



ARTIGO DE REVISÃO

Ventilação pulmonar mecânica em pediatria*Mechanical ventilation in children*Werther Brunow de Carvalho¹**Resumo**

Objetivo: Neste artigo fazemos uma breve revisão da ventilação pulmonar mecânica em pediatria.

Métodos: Abordamos os aspectos relativos a classificação dos tipos de ventilação mecânica, características das formas de onda de pressão e fluxo, indicações para a sua instalação. Seqüencialmente discutimos os diversos modos de ventilação (ventilação controlada, ventilação assistida-controlada, ventilação assistida, ventilação mandatória intermitente, ventilação mandatória intermitente sincronizada, ventilação com suporte de pressão, ventilação com pressão controlada e ventilação com pressão positiva contínua em vias aéreas), apresentando as vantagens e desvantagens da utilização dessas modalidades.

Resultados: Introduzimos normas gerais para a ventilação pulmonar mecânica em algumas patologias específicas em pediatria (síndrome do desconforto respiratório agudo, fistula broncopulmonar, trauma de crânio, falência cardíaca, patologia neuromuscular, asma aguda e no paciente com descompensação aguda de uma insuficiência respiratória crônica).

Conclusões: Apresentamos algumas limitações da ventilação pulmonar mecânica, assim como os possíveis avanços a curto prazo.

J. pediatr. (Rio J.). 1998; 74 (Supl.1): S113-S124: respiração artificial, insuficiência respiratória, ventilação com pressão positiva intermitente, desmame do respirador.

Como a população pediátrica engloba uma grande variedade de pacientes com diversos tamanhos e pesos, objetivaremos, neste artigo, focalizar a ventilação pulmonar mecânica em lactentes e crianças maiores, desde que não aceitemos o conceito de que as crianças são adultos pequenos e os lactentes, crianças pequenas.

Princípios gerais a serem utilizados durante a ventilação pulmonar mecânica¹

- A fisiopatologia das várias doenças varia com o tempo fazendo com que os parâmetros e a intensidade da ventilação tenham que ser repetidamente reavaliados.

Abstract

Objective: To make a brief review about mechanical ventilation in Pediatrics.

Methods: Review of the classification of types of mechanical ventilation, characteristics of pressure and flow waves and indications for its installation. In a sequential way we discuss the various modes of ventilation (control ventilation, assisted-control ventilation, assisted ventilation, intermittent mandatory ventilation, synchronized intermittent mandatory ventilation, pressure-support ventilation) showing some advantages and disadvantages of using these modes.

Results: General rules for mechanical ventilation are presented, considering some specific pathologies in Pediatrics (acute respiratory distress syndrome, bronchopleural fistulae, cranial trauma, cardiac failure, neuromuscular pathology, acute asthma and in patients with acute decompensation of a chronic respiratory failure).

Conclusions: Some limitations of mechanical ventilation and the possible advances in a short period are presented.

J. pediatr. (Rio J.). 1998; 74 (Supl.1): S113-S124: artificial respiration, respiratory insufficiency, intermittent positive pressure ventilation, ventilation weaning.

- A ventilação pulmonar mecânica está associada com efeitos adversos que devem ser minimizados.

- Para diminuir os efeitos colaterais, os parâmetros fisiológicos não devem estar necessariamente normais (hipoventilação controlada, hipercapnia permissiva, hipoxemia permissiva).

- A hiperinsuflação alveolar pode ocasionar lesão alveolar (volutrauma) ou barotrauma. A causa da lesão pulmonar induzida pelo aparelho de ventilação pulmonar mecânica é multifatorial; entretanto, objetiva-se evitar altas pressões alveolares.

- A hiperinsuflação dinâmica (auto PEEP, PEEP intrínseco ou PEEP inadvertido) deve ser medida ou estimada, especialmente nos pacientes com obstrução de vias aéreas.

1. Professor Adjunto do Depto. de Pediatria da Universidade Federal de São Paulo - EPM e responsável pela UCI Pediátrica do Hospital São Paulo; Chefe da UCI Pediátrica do Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo; Chefe da UCI Pediátrica do Hospital Santa Catarina de São Paulo.

Objetivos da ventilação pulmonar mecânica

A. Objetivos fisiológicos

1. Manter ou permitir a manipulação da troca gasosa pulmonar.
 - Ventilação alveolar (avaliação através da PaCO_2 e pH).
 - Oxigenação arterial (avaliação através da PaO_2 , SatO_2 e CaO_2).
2. Aumentar o volume pulmonar.
 - Insuflação pulmonar no final da inspiração.
 - Capacidade residual funcional (CRF).
3. Reduzir ou permitir a manipulação do trabalho respiratório.
 - Diminuindo a sobrecarga dos músculos respiratórios.

B. Objetivos clínicos

- Reverter a hipoxemia.
- Reverter a acidose respiratória aguda.
- Diminuir o desconforto respiratório.
- Prevenir ou reverter a atelectasia.
- Reverter a fadiga dos músculos respiratórios.
- Permitir a sedação e/ou bloqueio neuromuscular (utilização criteriosa e cuidadosa em pediatria).
- Diminuir o consumo sistêmico ou miocárdico de oxigênio.
- Diminuir a pressão intracraniana.
- Estabilizar a parede torácica.

Classificação da ventilação pulmonar mecânica

Basicamente podemos classificar a ventilação mecânica ciclada à pressão ou a volume, sendo que a ventilação limitada à pressão e ciclada a tempo (VLPCT) é a forma mais comum empregada em neonatologia e em pediatria^{2,3}. Para definir o ciclo de insuflação em cada respiração na VLPCT há necessidade de se pré-selecionar os seguintes parâmetros: 1) o fluxo contínuo durante a inspiração e expiração; 2) o tempo inspiratório; 3) a relação inspiração:expiração ou a frequência; e 4) a pressão inspiratória.

Em uma avaliação de Boros e cols.⁴, em 1984, foi verificado que a utilização de aparelhos de ventilação mecânica pediátricos convencionais com frequências de ciclagem mais elevadas não mantinham o volume constante, havendo queda deste com as frequências mais rápidas (Figura 1).

Os aparelhos de ventilação microprocessados são capazes de fornecer uma respiração com uma pressão pré-selecionada podendo ser utilizados em neonatologia e em pediatria. Essa forma de ventilação à pressão é chamada de ventilação com pressão controlada (VPC); embora o nível de pico de pressão seja constante, a VPC ocasiona uma pressão média de vias aéreas maior do que outros tipos de ventilação. Os avanços tecnológicos possibilitaram a introdução de novos sensores e novos modos de

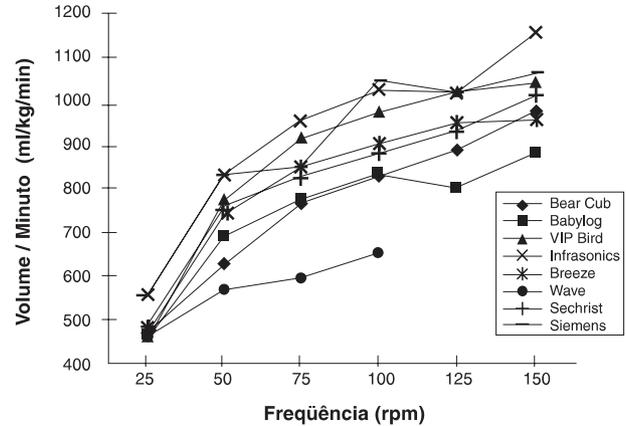


Figura 1 - Alterações na ventilação-minuto conforme se aumenta a frequência do aparelho de ventilação de 25-150 respirações/minuto (rpm). Os estudos foram realizados utilizando um modelo de simulador pulmonar com valores fixos da complacência e resistência, pico de pressão inspiratória de 25cm H_2O , pressão expiratória final positiva de 5cm de H_2O e relação inspiratória/expiratória de 1:3
Boros SJ et al, 1994

ventilação, tais como a pressão limitada volume controlado que mantém o volume corrente constante com uma pressão constante através da manipulação da forma de onda do fluxo. Um outro novo modo de ventilação é o volume assegurado com suporte de pressão que utiliza uma ventilação com suporte de pressão enquanto mantém um volume corrente mínimo em cada respiração. Caso o paciente não receba o volume corrente mínimo durante uma respiração, a taxa de fluxo é mantida constante, e a pressão aumenta até que o volume seja recebido.

