

Ventilação mecânica: métodos convencionais

Conventional mechanical ventilation

Sérgio da Cunha*

Resumo

O acesso às vias aéreas para a ventilação mecânica invasiva pode ser obtido por intubação orotraqueal, intubação nasotraqueal, cricotireotomia, ou traqueostomia. Máscara laríngea e combitubo são dispositivos que podem ser utilizados em pacientes com acesso difícil às vias aéreas (“não ventilo não intubo”). A ventilação mecânica é um recurso da assistência médica voltada aos pacientes que apresentam comprometimento da troca gasosa pulmonar, seja ela causada por doença estrutural pulmonar, seja por condições que resultam em hipoventilação alveolar. Existem atualmente muitas opções de métodos ventilatórios, mas três deles são os mais frequentemente utilizados: ventilação com volume controlado (VCV), ventilação com pressão controlada (PVC) e ventilação com suporte pressórico (PSV). A VCV caracteriza-se por garantir volume corrente, porém gera pressões médias de vias aéreas mais elevadas, devido a pico de pressão inicial; a PCV não gera pico de pressão, cursando com menores pressões médias, mas não garante volume corrente. Tanto VCV quanto PCV permitem ventilação assistida ou controlada. A PSV exige

estímulo inspiratório inicial do paciente, só funcionando, portanto, em ventilação assistida e também não garante volume corrente. Para a maioria dos pacientes VCV e PCV podem ser utilizados no início da assistência ventilatória, não havendo demonstração de superioridade de um sobre o outro, respeitadas as suas limitações. A pressão positiva expiratória final (PEEP) e a pressão positiva contínua em via aérea (CPAP) promovem aumento da capacidade residual funcional, o que resulta em melhora da oxigenação sanguínea e redução do esforço inspiratório. Ambas, PEEP e CPAP, promovem esses benefícios através da abertura de alvéolos previamente colabados ou apenas parcialmente abertos, e redistribuindo líquido eventualmente presente nos alvéolos. A estratégia de interrupção diária da sedação ajuda a reduzir os tempos de ventilação mecânica e de permanência na unidade intensiva. Os pacientes em ventilação mecânica prolongada requerem processo gradativo de interrupção da ventilação mecânica.

Descritores: *Respiração artificial; Insuficiência Respiratória.*

Abstract

Airway access for mechanical ventilation can be obtained by: orotracheal intubation, nasotracheal intubation, cricothyrotomy, or tracheostomy. Laryngeal mask and Combitube are devices that can be used in patients with difficult access to the airways ("not ventilate not intubate" situation). Mechanical ventilation is a resource focused on healthcare of patients with compromised pulmonary gas exchange, whether caused by structural lung disease or conditions that result in alveolar hypoventilation. There are currently many options for ventilation support, but three of them are the most frequently used: volume controlled ventilation (VCV), pressure controlled ventilation (PCV) and pressure support ventilation (PSV). VCV guarantees tidal volume, but generates higher mean airway pressures, as a consequence of an initial peak pressure; PCV does not generate pressure peak, occurring lower medium pressures, but does not guarantee tidal volume. VCV and PCV allow assisted or controlled ventilation. PSV requires initial patient's inspiratory stimulus, only functioning on assisted ventilation, and also does not guarantee tidal volume. For most patients VCV and PCV can be used at the beginning of assisted ventilation. There is no demonstration of superiority of one over the other, provided that their limitations are respected. Positive end expiratory pressure (PEEP) and continuous positive airway pressure (CPAP) promote increases in functional residual capacity, resulting in improved blood oxygenation and reduced inspiratory effort. Both PEEP and CPAP promote these benefits through alveolar opening, when totally closed or only partially opened, and redistributing liquid eventually present in alveoli. The strategy of daily interruption of sedation helps reducing mechanical ventilation duration and intensive care unit length of stay. Patients on prolonged mechanical ventilation require gradual process of weaning from mechanical ventilation.

Keywords: *Respiration, artificial; Respiratory insufficiency.*

Introdução

A ventilação mecânica é método de suporte de vida indicado quando o organismo não é capaz de satisfazer as demandas de ventilação e/ou de oxigenação do indivíduo e há proposta e possibilidade de tratamento da condição clínica geradora dessa situação. Para pacientes em fase avançada e irreversível das suas doenças de base, a ventilação mecânica pode representar prolongamento do processo de morte o que, se também acompanhado de sofrimento, pode representar distanásia.

