo pulmonar previamente à expiração. Adaptado de Hess, 2005.²¹

como um aumento pressórico ao final da inspiração que excede a pressão de suporte pré-estabelecida.

Parthasarathy *et al* APUD Nilsestuen e Hargett⁸ relatam que a persistência da inspiração além do

tempo inspiratório neural não apenas se opõe ao fluxo expiratório como também diminui o tempo disponível para a expiração. Pode-se concluir então que ao diminuir o tempo expiratório, aumentam-se as chances de PEEPi e assincronia.

Términos prematuros da inspiração podem ser analisados através dos gráficos como uma queda abrupta da pressão à linha de base ou um rápido retorno a zero do fluxo expiratório, seguido ou não de aumento e logo em seguida nova queda gradual até zero, indicando continuação do esforço inspiratório pelo paciente. Isto ocorre porque quando o ventilador é ciclado, a pressão de recolhimento elástico ao final da inspiração é maior que a pressão dos músculos inspiratórios e, a pressão alveolar sendo positiva, gera fluxo expiratório.

Eventualmente, a contração dos músculos inspiratórios é capaz de retornar o fluxo à linha de base e

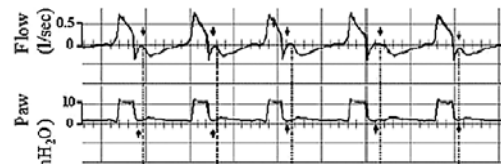


Figura 11 - Fluxo e pressão de vias aéreas em um paciente em ventilação por pressão de suporte. Observe a distorção das curvas de fluxo e pressão no início da expiração (setas) causados por contração contínua dos músculos inspiratórios. O final do tempo inspiratório neural é indicado pela linha tracejada. Este tipo de assincronia ocorre por abertura prematura da válvula expiratória (término prematuro da inspiração). Adaptado de Georgopoulos *et al*, 2006.⁶

iniciar novo disparo. Neste caso, um esforço dispara o ventilador mais de uma vez (disparo duplo).^{3,6}

O término prematuro diminui significativamente o volume corrente, tempo inspiratório, aumenta a frequência respiratória e o trabalho respiratório.⁸ Pode ser causada por baixos níveis de pressão de suporte, baixas constantes de tempo do sistema respiratório, altos fluxos e hiperinsuflação dinâmica que diminui a pressão de disparo por fluxo.⁶

Fase Expiratória

Os principais tipos de assincronia na fase expiratória são os esforços ineficientes, cuja causa principal

é a PEEPi. Conforme visto anteriormente, esta está geralmente associada com tempos expiratórios insuficientes ou por assincronia durante a fase de entrega de fluxo ou ciclagem. Chen *et al*¹⁸ concluíram que apenas a avaliação dos gráficos de fluxo e pressão são suficientes para a detecção de esforços ineficientes, considerando-se que instrumentos de medida da

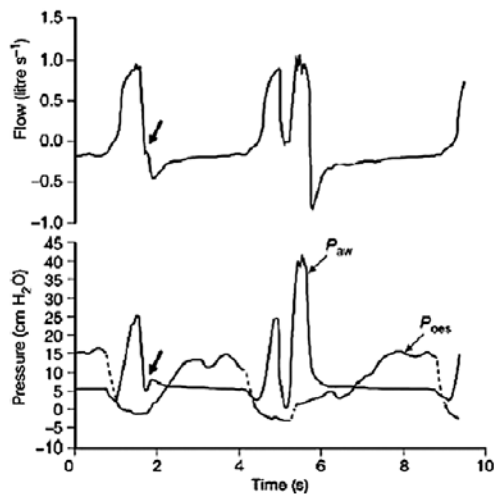


Figura 12 - Curvas de fluxo, pressão de vias aéreas (P_{aw}) e esofágiana (P_{es}) de um paciente se recuperando de lesão pulmonar aguda em ventilação assistida controlada a volume com fluxo constante. No primeiro ciclo, o atraso do fluxo expiratório e a distorção na P_{aw} após a abertura da válvula expiratória (setas grossas) são sinais de término prematuro da inspiração. No segundo ciclo, o tempo inspiratório é drasticamente reduzido. Devido a manutenção da contração dos músculos inspiratórios, eles desenvolvem pressões que superam o recolhimento elástico ao final da inspiração. Como resultado, a P_{aw} cai abaixo da carga de disparo e o ventilador entrega um novo ciclo respiratório. Com isso, dois ciclos serão iniciados por apenas um esforço inicial. Observe a alta P_{aw} alcançada no segundo disparo devido ao alto volume pulmonar (o volume deste ciclo é somado ao volume do ciclo anterior). Adaptado de Georgopoulos et al, 2006.⁶

pressão gástrica e esofágica e da eletromiografia diafragmática são invasivos.