Na ventilação ciclada a volume, um volume corrente pré-selecionado é fornecido e, logo após, termina a fase inspiratória. Devido à melhora na tecnologia e principalmente dos sensores, é possível utilizar este tipo de ventilação em recém-nascidos e crianças maiores.

Padrões das formas de onda de pressão e fluxo

Para uma compreensão mais completa da ventilação pulmonar mecânica deve-se relacionar cada alteração nos parâmetros ventilatórios com o efeito que esta poderá ter nas variáveis respiratórias. O conceito de fluxo e pressão em relação ao tempo são muitos úteis para se atingirem os objetivos na ventilação mecânica^{5,6}. As formas de onda de pressão e fluxo são alteradas toda vez que os parâmetros do aparelho são modificados. A Figura 2 compara as diferenças entre as formas de ondas de pressão e fluxo na ventilação a volume e na ventilação à pressão. Embora os aparelhos mais antigos possam fornecer apenas uma forma de ventilação, os modernos aparelhos microprocessados são capazes de fornecer tanto a ventilação à pressão quanto a volume, produzindo uma grande variedade de formas de onda de fluxo e pressão.

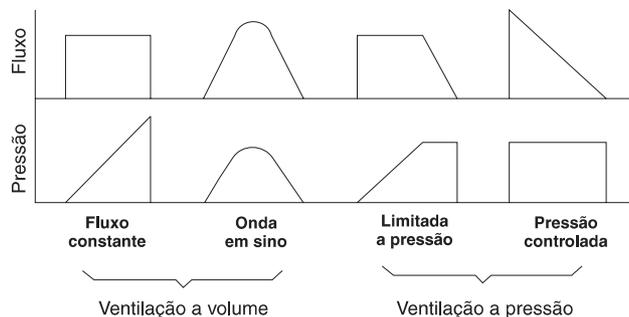


Figura 2 - Formas de onda do fluxo e pressão de quatro tipos de ventilação

Indicações de ventilação pulmonar mecânica

As indicações de ventilação pulmonar mecânica em pediatria não se resumem às doenças primárias do pulmão. Frequentemente é utilizada em outras situações como na parada cardiorrespiratória com apnéia devida a alteração metabólica, disritmias, infecções, hipotermia e herniação cerebral. A necessidade de suporte ventilatório vai depender do balanço entre as exigências e as capacidades respiratórias do paciente^{7,8}. Esse conceito é válido não somente para indicar a ventilação pulmonar mecânica, mas também para a sua retirada (Figura 3).

Por esses motivos vamos especificar as indicações de ventilação pulmonar mecânica conforme as diversas alterações.

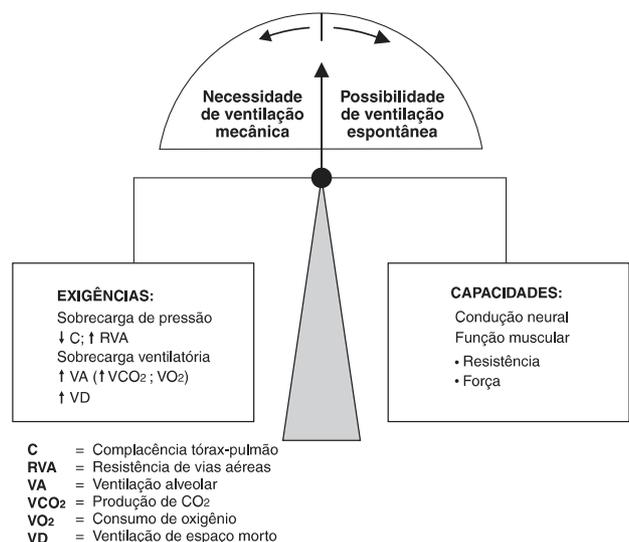


Figura 3 - Representação esquemática do balanço entre as exigências e as capacidades respiratórias envolvidas como determinantes da necessidade de ventilação pulmonar mecânica

Hipoventilação e Apnéia

Nessa situação existe um volume-minuto (Volume Corrente x Frequência Respiratória) insuficiente para suprir a demanda metabólica (captação de O₂ e eliminação de CO₂), resultando em hipercapnia e hipoxemia. A hipoventilação é conseqüente a uma série de condições que causam depressão do sistema nervoso central ou disfunção neuromuscular periférica.

São condições associadas à depressão dos sistema nervoso central uso de drogas anestésicas, analgésicos, tranqüilizantes, apnéia do prematuro, trauma craniano, herniação cerebral, hemorragia intracraniana, tumores cerebrais, síndrome da quase morte súbita e asfixia neonatal.

Nos pacientes em estado de mal epiléptico existe um aumento acentuado do tônus muscular, o que leva à inadequação do estado ventilatório e retenção de CO₂.

A presença da disfunção neuromuscular periférica pode ser devida a: miopatias; síndrome de Guillain-Barré; e miastenia *gravis*.

Outras condições (uso de músculo-relaxantes despolarizante e não despolarizante e intoxicação por organofosforado) causam bloqueio neuromuscular.

Hipoxemia e doença pulmonar intrínseca

Habitualmente, nessa condição, indica-se a ventilação pulmonar mecânica, aplicando-se a regra dos 50: PaCO₂ > 50mmHg; PaO₂ < 50mmHg com uma FiO₂ > 50%. Considerar que, se existe hipoxemia com uma PaO₂ < 60mmHg para um lactente, esta pode não ser verdadeira para um recém-nascido, uma vez que os valores de normalidade de PaO₂ variam com a idade.

Outros índices de oxigenação inadequada incluem diferença alvéolo-arterial de oxigênio (D(A-a) O₂) > 300mmHg para uma FiO₂ de 100% e fração de *shunt* intrapulmonar (Qs/Qt) > 15%.

Doenças que necessitam de hiperoxia e hipocapnia

São frequentes as indicações de ventilação mecânica nas doenças que causam aumento da pressão intracraniana (PIC) e que necessitam, através da hiperventilação, de uma redução do fluxo sanguíneo cerebral. Um outro exemplo se refere à hipertensão pulmonar persistente, na qual a hiperoxia e a hipocapnia vão causar vasodilatação vascular pulmonar.

Perda da integridade mecânica do sistema respiratório

Nesse grupo, não tão frequente em pediatria, incluem-se tórax flácido, ruptura de diafragma e instabilidade do esterno após cirurgia torácica com esternotomia, que frequentemente necessita do uso de pressão de distensão contínua.