Existem basicamente duas formas gerais de aplicação da ventilação mecânica: pressão negativa ou pressão positiva. Até a década de 50 do século 20 a ventilação mecânica era praticada predominantemente com o uso de equipamentos que geravam pressão negativa sobre o tórax, através de câmaras ou coletes. No entanto, desde a década de 80 foram substituídos pelos geradores de pressão positiva, por serem, os de pressão negativa, desconfortáveis, causarem apneia obstrutiva do sono em alguns pacientes e por não terem se mostrado eficientes na reabilitação de pacientes em fases avançadas de doença pulmonar obstrutiva crônica.¹ A ventilação com pressão positiva, por sua vez, pode ser conduzida com o uso de dispositivos que não invadem a traqueia, tais como máscaras faciais, máscaras nasais ou capacetes, caracterizando a ventilação não invasiva; ou através de tubos traqueais, na ventilação mecânica invasiva. Abordaremos neste capítulo apenas a ventilação mecânica invasiva.

Acesso às vias aéreas

O acesso às vias aéreas para a ventilação mecânica invasiva pode ser obtido por intubação orotraqueal (ITO), intubação nasotraqueal (INT), cricotireotomia, ou traqueostomia. Máscara laríngea e combitubo são dispositivos que podem ser utilizados em pacientes com acesso difícil às vias aéreas (situação conhecida como "não ventilo não intubo").²

A intubação orotraqueal está indicada nos

pacientes que persistem com hipoxemia e/ou hipercapnia após as medidas terapêuticas iniciais, ou nos casos de persistência de sinais clínicos de importante esforço respiratório. É precedida de sedação e analgesia. Geralmente associa-se um benzodiazepínico (midazolam ou diazepam) a um opiáceo (fentanil). Outra opção é a associação de propofol e fentanil. Sempre que possível aplica-se anestesia tópica da cavidade oral com lidocaína *spray*. Deve-se posicionar o paciente na chamada posição olfativa, que consiste na hiperextensão da cabeça, com colocação de coxim de cerca de 7 a 10 cm na região occipital. Adultos geralmente requerem tubo orotraqueal com diâmetro interno maior ou igual a 8,0 mm. Após a introdução na traqueia, o tubo deve ter sua ponta deixada entre 20 e 24 cm da comissura labial e a pressão do balonete (*cuff*) mantida entre 15 e 30 mmHg.³ Realiza-se controle radiológico logo após a intubação, para a confirmação do seu adequado posicionamento, caracterizado por um distanciamento de pelo menos 2 cm da sua ponta em relação à carina.

Quando o acesso à traqueia não é possível por via oral, como nos pacientes sem abertura adequada da boca (por exemplo, esclerodermia) ou com tumores da língua, podemos lançar mão da intubação nasotraqueal. O diâmetro do tubo deve ser 1,0 a 1,5 mm menor que o que seria usado nesse mesmo paciente se intubado por via oral. O procedimento é feito com sedação leve, uma vez que precisamos contar com a participação do paciente. Após uso de vasoconstrictor e de anestésico tópico na narina, introduz-se o tubo até a proximidade da abertura glótica. Identifica-se esta posição pelo ruído do fluxo de ar pelo tubo. Nesse momento solicita-se ao paciente que inspire profundamente, ocasião em que se introduz o tubo na traqueia. Tubos nasotraqueais não devem ser mantidos por mais de 96 horas para que se evite sua principal complicação, a sinusite.

Para as situações de urgência em que as intubações pelas vias oro e nasotraqueais não estão indicadas (por exemplo, fratura extensa da face) recomenda-se a cricotireotomia. Trata-se

de procedimento relativamente simples, que envolve a anestesia da membrana cricotireoidiana e introdução de cânula de dispositivo específico para esta finalidade. A técnica assemelha-se à utilizada na introdução de dispositivo de plástico sobre agulha metálica em veia periférica. Uma vez introduzida a ponta metálica do dispositivo no lúmen da traqueia desliza-se o componente plástico (a cânula propriamente dita), retirando-se, em seguida, o componente metálico.