Outra fonte de assincronia expiratória é o critério de ciclagem, o que pode gerar inspirações prematuras ou prolongadas em comparação com o término do esforço inspiratório do paciente. Du e Yamada¹² concluíram em seu estudo de revisão, que a forma

de ciclagem durante a PSV pode ser definida de três formas: pré-determinada pelo fabricante, selecionada pelo terapeuta ou selecionada automaticamente pela mecânica respiratória. Em valores pré-estabelecidos pode ocorrer assincronia expiratória devido a diferentes constantes de tempo respiratórias (C_T). Em pacientes com baixas C_T , como acontece em pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), a queda do fluxo inspiratório é mais rápida e o critério de ciclagem é atingido mais rapidamente. No entanto, em pacientes com altas C_T , como em portadores de DPOC a ciclagem será atrasada, causando terminos prematuros e inspirações prolongadas respectivamente. Critérios de ciclagem selecionados pelo terapeuta além de não serem práticos, são de difícil avaliação através dos gráficos; além de dependerem de outros fatores como a magnitude do esforço, mecânica pulmonar, tempo inspiratório neural e nível de pressão de suporte. Se algum desses fatores se modifica, o critério da ciclagem também deveria ser mudado. Por fim, o critério de ciclagem baseado na mecânica pulmonar parece diminuir a assincronia expiratória e a diferença do tempo inspiratório neural e mecânico para 0,1 seg quando comparado a 1,0 seg em critérios fixos. No entanto, ainda não há estudos controlados que abordam este tema.

CONCLUSÃO

A modalidade por pressão de suporte tem demonstrado ser eficiente para ventilar pacientes com drive respiratório e tem sido largamente utilizada em pacientes criticamente enfermos. No entanto, a PSV não é um modo simples de ventilação, e depende de variáveis relacionadas ao disparo, nível de suporte, critérios de ciclagem, dentre outras, a fim de melhorar a interação paciente ventilador.

A assincronia nas diferentes fases é um fenômeno comum e de grande impacto no trabalho respiratório e no processo de desmame. Consequentemente, uma maior necessidade de ventilação mecânica e permanência em unidades de terapia intensiva relacionam-se também a questões econômicas.

A análise gráfica das curvas de pressão, fluxo e volume tem papel fundamental na avaliação da interação paciente ventilador. Uma observação detalhada pode determinar diferentes tipos de assincronia, estimar o esforço do paciente e suas propriedades mecânicas pulmonares. A tecnologia desenvolvida

em novos ventiladores e o constante estudo da fisiologia pulmonar tem contribuído para uma melhora dos mecanismos de assincronia e sua abordagem terapêutica.