Doenças com cardiopatia congênita

Nesse grupo, as indicações de pressão positiva contínua de vias aéreas (CPAP) e ventilação pulmonar mecânica

ca com pressão positiva intermitente vão depender do tipo de alteração anatômica cardíaca e do comprometimento pulmonar resultante, do aumento do espaço morto fisiológico (cardiopatas com curto-circuito D-E) ou do curto-circuito E-D (cardiopatas com obstrução da via de saída de ventrículo esquerdo e cardiopatas com curto-circuito bidirecional com aumento do fluxo pulmonar). Nas cardiopatas que aumentam o espaço morto fisiológico, a indicação de ventilação pulmonar mecânica deve ser evitada ao máximo, a não ser que exista uma doença pulmonar associada.

Nos pacientes com cardiopatia congênita cianótica e grande grau de insaturação arterial, a indicação de ventilação pulmonar mecânica na crise de hipoxemia vai depender da falta de resposta ao tratamento clínico. Em pacientes cardiopatas cianóticos nos quais existe uma elevação da pressão parcial de CO₂, essa poderá se tornar, conjuntamente com as alterações clínicas, a indicação da ventilação pulmonar mecânica.

Disfunção cardiovascular

A disfunção cardiovascular moderada a grave é outra indicação de ventilação mecânica. A disfunção cardiovascular resulta em diminuição da reserva respiratória, aumentando o trabalho respiratório com conseqüente falência respiratória. A ventilação mecânica não somente diminui o trabalho respiratório nessas circunstâncias como também diminui o consumo de oxigênio pelo coração.

Modos de ventilação pulmonar mecânica

Quando se inicia a ventilação pulmonar mecânica, o suporte ventilatório ótimo para uma determinada condição clínica e as necessidades específicas do paciente devem ser avaliadas. Os modos de ventilação habitualmente utilizados incluem ventilação mecânica controlada (VMC), ventilação assistida-controlada (VAC), ventilação mandatória intermitente sincronizada (VMIS), ventilação mandatória intermitente (VMI), ventilação com suporte de pressão (VSP), ventilação com pressão controlada (VPC) e ventilação com pressão positiva contínua em vias aéreas (CPAP).

Os traçados de pressão na via aérea dos diferentes modos de ventilação pulmonar mecânica e respiração espontânea estão representados na Figura 4. Cada um desses modos de ventilação pulmonar mecânica apresenta vantagens e desvantagens (Tabelas 1 e 2) que devem ser avaliadas quando da escolha do modo a ser utilizado na criança. Os objetivos mais importantes da ventilação pulmonar mecânica são a redução do trabalho respiratório, a garantia de um conforto para o paciente e também a sincronia entre o paciente- aparelho de ventilação.

Ventilação mecânica controlada

Na ventilação controlada, o aparelho de ventilação pulmonar mecânica fornece um número predeterminado de ciclos ventilatórios por minuto. Um sistema de ciclagem automática ativa o aparelho com determinada frequência, independentemente de qualquer esforço inspiratório do paciente, não permitindo que ele desencadeie respirações adicionais. A ventilação-minuto do paciente é realizada unicamente pelo aparelho.

Quando a criança possui movimentos respiratórios espontâneos, frequentemente ocorre a “fome do ar” e a “briga” com o aparelho. Esta situação é tão mais intensa quanto maior for o esforço inspiratório e a pressão negativa desencadeada pela criança. Isto tem levado a indicação da VMC somente em situações específicas e restritas, quando ocorre a diminuição da condução ventilatória, como nos casos de intoxicação exógena, recuperação da sedação anestésica e lesão do sistema nervoso central, principalmente as entidades que necessitam hiperventilação terapêutica (ex: hipertensão intracraniana por traumatismo, acidente por submersão e síndrome de Reye). Em doenças que requerem o uso de miorrelaxantes ou de sedativos em doses altas (ex: tétano neonatal e estado mal epilético) a VMC também pode ser utilizada.

Ventilação pulmonar mecânica assistida-controlada

Na modalidade assistida-controlada, o aparelho fornece um ciclo ventilatório quando é detectado um esforço inspiratório do paciente, ou quando este esforço inspiratório não ocorre em um determinado período pré-estabele-

Tabela 1 - Vantagens de alguns modos de ventilação pulmonar mecânica

Modos	Vantagens
Ventilação Mecânica Controlada (VMC)	Repouso dos músculos respiratórios
Ventilação Assistida Controlada (VAC)	O paciente determina a quantidade do suporte ventilatório; diminuição do trabalho respiratório
Ventilação Mandatória Intermitente Sincronizada (VMIS)	Melhora a interação paciente-aparelho de ventilação mecânica; menor interferência com a função cardiovascular
Ventilação com Suporte de Pressão (VSP)	Melhora a interação paciente-aparelho de ventilação mecânica, diminui o trabalho respiratório;
Ventilação com Pressão Controlada (VPC)	Permite o limite do pico de pressão inspiratória e o controle da relação inspiratória/expiratória

Tabela 2 - Desvantagens de alguns modos de ventilação pulmonar mecânica

Modos	Vantagens
Ventilação Mecânica Controlada (VMC)	Nenhuma interação do paciente-aparelho de ventilação; necessita a utilização de sedação/bloqueio neuromuscular, possível ocorrência de efeitos hemodinâmicos adversos
Ventilação Assistida Controlada (VAC)	Pode ocasionar uma hiperventilação inapropriada; possível ocorrência de efeitos hemodinâmicos adversos
Ventilação Mandatória Intermitente Sincronizada (VMIS)	Aumento inapropriado do trabalho respiratório
Ventilação com Suporte de Pressão (VSP)	Efeito variável em relação à tolerância do paciente
Ventilação com Pressão Controlada (VPC)	Hiper ou hipoventilação potencial de acordo com as alterações da complacência/resistência pulmonar

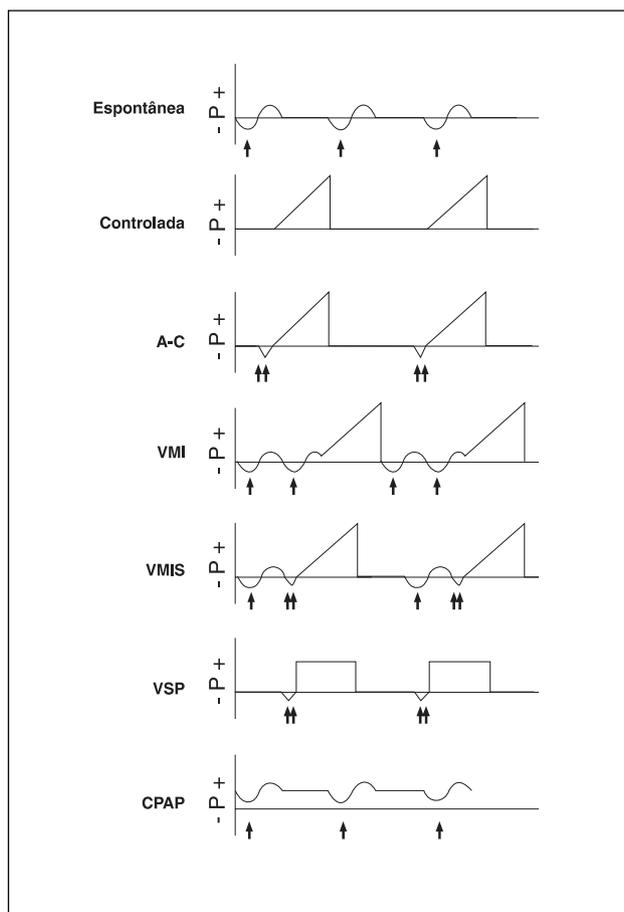


Figura 4 - Formas da onda de pressão de alguns modos de ventilação. Uma seta indica o esforço inspiratório espontâneo. Duas setas indicam as respirações mandatórias desencadeadas a partir do esforço inspiratório da criança

A-C = Ventilação assistida-controlada
VMI = Ventilação mandatória intermitente
VMIS = Ventilação mandatória intermitente sincronizada
VSP = Ventilação com suporte de pressão
CPAP = Pressão positiva contínua em vias aéreas

cido. Com isto, o número de respirações por minuto liberada pelo aparelho depende do esforço inspiratório do paciente e do ajuste da sensibilidade de disparo da válvula de demanda. Se o paciente não apresenta respiração espontânea ou o esforço inspiratório é muito débil, ou ainda, a sensibilidade de disparo é muito baixa, o aparelho liberará as respirações em uma frequência pré-estabelecida.