A traqueostomia é procedimento eletivo que deve substituir a intubação orotraqueal quando esta completa 11 a 13 dias e não há previsão de interrupção da ventilação mecânica. Também está indicada nos pacientes que necessitam de acesso à traqueia para aspiração de secreções, ou naqueles que não têm nível de consciência adequada para proteção da via aérea (pontuação na escala de coma de Glasgow < 8).

Métodos ventilatórios

Os métodos ventilatórios mais utilizados são a ventilação com volume controlado (VCV), ventilação com pressão controlada (PCV) ou a ventilação com suporte pressórico (PSV).⁴ Estes três métodos geralmente são associados à pressão positiva expiratória final (PEEP).

Ventilação com volume controlado

Na VCV o ventilador administra ar enriquecido em oxigênio nas vias aéreas do paciente até que seja atingido um determinado volume (volume corrente), que é estabelecido pelo médico. Portanto, o que determina a passagem da fase inspiratória para a expiratória é o atingimento do volume corrente pré-estabelecido. Por esta razão, é dito método “ciclado a volume”. Recomenda-se a administração de volume corrente de cerca de 8 a 10 ml/kg de peso teórico.⁵ Para os pacientes com síndrome de angústia respiratória aguda a recomendação é de 4 a 7 ml/kg de peso.⁵ Ao adentrar as vias aéreas o fluxo de ar deve vencer a resistência dessas vias para chegar às unidades alveolares. Essa resistência resulta em um pico de pressão inicial (pressão de pico).

Vencida essa resistência inicial, o fluxo inicia a abertura das unidades alveolares, o que resulta em um platô de pressão (pressão de platô). Esses dois níveis pressóricos caracterizam a curva de pressão em via aérea da VCV (Figura 1).

Na VCV também devemos estabelecer limites de pressão a partir dos quais o ar não deve mais ser administrado no paciente. Isto evita o barotrauma. Recomenda-se pressão de platô máxima de 30 cmH₂O para pacientes com síndrome de angústia respiratória aguda.⁶

A relação entre tempo inspiratório e tempo expiratório (relação i:e) deve ser de pelo menos 1:2. Para os pacientes com resistência de vias aéreas aumentada utiliza-se relação i:e menor (1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8). Os ventiladores fornecem curva de fluxo inspiratório e expiratório que permite a determinação da adequação do tempo expiratório. Quando ele está insuficiente para a expiração completa observa-se o início do novo fluxo inspiratório antes do fim do fluxo expiratório anterior (Figura 2).

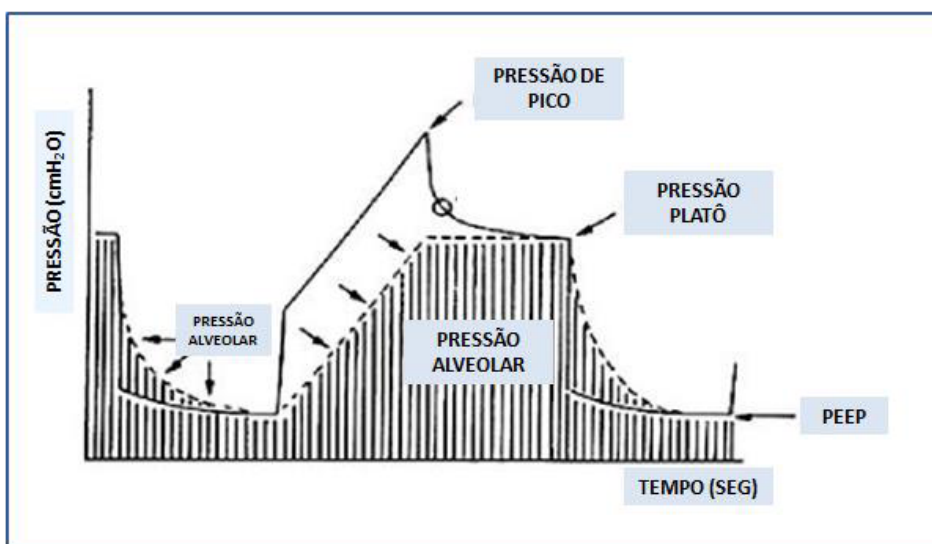


Figura 1. Curva de pressão em vias aéreas em função do tempo da ventilação com volume controlado

Nesse método ventilatório há formação de pico de pressão no início da curva, resultante da resistência das vias aéreas (Ppi). Segue-se platô de pressão (Pplat) resultante da chegada do fluxo às unidades alveolares. A região listrada revela a pressão que efetivamente chega às unidades alveolares.

