

# Relatório do Segundo Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica - Parte I

Statement of Second Brazilian Congress of Mechanical Ventilation - Part I

## PROMOÇÃO

Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia  
Associação de Medicina Intensiva Brasileira

## APOIO

Sociedade Brasileira de Anestesiologia  
Sociedade Brasileira de Pediatria  
Sociedade Brasileira de Fisioterapia Respiratória e Terapia Intensiva

## COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidente - Augusto Manoel de Carvalho Farias  
Secretário - Rosalvo Abreu  
Tesoureiro - Sydney Agareno  
Editor-Chefe - Cid Marcos Nascimento David

Elane Passos,  
Antônio Nuno da Conceição,  
Amadeu Martinez,  
André Aragão,  
Maristela Machado

## COMISSÃO CIENTÍFICA

André Guanaes - Presidente  
Antônio Duarte,  
Paulo Henrique Oliveira,  
Roberto Sapolnik,  
Maria de Fátima Freire,  
Maristela Sestelo,  
Sérgio Jezler.

## COMISSÃO REDATORIAL

Augusto Manoel de Carvalho Farias  
André Guanaes  
Carlos Roberto Ribeiro de Carvalho  
Cid Marcos Nascimento David  
Renato Giuseppe Giovanni Terzi  
Sérgio Saldanha Menna Barreto

## 1. Indicações de Ventilação Mecânica Invasiva com Pressão Positiva

### COORDENADOR

Sérgio Saldanha Menna Barreto

### RELATOR COLABORADOR

Nivaldo Filgueiras

### DISCUTIDORES

Jamocyr Moura Marinho

Rosângela Melo

Airton Stingellin Crespo

Analuze Góes

Arthur Vianna

Adriana Carvalho

Eduardo O. Fernandes

José Eduardo Castro

Nivaldo Filgueiras

Paulo Roberto A. Carvalho

Rose Plotnik

Silvia Regina R. Vieira

Jaime Veras

A ventilação mecânica é um método de suporte para o paciente durante uma enfermidade, não constituindo, nunca, uma terapia curativa. O emprego da ventilação mecânica implica riscos próprios, devendo sua indicação ser prudente e criteriosa, e sua aplicação cercada por cuidados específicos.

### Da suspeita clínica ao diagnóstico de insuficiência respiratória

A insuficiência respiratória não se caracteriza por ser um achado clínico exclusivo. A dispnéia pode ser o principal sintoma apresentado, cuja intensidade, rapidez de aparecimento e evolução fornecem dados importantes para o diagnóstico e a terapêutica. Outros sinais e sintomas devem ser analisados com cautela. A cianose, considerada um dos grandes sinais de hipoxemia, tem o seu aparecimento dependente da presença de 5g/dL de hemoglobina reduzida no sangue arterial. Portanto, em caso de anemia, mesmo discreta (hemoglobina = 10 g/dL), o grau de hipoxemia severa deverá ser relativamente acentuado para que este sinal seja aparente ( $SaO_2$  e  $PaO_2$  capilar respectivamente de 50% e 25 mmHg). Sendo assim, a cianose, quando presente, constitui um importante sinal de hipoxemia, porém a sua ausência não exclui a possibilidade de uma situação clínica grave.

Apesar desses fatores, na maioria das vezes, o diagnóstico de insuficiência respiratória aguda é fácil em virtude da intensidade dos sinais e sintomas. O quadro clínico pode ser alarmante e não deixar dúvidas em relação às condutas que devem ser assumidas. Outras vezes, porém, necessita-se de um alto índice de suspeição e um cuidado extremo no acompanhamento destas manifestações clínicas, pois, mesmo na vigência de hipoxemia importante, elas podem ser mínimas ou até ausentes (Tabela 12.1).

Tabela 12.1 - Manifestações clínicas.

SNC	Agitação, cefaleia, tremores, atemacões, convulsões
Respiração	Amplitude, frequência, ritmo, padrão, expiração prolongada, respiração paradoxal
Ausculta	Roncos, sibilos, estertores, ausência de murmúrio vesicular
Aparência	Sudorese, cianose, puxão traqueal, uso da musculatura acessória
Hemodinâmica	Taquicardia, bradicardia, arritmia, hipertensão, hipotensão

O diagnóstico laboratorial e definitivo da IResA é realizado através da gasometria arterial. Aceita-se que a  $PaO_2$  inferior a 55-60 mmHg e a saturação arterial de oxigênio inferior a 90% ou a  $PaCO_2$  superior a 45-50 mmHg com pH inferior a 7,30-7,35 expressam a disfunção respiratória que permite o diagnóstico de insuficiência respiratória aguda.

O gradiente alvéolo-arterial de oxigênio [ $P(A-a)O_2$ ] e outros indicadores da eficiência das trocas [como a relação  $PaO_2/FIO_2$ ] permitem diferenciar os tipos de hipoxemia. Os valores do  $P(A-a)O_2$  aumentam com a idade do paciente e são considerados os indicadores mais sensíveis e simples na avaliação do comprometimento da hematose. Hipoxemia com gradiente aumentado indica defeito nas trocas alveolo-capilares (insuficiência respiratória hipoxêmica). Hipoxemia com gradiente normal é compatível com hipoxemia por hipoventilação alveolar (insuficiência respiratória ventilatória).