Ventilação mecânica assistida

Na ventilação assistida a frequência respiratória é controlada pelo paciente, enquanto que o ajuste do volume corrente e da taxa de fluxo são pré-estabelecidos pelo médico. O sistema de ciclagem é ativado com a inspiração do paciente. Se o paciente se tornar obnubilado, com a diminuição dos movimentos respiratórios, poderá haver diminuição da ventilação-minuto (hipoventilação). O ajuste inadequado do aparelho implica no risco de hipoventilação ou hiperventilação não desejáveis.

Ventilação mandatória intermitente

A VMI foi descrita originalmente usando sistemas de fluxo contínuo. É um suporte ventilatório no qual o paciente pode respirar espontaneamente e, ainda, receber um número de respirações mecânicas com um volume corrente e uma frequência predeterminados.

Nesse tipo de ventilação pode haver o fenômeno de “empilhamento das respirações” que ocorre quando o ciclo mecânico incide durante ou no final da inspiração. O “empilhamento” pode teoricamente provocar uma distensão pulmonar, levando a barotrauma e comprometimento cardiovascular. Entretanto, isso é infrequente, uma vez que o volume pulmonar produzido pelo “empilhamento” é menor do que o produzido por um suspiro. Apesar da pressão de vias aéreas atingir altos picos, nenhum efeito hemodinâmico é detectado com o “empilhamento”, devido à pressão pleural não aumentar significativamente.

Ventilação mandatória intermitente sincronizada

Uma modificação da técnica de VMI é a ventilação mandatória intermitente sincronizada. A respiração mecânica com pressão positiva é sincronizada para ser liberada imediatamente após o início do esforço inspiratório espontâneo do paciente, que é detectado como uma pequena flutuação de pressão negativa dentro do circuito do aparelho. Alternativamente, pode ser realizado o ajuste após a expiração completa.

Se o esforço respiratório não é detectado dentro de um certo tempo predeterminado, a respiração mandatória é liberada.

Preferencialmente, a respiração mecânica sincrônica deve ser liberada no início da inspiração do paciente para evitar o “empilhamento”. Isso reduz o risco da insuflação de grandes volumes, evitando o risco de barotrauma.

Ventilação com suporte de pressão

É um modo com poucos relatos pediátricos na literatura, mas que progressivamente vem sendo cada vez mais usado, principalmente entre os pediatras que têm aplicado tal método para o “desmame” de pacientes em suporte ventilatório.

A ventilação com suporte de pressão é um modo de ventilação assistida que auxilia o paciente durante a respiração espontânea, facilitando o esforço ventilatório durante a fase inspiratória, quando fornece uma determinada pressão positiva, previamente estabelecida.

Para que se desencadeie um ciclo ventilatório, é necessário que o paciente gere uma pressão negativa. Isso determina a abertura de uma válvula de demanda que irá produzir um fluxo desacelerante. A abertura da válvula de demanda vai depender da sensibilidade que é programada para o “disparo” do aparelho, sendo que o suporte de pressão é fornecido apenas na fase inspiratória de distensão contínua. A fase inspiratória se encerra quando o fluxo de gás for menor que 25% do pico de fluxo, iniciando, a partir daí, a fase de expiração, com o fechamento da válvula de demanda, evitando desse modo uma distensão excessiva dos alvéolos.

O nível de suporte de pressão utilizado irá determinar um volume corrente maior ou menor e, portanto, uma variação da ventilação.

Sua utilização clínica está baseada no conceito teórico de que toda mecânica respiratória exposta aqui determina um trabalho respiratório menor, com diminuição da possibilidade de fadiga.

Quando se utiliza essa modalidade no “desmame”, deve-se começar com um suporte de pressão mais elevado (por exemplo: 30cmH₂O), avaliando-se a seguir, a parte clínica, a oxigenação e a ventilação. Caso essas condições sejam preenchidas dentro dos parâmetros da normalidade, diminui-se o suporte de pressão de 5 em 5cm H₂O até o nível de 5-7cmH₂O.

Ventilação com pressão controlada

A ventilação com pressão controlada (VPC) é ciclada a tempo e necessita de um conhecimento técnico para o seu início e manutenção na criança grave. No modo de pressão controlada, assim como no modo de suporte de pressão, o médico pré-seleciona a pressão ventilatória do sistema que é rapidamente atingida após o início da inspiração, sendo mantida através de todo o ciclo inspiratório. A ventilação com pressão controlada permite a limitação do pico de pressão inspiratória. Uma preocupação com esse modo de ventilação são as dramáticas alterações na ventilação-minuto conforme haja alteração na complacência pulmonar ou na resistência de vias aéreas. A relação inspiração/expiração também pode aumentar em alguns aparelhos de ventilação pulmonar mecânica conforme a frequência ventilatória do paciente eleva-se acima da frequência pré-selecionada.

Pressão positiva contínuas em vias aéreas

É um modo de respiração espontânea na qual é mantida uma pressão constante nas vias aéreas, durante todo o ciclo respiratório. O padrão respiratório, pico de fluxo e volume corrente de cada respiração são determinadas exclusivamente pelo paciente. A aplicação de CPAP também pode ser utilizada concomitantemente com a VSP.

Ventilação pulmonar mecânica em algumas situações clínicas

Síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA)⁹⁻¹²

Normas Gerais

- Deve ser escolhido um modo de ventilação que se tenha experiência e que seja capaz de manter a oxigenação/ventilação;

- Aceita-se uma SatO₂ > 90%;

- Quando a pressão de platô excede ou iguala a pressão de 35 cmH₂O, o volume corrente deve ser diminuído (até 56ml/kg). Em condições clínicas com diminuição da complacência da parede torácica, aceita-se um valor acima de 35 cmH₂O (se possível avaliar pelo 2º ponto de inflexão na curva pressão-volume);

- Utilizar hipercapnia permissiva a menos que haja risco de aumento da PIC ou qualquer outra contra-indicação de aumento na PaCO₂ e pH. Evitar aumentos rápidos na PaCO₂. Se a função renal está normal, uma redução lenta do volume corrente pode facilitar uma alcalose metabólica compensatória e um pH mais elevado para um dado volume corrente;

- Utilizar pressão expiratória final positiva (PEEP) para manter a oxigenação. Fazer uma triagem para a obtenção da melhor PEEP, fazendo a reavaliação regularmente (1º ponto de inflexão na curva pressão-volume);

- A FiO₂ deve ser minimizada. Quando existir a necessidade de uma alta pressão de platô e FiO₂, pode-se manter a SatO₂ um pouco abaixo de 90% (hipoxemia permissiva);

- Quando a oxigenação é inadequada pode-se utilizar alterações da posição (supina@ prona) sedação e/ou paralisia muscular (utilização criteriosa em pediatria com monitorização clínica e funcional adequadas). Outros fatores responsáveis pelo transporte de oxigênio (hemoglobina, débito cardíaco) devem ser avaliados.