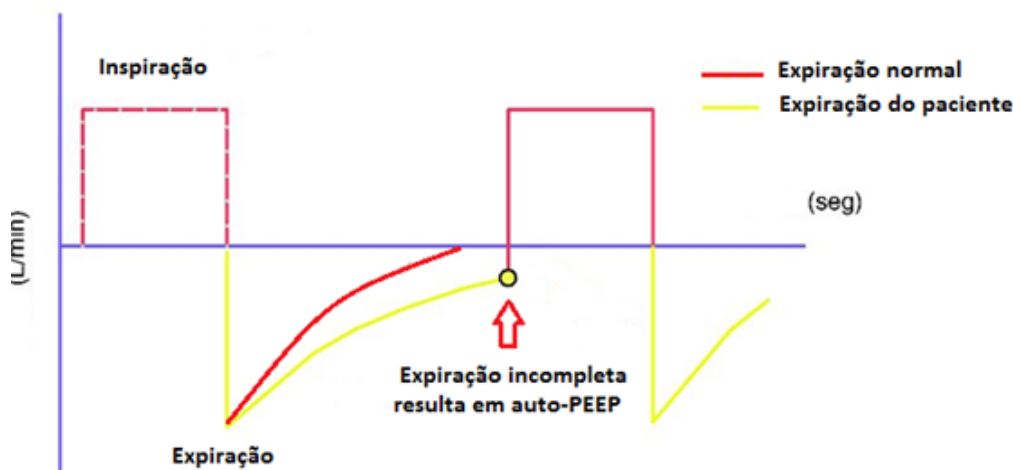


Figura 2. Curva de fluxos inspiratório e expiratório

Permite a análise da adequação do tempo expiratório para a total eliminação do volume de ar administrado. Quando esse tempo é inadequado há represamento de ar nos pulmões a cada incursão inspiratória, resultando em auto-PEEP

Para os pacientes que têm estímulo respiratório central (*drive*) ajustamos a frequência respiratória (FR) da VCV um pouco abaixo da FR do paciente, caracterizando a ventilação assistida (ou assistido-controlada). Para os pacientes sem *drive* ajustamos a FR inicial em 15 irpm e avaliamos a sua adequação através da gasometria arterial, na qual os níveis de pH e PaCO_2 deverão ser considerados.

A fração inspirada de oxigênio (FiO_2) oferecida deve ser a menor que seja capaz de manter a saturação arterial de oxigênio maior ou igual a 90%. Para os pacientes neurológicos, em especial após parada cardiorrespiratória, maior ou igual a 94%.⁷

PEEP e CPAP promovem melhora da troca gasosa e reduzem o trabalho inspiratório. Agem abrindo unidades alveolares colabadas, acabando de abrir unidades parcialmente abertas e redistribuindo líquido eventualmente existente em unidades alveolares. Isto resulta em redução de *shunt* intrapulmonar e de distúrbio ventilação-perfusão. Em ambas, PEEP e CPAP, mantemos pressão positiva contínua em via aérea. Convencionou-se chamar de PEEP quando isto é feito em paciente em ventilação mecânica, e de CPAP quando o paciente está em ventilação espontânea. Logo, se o indivíduo respira espontaneamente em um ambiente cuja pressão está 10 cmH_2O acima da pressão atmosférica, ele está em CPAP de 10 cmH_2O .

Recomenda-se o uso da menor PEEP capaz de manter SaO_2 maior ou igual a 90%, com a menor FiO_2 possível. Preferencialmente a FiO_2 deve ser mantida maior ou igual a 0,4 (40%), uma vez que valores acima deste limite podem levar à fibrose pulmonar.⁸

Respeitados os limites de volume corrente e de pressão em vias aéreas a VCV é um bom método ventilatório para qualquer condição clínica.

Ventilação com pressão controlada

Nesse método estabelecemos uma pressão a ser atingida nas vias aéreas durante a inspiração e o tempo em que essa pressão será mantida. Findo este tempo o paciente expira. Por esta

razão este método é dito “ciclado a tempo”. O nível de pressão escolhido determinará o volume corrente. O tempo inspiratório escolhido determinará a relação i:e. Variamos, portanto, esses parâmetros até atingirmos os valores desejados de VC e relação i:e.