REFERÊNCIAS

1. THILLE, A. W.; CABELLO, B.; GALIA, F.; BROCHARD, L. Reduction of patient-ventilator asynchrony by reducing tidal volume during pressure-support ventilation. *Intensive Care Med*, v.34, n.8, p. 1477-1486, Ago. 2008.
2. THILLE, A. W.; RODRIGUEZ, P.; CABELLO, B.; LELLOUCHE, F.; BROCHARD, L. Patient-ventilator asynchrony during assisted mechanical ventilation. *Intensive Care Med*, v.32, n. 10, p. 1515-1522. Out. 2006.
3. TOBIN, M. J.; JUBRAN, A.; LAGHI, F. Patient-Ventilator Interaction. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 163, p. 1059-1063. 2001.
4. CHIUMELLO, D.; PELOSI, P.; CALVI, E.; BIGATELLO, L. M.; GATTINONI, L. Different modes of assisted ventilation in patients with acute respiratory failure. *Eur Respir J*, v.20, p. 925-933. 2002.
5. TANIOS, M. A.; EPSTEIN, S. K. Optimizing patient-ventilator interaction: How we sync about it? *Crit Care Med*, v.36, n. 2, p.631-633. 2008.
6. GEORGOPOULOS, D.; PRINIANKIS, G.; KONDILI, E. Bedside waveforms interpretation as a tool to identify patient-ventilator asynchronies. *Intensive Care Med*, v.32, n.1, p. 34-47, Jan, 2006.
7. PRINIANKIS, G.; KONDILI, E.; GEORGOPOULOS. Effects of the flow waveform method of triggering and cycling on patient-ventilator interaction during pressure support. *Intensive Care Med*, v. 29, n. 11, p. 1950-1959, Nov, 2003.
8. NILSESTUEN, J. O.; HARGETT, K. Using ventilator graphics to identify patient-ventilator asynchrony. *Respiratory Care*, v. 50, n. 2, p. 202-234, Fev. 2005.
9. ALIVERTI, A.; CARLESSO, E.; DELLACÀ, R.; PELOSI, P.; CHIUMELLO, D.; PEDOTTI, A.; GATTINONI, L. Chest wall mechanics during pressure support ventilation. *Critical Care*, v. 10, n. 2, 2006.
10. TOKIOKA H.; TANAKA, T.; ISHIZU, T.; FUKUSHIMA, T.; IWAKI T.; NAKAMURA, Y.; KOSOGABE, Y. The effect of breath termination criterion on breathing patterns and the work of breathing during pressure support ventilation. *Critical Care and Trauma*, v. 92, p. 161-165, 2001.
11. TASSAUX, D.; GAINNIER, M.; BATTISTI, A.; JOLLIET, P. Impact of expiratory trigger setting on delayed cycling and inspiratory muscle workload. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 172, p. 1283-1289, Ago. 2005.
12. DU, H. L.; YAMADA, Y. Expiratory asynchrony. *Resp Care Clin*, v. 11, p. 265-280, 2005.
13. COLOMBO, D.; CAMMAROTA, G.; BERGAMASCHI, V.; DE LUCIA, M.; DELLA CORTE, F.; NAVALESI, P. Physiologic response to varying levels of pressure support and neurally adjusted ventilatory assist in patients with acute respiratory failure. *Intensive Care Med*, v. 34, n. 8, p. 2010-2018, Nov. 2008.
14. BOSMA, K.; FERREYRA, G.; AMBROGIO, C.; PASERO, D.; MIRABELLA, L.; BRAGHIROLI, A.; APPENDINI, L.; MASCIA, L.; RANIERI, M. Patient-ventilator interaction and sleep in mechanically ventilated patients: Pressure support versus proportional assist ventilation. *Crit Care Med*, v. 37, n. 4, p. 1048-1054, 2007.
15. YOUNES, M.; BROCHARD, L.; GRASSO S.; KUN, J.; MANCEBO, J.; RANIERI, M.; RICHARD, J. C.; YOUNES, H. A method for monitoring and improving patient-ventilator interaction. *Intensive Care Med*, v. 33, n. 8, p. 1337-1346, Ago. 2007.
16. JOLLIET, P.; TASSAUX, D. Clinical review: Patient-ventilation interaction in chronic obstructive pulmonary disease. *Critical Care*, v. 10, n. 6, 2006.
17. MULQUEENY, Q.; CERIANA, P.; CARLUCCI, A.; FANFULLA, F.; DELMASTRO, M.; NAVA, S. Automatic detection of ineffective triggering and double triggering during mechanical ventilation. *Intensive Care Med*, v. 33, n. 11, p. 2014-2018, Nov. 2007.
18. CHEN, C. W.; LIN, W. C.; HSU, C. H.; CHENG, K. S.; LO, C. S. Detecting ineffective triggering in the expiratory phase in mechanically ventilated patients based on airway flow and pressure deflection: Feasibility of using a computer algorithm. *Crit Care Med*, v. 36, n. 2, p. 455-461, 2008.
19. NAVA, S.; BRUSCHI, C.; FRACCHIA, C.; BRASCHI, A.; RUBINI, F. Patient-ventilator interaction and inspiratory effort during pressure support ventilation in patients with different pathologies. *Eur Respir J*, v. 10, p. 177-183, 1997.
20. TERADO, M.; ICHIBA, S.; NAGANO, O.; UJIKE, Y. Evaluation of pressure support ventilation with seven different ventilators using active servo lung 5000. *Acta Med Okayama*, v. 62, n. 2, p. 127-133, 2008.
21. HESS, D. R. Ventilator waveforms and the physiology of pressure support ventilation. *Resp Care*, v. 50, n. 2, p. 166-186, Fev. 2005.
22. LUCÂNGELO, U.; BERNABÈ, F.; BLANCH, L. Lungs mechanics at the bedside: make it simple. *Current Opinion in Critical Care*, v. 13, p. 64-72, 2007.
23. HOLBROOK, P. J.; GUILLES, S. P. Response of four pressure support ventilators: effect of triggering method and bias flow. *Respir Care*, v. 42, n. 10, p. 952-959, Out. 1997.
24. PASSAM, F.; HOING, S.; PRINIANKIS, G.; SIAFAKAS, N.; MILIC-EMILI, J. Effect of different levels of pressure support and proportional assist ventilation on breathing pattern, work of breathing and gas exchange in mechanically ventilated hypercapnic COPD patients with acute respiratory failure. *Respiration*, v. 70, p. 355-361, 2003.
25. YAMADA, Y.; DU, H. L. Effects of different pressure support termination on patient-ventilator synchrony. *Respir Care*, v. 43, n. 2, p. 1048-1057, Dez. 1998.