Fístula Broncopleural¹³⁻¹⁵

- Pode predispor a atelectasia ou insuflação inadequada do pulmão ipsilateral ou contralateral, interferindo com a troca gasosa e predispondo a pleura a processos infecciosos;

- Também pode prolongar a ventilação pulmonar mecânica predispondo a uma taxa de morbidade mais elevada;

- Algumas fístulas broncopleurais podem ser resolvidas ou amenizadas através de uma reparação cirúrgica (sutura de brônquio, lobectomia para os casos de pneumo-nia necrotizante).

Normas Gerais

1. Para facilitar o fechamento da fístula:

- Utilizar o menor volume corrente e a menor frequência de ciclagem que permita uma ventilação adequada;

- Utilizar um modo de ventilação e parâmetros que minimizem o pico e o platô de pressão necessários para manter uma ventilação adequada;

- Considerar a utilização de hipercapnia permissiva para minimizar a pressão e o volume inspiratório;

- Minimizar a PEEP (geralmente 3-5cm H₂O);

- O tempo inspiratório deve ser normal ou mais frequentemente baixo em relação à idade.

2. Considerar a utilização de ventilação pulmonar independente ou ventilação a jato de alta frequência nos casos com grande escape de gás e impossibilidade de insuflação pulmonar ou falha da oxigenação/ventilação.

Trauma de Crânio¹⁶

- Não existem evidências para a aplicação profilática da hiperventilação em todos os pacientes com trauma de crânio, já que o aumento da pressão média de vias aéreas associado com o aumento da ventilação minuto pode ocasionar um aumento paradoxal na pressão intracraniana (PIC).

Normas Gerais

- Na presença de um aumento da PIC, manter a PaCO₂ em torno de 30 mmHg ou de acordo com a monitorização da pressão intracraniana e do hemometabolismo cerebral;

- Manter a PaCO₂ normal nos pacientes com PIC normal;

- Quando utilizar a hiperventilação para diminuir a PIC, retornar gradualmente a normocarbia (24 a 48 horas);

- Deve-se evitar picos de pressão inspiratória altos que podem levar a um aumento da PIC;

- Minimizar a PEEP (geralmente 3 - 5 cmH₂O).

Falência Cardíaca⁷

Normas Gerais

- Conhecimento prévio da influência da ventilação pulmonar mecânica na hemodinâmica do paciente cardiopata e em pós-operatório de cirurgia cardíaca;

- Condição de volemia adequada antes do início da ventilação pulmonar mecânica para não haver deterioração clínica;

- Não existe uma regra única de ventilação em que possam se encaixar todos os pacientes;

Temos basicamente dois tipos de pacientes: 1- paciente sem intercorrência no intra-operatório com extubação possível no centro cirúrgico ou no pós-operatório imediato; 2- grupo de maior risco devido às condições pré-operatórias (cardiopatias complexas, hipertensão pulmonar, edema pulmonar, infecção pulmonar e desnutrição), intercorrências no intra-operatório, utilização de circulação extra-corpórea acima de 60 minutos. Esses pacientes geralmente necessitam de ventilação pulmonar mecânica prolongada.

- Alguns fatores influenciam o tipo e o tempo de ventilação tais como:

1- Mecânicos (cardiomegalia com aumento de átrio esquerdo pode ocasionar compressão brônquica com atelectasia ou enfisema, disfunção diafragmática principalmente em recém-nascidos e lactentes jovens, dificultando a retirada da ventilação pulmonar mecânica e, às vezes, necessitando de plicatura do diafragma, fluxos pulmonares diferentes (ex.: *shunt* aorto-pulmonar) ocasionando efeito espaço morto e alteração V/Q);

2- Relacionados ao fluxo sanguíneo pulmonar (com fluxos baixos o paciente não tolera altos picos de pressão inspiratória com um maior risco de volutrauma e/ou barotrauma; com fluxos aumentados-hipertensão pulmonar, existe a necessidade de se manter uma hiperventilação leve);

3- Defeitos cardíacos residuais mantendo "*shunt*" D₂ E (diagnóstico realizado através da coleta de sangue venoso sistêmico, de átrio esquerdo e aorta, verificando-se o gradiente de O₂ ou através de ecocardiografia utilizando soro fisiológico. Frequentemente a ventilação pulmonar mecânica com aumentos da FiO₂ e dos picos de pressão inspiratória mantém a SatO₂ baixa).

- Aparelhos de ventilação pulmonar mecânica utilizados: A- Fluxo contínuo/ciclados a tempo/limitados a pressão; B- Fluxo intermitente ciclados a volume ou tempo limitados à pressão (mais adequado para os pacientes com SDRA).

- Modos de ventilação: a) VMI, b) VMIS, c) VPC (hipercapnia e hipoxemia permissiva), d) Suporte de pressão e CPAP. Nunca utilizar ventilação controlada.

- Cuidados gerais: a) prevenir extubação acidental que pode se configurar um evento catastrófico no cardiopata; b) não realizar fisioterapia respiratória nos pacientes de risco (hipertensão pulmonar, tórax aberto, instável), so-

mente mudança postural; c) evitar aspiração desnecessária de VAS (suspender a aspiração se $\text{SatO}_2 < 10\%$ ou FC $> 20\%$), realizando o procedimento sempre em duas pessoas; d) sedação adequada (a utilização de fentanil diminui a pressão de artéria pulmonar melhorando a hipertensão pulmonar); e) oximetria de pulso com $\text{SatO}_2 = 92\%$, não permitindo hipoxemia na grande maioria dos pacientes.

- Retirada da ventilação pulmonar mecânica somente quando houver estabilidade metabólica e hemodinâmica.

- Extubação: triagem em CPAP 15 minutos, manter a FiO_2 em tenda ou halo 10% maior, *não suspender drogas cardiovasculares antes da retirada da ventilação mecânica*.

*Patologia Neuromuscular*¹⁷⁻²⁰

Normas Gerais

- Possuem um menor risco de barotrauma do que os pacientes com doença pulmonar intrínseca (restritiva ou obstrutiva) e freqüentemente necessitam de volumes correntes maiores (10 - 12 ml/kg) e altas taxas de fluxo inspiratório. Utilizar PEEP de 5 - 10 cmH_2O .

- Utilizar um suporte ventilatório parcial ou total de acordo com a capacidade muscular ventilatória do paciente.

- Os pacientes com insuficiência respiratória grave devida à doença neuromuscular possuem um alto risco de descompensação aguda caso desenvolvam infecção respiratória de via aérea superior ou pneumonia. As indicações

para o início da ventilação pulmonar mecânica estão sumarizadas na Tabela 4.

- A utilização de ventilação com pressão positiva não invasiva é o modo ventilatório de escolha para a insuficiência respiratória ocasionada por doenças neurológicas progressivas com função de bulbo preservada de acordo com a Tabela 5.

*Asma Aguda*²¹⁻²⁴

Normas Gerais

- Risco considerável de complicações e óbito aplicando-se a pressão positiva devido à influência significativa dos altos picos de pressão de via aérea, ocasionando ventilação inadequada, alterações circulatórias ou barotrauma/volutrauma.