Assim como na VCV, a PCV também pode ser feita de forma assistida (paciente com *drive*) ou controlada. Os ajustes dos demais parâmetros seguem os mesmos princípios descritos na VCV.

A PCV tem como vantagem em relação à VCV gerar pressões médias em vias aéreas mais baixas, não havendo pico de pressão, como na VCV. Tem como desvantagem não garantir volume corrente.

Para a maioria dos pacientes VCV e PCV podem ser utilizados no início da assistência ventilatória, não havendo demonstração de superioridade de um sobre o outro, respeitadas as suas limitações.

Ventilação com suporte pressórico

Nesse método estabelecemos uma pressão a ser mantida durante toda a inspiração, pressão esta que será um dos determinantes do volume corrente. Essa pressão é mantida até que o fluxo inspiratório caia a 25% do pico de fluxo atingido nessa incursão inspiratória. Por isto o método é dito “ciclado a fluxo”. O volume corrente resultante também depende da resistência das vias aéreas, da complacência pulmonar e do trabalho da musculatura inspiratória do paciente. Quanto menor o nível da pressão de suporte maior deverá ser o trabalho da musculatura do paciente para manter o volume corrente. A PSV pode ser utilizada como método ventilatório inicial, especialmente nos pacientes em que a hipoventilação alveolar foi a indicação da assistência ventilatória. Pacientes vítimas da síndrome de Guillain-Barré ou de *miastenia gravis* são exemplos dessa situação. Utilizando-se a PSV desde os primeiros dias de ventilação mecânica pode-se evitar a atrofia da musculatura inspiratória pelo desuso.

Desmame da ventilação mecânica

A identificação do momento adequado para a interrupção da assistência ventilatória mecânica pode ser bastante simples, como nos pacientes que despertam de um procedimento anestésico, ou bastante difícil, como nos pacientes submetidos à ventilação mecânica há várias semanas. Nesse último caso precisaremos lançar mão de vários critérios para nos certificarmos de que o momento é oportuno para essa iniciativa. Quando falhamos na tentativa podemos contribuir para um aumento na mortalidade.⁹ A reintubação é considerada precoce quando ocorre nas primeiras 48 horas, caracterizando falha de extubação.¹⁰ Segundo essa mesma referência bibliográfica, considera-se ventilação mecânica prolongada a dependência de ventilação por pelo menos seis horas por dia, por três ou mais semanas.

A estratégia de interrupção diária da sedação ajuda a reduzir os tempos de ventilação mecânica e de permanência na unidade intensiva.¹¹ Consiste em suspender as drogas sedativas até que o paciente esteja sonolento, mas podendo ser facilmente despertado. Nesse momento a medicação sedativa é reiniciada na metade da dose anterior.

Antes de iniciarmos o processo de desmame da ventilação mecânica devemos estar certos de que a condição clínica que levou o paciente ao ventilador encontra-se revertida ou em franca recuperação. No caso de uma pneumonia, por exemplo, controle da febre, melhora do leucograma, melhora da troca gasosa, definida por um aumento da relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, e estabilidade hemodinâmica são alguns dos objetivos iniciais a serem atingidos. Pode ser submetido a um teste de ventilação espontânea com duração de 30 minutos a duas horas o paciente que consegue manter PaO_2 maior ou igual a 60 mmHg, com FiO_2 menor ou igual a 0,4, com PEEP menor ou igual a 8 cmH₂O e que é capaz de iniciar os esforços inspiratórios.^{12,13} São considerados sinais de falha no teste de ventilação

espontânea os seguintes achados: frequência respiratória maior que 35 irpm, frequência cardíaca maior que 140 bpm, SaO_2 menor que 90 mmHg, pressão arterial sistólica maior que 180 ou menor que 90 mmHg, agitação, sudorese ou alteração do nível de consciência.¹⁰ Na presença desses sinais o paciente deve voltar ao ventilador mecânico, providenciando-se repouso da musculatura ventilatória nas 24 horas seguintes, se necessário com sedação e analgesia contínuas. No caso do paciente que passou no teste de ventilação espontânea devemos verificar se preenche critérios para a extubação, quais sejam: nível de consciência adequado (acordado ou facilmente despertável, sem agitação) e força adequada para expectoração. Esta pode ser avaliada pela medida da pressão expiratória máxima ($\text{Pe}_{\text{máx}}$), obtida pelo acoplamento de um vacuomanômetro ao tubo do paciente seguido de solicitação para que faça esforço expiratório com o máximo de força ou que tussa com a maior intensidade possível. Valores de $\text{Pe}_{\text{máx}}$ maior ou igual a 40 cmH₂O sugerem boa força para expectoração.