- Critérios de indicação muito estritos e limitados ao estágio final de fadiga (exaustão) e não a dados gasométricos de uma simples hipercapnia. Os indicadores clínicos de uma obstrução grave da via aérea com provável parada cardiorrespiratória são os seguintes:

- Alteração do nível de consciência;
- Acidose ou hipóxia grave ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ (8Kpa));
- Pulso paradoxal $> 15 \text{ mmHg}$ (queda na pressão arterial sistólica durante a inspiração);
- Taquicardia, taquipnéia;
- Paciente sem condições de completar uma sentença em uma respiração;
- Ausculta com murmúrio vesicular ausente;

Tabela 3 - Parâmetros iniciais e ajustes da ventilação pulmonar mecânica no paciente cardiopata

Parâmetros	Iniciais	Ajustes	Observações
Frequência ciclagem (cpm)	faixa etária: RN: 30 - 35 lactentes: 25 - 30, pré-escolares: ± 20 , escolar: 15 - 20	clínica gasometria (PaCO_2)	HP ($\text{PaCO}_2 = 30-35 \text{ mmHg}$) SDRA (permitir PaCO_2 mais elevada) - hipercapnia permissiva
PIP (cmH_2O)	triagem cuidadosa	avaliar expansão torácica, murmúrio vesicular, ciclagem manual	- PIP - complacência diminuída, edema pulmonar, broncopneumonia - PIP - baixo fluxo pulmonar
PEEP (cmH_2O)	3 - 4	PEEP baixo - nas patologias com fluxo pulmonar baixo - PEEP - complacência baixa	sempre adequar o volume intravascular (normovolemia)
Fase expiratória	mais longo possível	de acordo com a constante de tempo expiratória	permite um melhor fluxo pulmonar e evita a presença de auto-PEEP
Volume corrente (ml/kg)	6 - 8 ml/kg (efetivo)	—————	pode-se utilizar volumes até 5 ml/kg na hipercapnia permissiva
Taxa de fluxo (L/min.)	utilizar fluxos baixos	cálculo c/peso e volume corrente	altas taxas de fluxo podem ocasionar hiperinsuflação
Mecânica respiratória	Análise das curvas de pressão, fluxo, volume e curvas fluxo-volume e pressão- volume		

- Bradicardia;
- Fadiga;
- PaCO₂ normal ou elevado;
- pH arterial baixo;
- Oferecer uma fração inspirada de oxigênio de 100% antes da intubação, assim como líquidos de 10 ml/kg para se melhorar o retorno venoso que inicialmente está muito alterado devido à aplicação da pressão positiva. A técnica

Tabela 4 - Indicações para ventilação pulmonar mecânica nas doenças neuromusculares

Insuficiência respiratória aguda

- Deterioração rápida, dispnéia grave, utilização de musculatura acessória, respiração abdominal paradoxal.
- Deterioração rápida da troca gasosa, acidose respiratória aguda, hipoxemia grave.
- A ventilação com pressão positiva não invasiva pode ser uma opção:
 - Se não existir parada respiratória;
 - Se não existir instabilidade cardiovascular;
 - Se não houver secreção em grande quantidade;
 - Se a função da via aérea superior for adequada;
 - Se o paciente for cooperativo;

Insuficiência respiratória crônica

- Sintomas de hiperventilação incluindo dor de cabeça matutina, sonolência ou fadiga.
- Acidose respiratória compensada (PaCO₂ > 45 mmHg).
- Hipoventilação noturna importante e desaturação arterial.
- Fatores contribuintes (apnéia obstrutiva do sono, hipotireoidismo, insuficiência cardíaca).
- A ventilação com pressão positiva não invasiva é indicada:
 - Se a função da via aérea superior for adequada;
 - Se não houver secreção em grande quantidade;
 - Se houver um processo de progressão lenta (Síndrome de Guillain-Barré).

mais segura de intubação traqueal do paciente asmático é a de se realizar o procedimento com o paciente “desperto”.

- Este período peri-intubação é o período mais delicado e perigoso da manipulação do paciente que necessita ventilação pulmonar mecânica. Ventilar manualmente de maneira lenta e com baixos volumes correntes.

- A ventilação pode ser realizada com um aparelho ciclado a volume ou ciclado a tempo com pressão limitada, utilizando uma frequência respiratória de ciclagem baixa (10 - 15 ciclos/min), com volume corrente de 5 a 8 ml/kg, aceitando-se a possibilidade de hipercapnia permissiva e acidose respiratória.

- Um outro conceito importante que devemos ter em mente é o da hiperinsuflação dinâmica que resulta de uma expiração incompleta de tal maneira que o volume de equilíbrio elástico não é obtido antes que se inicie a próxima inspiração. Isso vai resultar em uma pressão alveolar positiva no final da fase expiratória ocasionando o chamado auto-PEEP, que tem uma relação direta com o volume corrente e inversa com o tempo permitido para a expiração. Na asma aguda grave, a hiperinsuflação dinâmica ocasiona uma distribuição regional heterogênea dos gases, com as unidades normais expostas a uma pressão de distensão e volumes excessivos.

- Encontramos três subgrupos clínicos de asmáticos: a) aqueles que apresentam uma deterioração clínica inalterável; b) aqueles com asma instável acompanhada por uma piora súbita; e c) aqueles que apresentam uma piora súbita inesperada. Os pacientes do primeiro grupo têm uma PaCO₂ significativamente mais baixa no momento da internação, mas necessitam ventilação mecânica por períodos mais prolongados. Os pacientes do segundo grupo tem uma PaCO₂ significativamente mais elevada, necessitando de ventilação mecânica por um período mais curto. Os asmáticos do terceiro grupo têm um nível intermediário de PaCO₂ antes da intubação e necessitam de período mais curto de ventilação pulmonar mecânica.

Tabela 5 - Alternativas e opções mais comuns de ventilação para a insuficiência respiratória em várias doenças neuromusculares

Doença	Opção mais comum	Opções alternativas
Distrofias musculares Esclerose amiotrófica lateral Síndrome de Guillain-Barré	VPPNI Nenhuma* Intubação Endotraqueal Traqueostomia	VPN, CP, CR, Traqueostomia Traqueostomia, VPPNI, VPN, VP Traqueostomia
Lesão espinal alta (C1 - 3) Lesão espinal média e baixa (C4 - 8)	nenhuma	VPPNI, VPN, VP, RGF, MPD Identifica a lesão espinal alta se houver necessidade de ventilação Traqueostomia (para aspiração)
Acidente vascular		

VPPNI = Ventilação com pressão positiva não invasiva

VP = Veste pneumática

CR = Cama rotatória

VPN = Ventilação com pressão negativa

MPD = Marca-passo diafragmático

RGF = Respiração glossofaringea

* Nenhuma indica que a maioria dos pacientes optam contra a ventilação ou não necessitam de ventilação pulmonar mecânica

- Acredita-se que um alto pico de pressão em vias aéreas pode indicar a presença de hiperinsuflação. Infelizmente o pico de pressão inspiratória é influenciado pelo tamanho da cânula intratraqueal, pelo tamanho do conector e pela taxa de fluxo inspiratório.

- Pode haver necessidade de sedação e/ou paralisia muscular se a ventilação pulmonar mecânica não satisfizer as necessidades do paciente (“briga com o aparelho”). Após a sedação e/ou paralisia muscular, ocorre uma diminuição do esforço expiratório ativo com menor possibilidade de colapso da via aérea.

- Devemos ter extremo cuidado com o uso prolongado de músculo-relaxante e a utilização de altas doses de corticóide devido à possibilidade de miopatia.

Descompensação aguda de uma insuficiência respiratória crônica²⁵

Deve ser sempre utilizada apenas como uma terapêutica de sustentação, enquanto se aguarda a melhora clínica com os outros tratamentos instituídos. As indicações para a intubação traqueal e a instalação da ventilação pulmonar mecânica estão listadas na Tabela 6.

Existem diversos modos de ventilação pulmonar mecânica, nos quais os pacientes pneumopatas crônicos podem ser inicialmente colocados ventilação mandatória intermitente, que tem como possíveis vantagens um menor comprometimento hemodinâmico, uma pressão média de vias aéreas mais baixa e uma menor possibilidade de atrofia muscular, podendo, entretanto, ocasionar um aumento do trabalho respiratório em alguns pacientes; ventilação com suporte de pressão pode ser utilizada associada à ventilação mandatória intermitente, tendo sempre em mente que os sistemas de fluxo com válvulas de demanda podem aumentar o consumo de oxigênio devido ao aumento do trabalho respiratório.

Procure manter a frequência de ciclagem do aparelho de ventilação de tal modo que a PaCO₂ se estabilize em níveis que o paciente possuía antes da descompensação aguda. Evite utilizar altas pressões inspiratórias, devido à possibilidade de barotrauma, mantendo a fração inspirada de oxigênio em valores “não tóxicos” com a PaCO₂ entre 60 - 70 mmHg. Não é muito freqüente os pacientes com

doença pulmonar crônica necessitarem da utilização de pressão expiratória final positiva em níveis médios ou elevados, a não ser que se superponha uma complicação com uma diminuição importante da complacência pulmonar, como o edema agudo de pulmão. Deve-se estar sempre atento nesses pacientes para a possibilidade de auto-PEEP, devido à possibilidade de um esvaziamento muito lento de algumas unidades alveolares, em consequência de uma obstrução ao fluxo de ar.

A retirada (“desmame”) desses pacientes da ventilação pulmonar mecânica apresenta diversas particularidades, não preenchendo necessariamente os critérios clínicos e fisiológicos de “desmame” habitualmente utilizados. A avaliação clínica é o dado mais importante para se fazer a retirada do paciente crônico da ventilação pulmonar mecânica, fazendo desse procedimento uma verdadeira arte e um desafio para o pediatra intensivista. Em geral, iniciamos o “desmame” quando existe uma melhora clínica importante da causa que levou à descompensação pulmonar, em um paciente consciente (desperto), com o estado hemodinâmico estável, mantendo uma PaO₂ maior do que 60 mmHg. Fazer o procedimento sempre durante o dia, com o paciente em posição elevada ou mesmo sentada para facilitar a função do diafragma. Quando o paciente estiver em uma FiO₂ = 40% e com uma força inspiratória negativa apropriada, pode-se mantê-lo transitoriamente (20 minutos) em respiração espontânea (CPAP ou tubo T), colhendo-se logo após uma gasometria arterial. Se a PaO₂ permanecer acima de 60 mmHg e a PaCO₂ não se elevar mais do que 5-7 mmHg, o paciente poderá ser extubado. Caso houver hipoxemia, hipercapnia ou agitação durante o procedimento, deve-se retornar o paciente aos parâmetros anteriores. Muitos pacientes não conseguem, às vezes, sofrer o processo de “desmame” e se manter em respiração espontânea. Muitas dessas crianças apresentam complicações extrapulmonares que dificultam a retirada da ventilação pulmonar mecânica, tais como:

- Cânula intratraqueal com diâmetro interno muito pequeno, aumentando o trabalho respiratório. Nesses casos, se for possível, trocar a cânula por um diâmetro maior;

- A presença de hiperoxia (PaO₂ > 70 mmHg) pode diminuir a condução respiratória dificultando o processo de “desmame”;

Tabela 6 - Avaliação da necessidade de intubação intratraqueal nos pacientes com insuficiência respiratória crônica

Manter o Tratamento Clínico	Considerar a Intubação
Nível de consciência adequado, responde de modo apropriado às perguntas	Confuso, contato com o ambiente difícil
Tosse efetiva, produtiva	Tosse fraca, não produtiva
Coordenação da musculatura respiratória	Movimento paradoxal do abdomen
pH se mantendo > 7,25	pH diminuindo < 7,25 apesar do tratamento

- A diminuição da oferta calórica pode ocasionar uma fraqueza dos músculos respiratórios, assim como um excesso de oferta de carboidratos pode aumentar a produção de CO_2 dificultando a retirada do aparelho de ventilação pulmonar mecânica;

- A presença de hipofosfatemia pode ocasionar uma fraqueza dos músculos respiratórios, assim como uma diminuição de 2,3 DPG com desvio da curva de dissociação da hemoglobina para a esquerda dificultado a liberação de oxigênio para os tecidos;

- A presença de alcalose metabólica devido à utilização de corticóides, antiácidos, diuréticos e pela drenagem da sonda nasogástrica pode diminuir a resposta do centro respiratório. A alcalose respiratória pode ser devida a uma hiperventilação e queda da PaCO_2 para níveis muito baixos em se tratando de um paciente pneumopata crônico. Procure manter o pH próximo ao valor de 7,3;

- A utilização excessiva de sedativos pode dificultar o “desmame”. Realizar o procedimento sem a utilização de nenhum sedativo;

- A presença de broncoespasmo e edema pulmonar aumentam significativamente o trabalho respiratório dificultando a retirada do aparelho de ventilação pulmonar mecânica.

Limitações da ventilação pulmonar mecânica

Existem três grandes problemas com a ventilação pulmonar mecânica que impedem a obtenção de nossos objetivos²⁶:

1. Nos pacientes gravemente enfermos, os aparelhos de ventilação pulmonar mecânica podem não ser adequados para uma troca gasosa suficiente. Os pacientes que falecem devido às alterações da troca gasosa são uma minoria, mas valores subótimos nos pacientes graves são um problema frequente.

2. A ventilação pulmonar mecânica com pressão positiva pode ocasionar três tipos de lesões iatrogênicas. A primeira é a lesão pulmonar direta devida à ventilação mecânica. Essa lesão pode resultar de níveis excessivos de oxigênio (toxicidade pelo O_2) ou ser induzida pela hiperdistensão. A lesão devida à distensão resulta do fato de que os tecidos pulmonares (particularmente as regiões pulmonares não acometidas –sadias) podem ser lesadas quando há hiperdistensão ocasionada por estratégias ventilatórias utilizadas para recrutar e ventilar as regiões doentes do pulmão. Essa lesão pode ser potencializada quando também existir um recrutamento inadequado do alvéolo. A segunda lesão é a sobrecarga muscular ventilatória devida à dessincronia do paciente em relação à ventilação pulmonar mecânica, ocorrendo primariamente nas crianças que recebem suporte ventilatório parcial. O desencadeamento inadequado do aparelho, assim como o fornecimento de fluxo pode ocasionar uma sobrecarga significativa com um desconforto para o paciente. Isso pode levar a um atraso no processo de retirada gradual da ventilação pulmonar mecânica. A terceira lesão de grande importância é o risco

aumentado de infecção, sendo que a pneumonia intrahospitalar é a complicação mais séria que ocorre no paciente em ventilação pulmonar mecânica alterando significativamente o tempo de permanência no aparelho.

3. A ventilação pulmonar mecânica possui um custo bastante elevado que inclui não apenas o aparelho, mas também os acessórios e o custo operacional que perfazem juntos um custo dia de ventilação de 1.000 reais, que perfaz uma grande fração em relação aos custos de internação na unidade de cuidados intensivos.