Os pacientes em ventilação mecânica prolongada requerem processo gradativo de interrupção. Além dos parâmetros já mencionados, devemos considerar outros índices que predizem sucesso no desmame, tais como: pressão inspiratória máxima menor que - 25 cmH₂O, relação frequência respiratória-volume corrente menor que 104, volume corrente maior que 5 ml/kg e frequência respiratória menor que 35 irpm.

Nos últimos anos novos métodos têm sido descritos para o desmame da ventilação mecânica, tais como compensação automática do tubo (ATC), ventilação minuto mandatória (MMV), ventilação de suporte adaptativa ou sistemas de desmame automáticos baseados no suporte pressórico.¹⁴ No entanto, ainda necessitamos de maior demonstração do verdadeiro papel desses métodos no desmame de pacientes em ventilação mecânica prolongada.

No caso de pacientes que se encontram em condição de manterem-se livres do ventilador

mecânico mas ainda dependentes de acesso às vias aéreas, seja por inadequada proteção contra broncoaspiração, seja por incapacidade de eliminar a secreção traqueal, indica-se a traqueostomia, com oferta de fluxo de ar umidificado na cânula.

Referências

1. Shapiro SH, Ernst P, Gray-Donald K, Martin JG, Wood-Dauphinee S, Beaupré A, et al. Effect of negative pressure ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Lancet*. 1992;340(8833):1425-9.
2. Agrò FE, Cataldo R, Mattei A. New devices and techniques for airway management. *Minerva Anesthesiol*. 2009;75(3):141-9.
3. Kaur S, Heard SO. Airway management and endotracheal intubation. In: Irwin RS, Rippe JM, editors. *Irwin and Rippe's Intensive Care Medicine*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2008.p.3-18.
4. Hubmayr RD, Irwin RS. Mechanical Ventilation: Part 1 Invasive. In: Irwin RS, Rippe JM, editors. *Irwin and Rippe's Intensive Care Medicine*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2008.p.643-59.
5. David CM, Goldwasser R, Rosa R. Métodos essenciais de suporte ventilatório. In: David CM, editor. *Medicina Intensiva - AMIB*. Rio de Janeiro: Revinter; 2004.p.420-8.
6. Jezler S, Holanda MA, José A, Franca S. III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. Ventilação mecânica na doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) descompensada. *J Bras Pneumol*. 2007;33(Supl 2):S 111-8
7. Peberdy MA, Callaway CW, Neumar RW, Geocadin RG, Zimmerman JL, Donnino M, et al. Part 9: post-cardiac arrest care: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010;122(18 Suppl 3):S768-86. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.971002>.
8. Kopec SE, Connolly AE, Irwin RS. Respiratory adjunct therapy. In: Irwin, Richard S; Rippe JM, editor. *Irwin and Rippe's Intensive Care Medicine*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2008.p.705-23.
9. Frutos-Vivar F, Esteban A, Apezteguia C, González M, Arabi Y, Restrepo MI, et al. Outcome of reintubated patients after scheduled extubation. *J Crit Care*. 2011;26(5):502-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2010.12.015>.
10. Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto V. III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica - Desmame e interrupção da ventilação mecânica. *J Bras Pneumol*. 2007;33 (Supl 2):128S-36.
11. Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, Hall JB. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342(20):1471-7.
12. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, 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(6 Suppl):375S-95S.
13. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med*. 1996 Dec 19; 335(25):1864-9.
14. Frutos-Vivar F, Esteban A. Weaning from mechanical ventilation: Why are we still looking for alternative methods? *Medicina Intensiva / Sociedad Española de Medicina Intensiva y Unidades Coronarias*; 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2012.08.008>.