Avanços a curto prazo

As pesquisas atualmente focalizam as estratégias ventilatórias com proteção pulmonar, especificamente aquelas que recrutam adequadamente o volume pulmonar sem hiperdistensão. Com esse objetivo, a observação da curva pressão/volume para se verificar o recrutamento alveolar e a hiperdistensão poderão ter a sua importância maior ainda para se selecionar os parâmetros ventilatórios. A ventilação de alta frequência com o recrutamento adequado dos volumes pulmonares e limitação da distensão alveolar máxima pode ser proclamada como uma estratégia de proteção pulmonar. Existem diversas terapêuticas associadas que podem ser úteis na melhora da troca gasosa. A utilização do óxido nítrico inalatório é uma terapêutica promissora objetivando a melhora da relação ventilação-perfusão e redução das necessidades de uma fração inspiratória de oxigênio elevada; entretanto, necessitamos esperar os resultados das pesquisas clínicas para uma melhor definição da sua utilização. A reposição de surfactante e a utilização de fluorcarbonos utilizados como “PEEP líquido” também são úteis para recrutar um volume pulmonar adequado e melhorar a relação ventilação-perfusão. Uma outra técnica bastante promissora é a utilização da insuflação traqueal de gás (ITG) que funciona lavando o tubo intratraqueal durante a fase expiratória, reduzindo, desse modo, o espaço morto efetivo. O volume corrente também pode ser reduzido na ITG diminuindo as necessidades de uma pressão de ventilação mais elevada.

Para se melhorar a sincronia do paciente com o aparelho de ventilação pulmonar mecânica, existem a perspectiva de vários avanços, incluindo a melhora da tecnologia dos microprocessadores, aumentando a detecção da atividade do paciente e produzindo uma resposta apropriada do aparelho de ventilação.

A redução dos quadros de infecção poderá ser obtida com a utilização de circuitos menos propensos à contaminação, técnicas de descontaminação das vias aéreas, da faringe e do aparelho gastrointestinal. Entretanto, a lavagem das mãos permanece como a técnica mais simples e mais efetiva para reduzir o número de infecções intrahospitalares.

A diminuição dos custos da ventilação pulmonar mecânica pode se tornar uma realidade com o advento de vários avanços, como o emprego de sistemas microprocessados menos onerosos e o desenvolvimento de protoco-

los de tratamento incluindo a utilização de protocolos computadorizados.

Tabela 7 - Complicações da ventilação pulmonar mecânica

Barotrauma
Pneumotórax
Pneumomediastino
Pneumopericárdio
Pneumoperitônio
Enfisema subcutâneo
Infecção Hospitalar
SDRA
Pneumonia
Assincronia paciente-aparelho de ventilação mecânica
Auto PEEP
Hiperventilação
Alcalose Respiratória
Aumento do trabalho respiratório
Complicações não relacionadas ao sistema cardiorrespiratório
Estresse fisiológico
Disfunção renal
Retenção hídrica
Disfunção gastrointestinal
Vômito
Sangramento e úlcera
Aumento da pressão intracraniana
Complicações das vias aéreas
Sinusite
Lesão de corda vocal
Extubação acidental
Excesso de secreção
Lesão de glote (edema, estenose, erosão)
Lesão de traquéia (erosão, dilatação)
Traqueomalacia
Fístula traquéia-artéria inominada
Obstrução de via aérea
Intubação de brônquio fonte
Acotovelamento do tubo intratraqueal
Obstrução do tubo intratraqueal ou de traqueostomia
Comprometimento cardiovascular
do retorno venoso
do débito cardíaco
Toxicidade pelo oxigênio

Referências bibliográficas

- Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet J, Falke K, Hudson L. The Consensus Committee: Report of the American-European consensus on ARDS: definitions, mechanisms, relevant outcomes and clinical coordination. *Intensive Care Med* 1994;20:225-32.
- Chatburn R. Principles and practice of neonatal and pediatric mechanical ventilation. *Resp Care* 1991;36:569-93.
- Chatburn R. A new system for understanding mechanical ventilators. *Resp Care* 1991;36:1123-55.
- Boros SJ, Bing DR, Mammel MC, et al. Using conventional infant ventilators at unconventional rates. *Pediatrics* 1984; 74:487
- Boyson PG, McGouh E. Pressure-control and pressure support ventilation: Flow patterns, inspiratory time and gas distribution. *Resp Care* 1988;33:126-34.
- Tobin MJ. Monitoring of pressure, flow and volume during mechanical ventilation. *Resp Care* 1992;37:1081-96.
- Slutsky AS. Mechanical ventilation. *Chest* 1993;104:1833-59.
- Tobin MJ. Mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1994; 330: 1056-61
- Hickling KG, Henderson SJ, Jacksob R. Low mortality associated with low volume hipercapnia in severe adult respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1990; 16:372-7.
- Hickling KG. Ventilatory management of ARDS: Can it affect the outcome? *Intensive Care Med* 1990; 16:219-26.
- Marini JJ. Pressure-targeted mechanical ventilation of acute lung injury. *Sem Respir Crit Care Med* 1993;14:262-9.
- Moss M, Parsons PE. Mechanical ventilation and the adult respiratory distress syndrome. *Sem Respir Crit Care Med* 1994;15:289-99.
- Powmer DJ, Grenvik A. Ventilatory management of life-threatening bronchopleural fistulae: a summary. *Crit Care Med* 1981;9:54-8.
- Bauman MH, Sahn SA. Mechanical management and therapy of bronchopleural fistulas in the mechanically ventilated patient. *Chest* 1990;97:721-28.
- Litmanovitch M, Joynt GM, Cooper PJF, Kraus P. Persistent bronchopleural fistula in a patient with adult respiratory distress syndrome. *Chest* 1993;104:1901-2.
- Muizelaar JP, Marnarou A, Ward JD, et al. Adverse effects of prolonged hyperventilation in patients with severe head injury: a randomized clinical trial. *J Neurosurg* 1991; 75:731-9.
- O'Donohue Jr. WJ, Baker JP, Bell GM et al. Respiratory failure in neuromuscular disease. Management in a respiratory intensive care unit. *JAMA* 1976;235:733.
- Bach JR, Alba AS. Non invasive options for ventilatory support of the traumatic high level quadraplegic. *Chest* 1990; 98:613-9.
- Mansel JK, Norman JR. Respiratory complications and management of spinal cord injuries. *Chest* 1990;97:1446-52.
- Kelly B, Luce JM. The diagnosis and management of neuromuscular disease causing respiratory failure. *Chest* 1991; 99:1485-94.
- Darioli R, Perret C. Mechanical controlled hypoventilation in status asthmaticus. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:385-7.
- Carvalho WB. Tratamento da asma aguda. *Rev Paul Pediatría* 1994; 12:319-27.
- Naspitz CK, Carvalho WB. Atendimento hospitalar da criança com asma aguda. *J pediatr (Rio J.)* 1992;68:373-5.
- Hirschheimer MR, Carvalho WB. Asma aguda na infância. *Ped Moderna* 1995;31:5-37.
- Fahey PJ. Management of the chronic obstructive pulmonary disease patient in the intensive care unit. In: Mac Donnell KF, Fahey PJ, Segal MS, eds. *Respiratory Intensive Care*. 1ª ed. Boston: Little, Brown Co.; 1987. p.204-13.
- Mac Intyre NR. Mechanical ventilation: the next 50 years. *Respir Care* 1998;43:490-3.

Endereço para correspondência:

Dr. Werther Brunow de Carvalho

Rua São Paulo Antigo, 145 - 12º A - CEP 05684-010

Morumbi - São Paulo - SP - Telefax: (011) 846-9642.