Hipoxemia, hipercapnia e gradiente elevado são compatíveis com o mecanismo combinado de hipoxemia e de insuficiência respiratória ventilatória (insuficiência respiratória combinada). O cálculo do gradiente é útil na abordagem inicial do paciente com IResA e no seu seguimento pré-oxigenoterapia. A oferta de concentrações elevadas de oxigênio aumenta paralelamente o gradiente, tornando menos fidedigna a avaliação de seu resultado, face a concentrações inaladas diferentes.

Assim, sob oxigenoterapia, outros indicadores da eficiência da transferência de oxigênio e da evolução dos mecanismos responsáveis pela IResA têm sido usados, destacando-se a relação  $PaO_2/FIO_2$ ; seu valor normal, em ar ambiente ( $FIO_2 = 0,21$ ), é acima de 400, e sob oxigênio puro, é superior a 500. Esta relação é útil na quantificação da gravidade da lesão pulmonar, na comparação evolutiva e na predição dos câmbios na  $PaO_2$  se a  $FIO_2$  for elevada. Valores abaixo de 300 indicam deterioração de trocas e, abaixo de 200, indicam a extrema gravidade do quadro respiratório.

### A tomada de decisão

A decisão de iniciar a ventilação mecânica depende do julgamento clínico. Frente a um quadro de insuficiência respiratória aguda, as indicações incluem a presença de importantes alterações gasométricas, inadequada resposta ao tratamento clínico e o excessivo trabalho respiratório com evidência de fadiga da musculatura respiratória. Excetuando-se os casos de falência cardiorrespiratória, proteção de vias aéreas e/ou apnéia, nos quais a indicação de suporte ventilatório é indiscutível, não existem outras situações em que a indicação de ventilação mecânica não mereça uma avaliação crítica pelo médico. Qualquer outro critério de indicação do suporte ventilatório não deve ser considerado absoluto ou infalível. Porém, alguns parâmetros objetivos podem auxiliar na decisão da indicação de ventilação mecânica (Tabela 12.2).

Tabela 12.2 - Parâmetros auxiliares para indicação de ventilação mecânica.

Parâmetros	Normal	Indicação de VM
<b>Clínicos</b>		
Frequência respiratória (fR)*	12-20	> 35
<b>Capacidade ventilatória</b>		
Volume corrente (mL/kg)	5-8	< 5
Capacidade vital (mL/kg)	65-75	< 10-15
Vol. exp. forçado no 1º seg. (mL/kg)	50-60	< 10
Volume-minuto (L/min)	5-6	> 10
Ventilação voluntária máxima (L/min)	120-180	< 20, < 2 x CV
Pressão inspiratória máxima (cmH <sub>2</sub> O)	(80-120)	< -20 a -30
Espaço morto (%)	25-40	> 60
<b>Gasometria arterial</b>		
$PaCO_2$ (mmHg)	35-45	50-55
$PaO_2$ (mmHg) ( $FIO_2 = 0,21$ )	> 75	< 50
$P(A-a)O_2$ ( $FIO_2 = 1,0$ )	< 30-60	> 350-450
$PaO_2/FIO_2$	> 500	< 200
$PaO_2/PAO_2$	0,75	0,15
$Qs/Ql$	≤ 7,0	> 20   25

\*Este valor da fR não se aplica em pacientes pediátricos

### Agudização da insuficiência respiratória crônica

Em casos de agudização de pneumopatia crônica ou de doença neuromuscular com disfunção ventilatória crônica, os estados de descompensação devem ser considerados através de comprometimento do estado mental, hipoxemia grave e refratária e acidose respiratória progressiva, e não apenas pelos valores numéricos estáveis dos parâmetros já descritos, que podem ser encontrados em condições usuais.

Na asma aguda, que habitualmente cursa com hiperventilação alveolar e hipocapnia (além de hipoxemia corrigível com oxigenoterapia), valores de normalidade numérica da  $PaCO_2$  e do pH são sinônimos de insuficiência ventilatória virtual por falência muscular. Acidose respiratória, em crise de asma aguda, é um indicador da extrema gravidade da crise.

### Ventilação não-invasiva

Novos recursos de assistência ventilatória vêm sendo desenvolvidos, como, por exemplo, as técnicas não-invasivas. Estas, como a ventilação não-invasiva com pressão positiva (VNI), vêm ampliando as opções terapêuticas para pacientes com insuficiência respiratória aguda. Este tipo de ventilação apresenta um papel importante no manejo de pacientes com insuficiência respiratória aguda e crônica, eliminando a necessidade de intubação ou traqueostomia e prevenindo alguns problemas decorrentes da ventilação invasiva. A VNI está contra-indicada para os casos de hipoxemia refratária, queda do estado mental, instabilidade hemodinâmica, incapacidade de adaptação às máscaras nasal ou facial e falência das tentativas anteriores.

### Objetivo da ventilação mecânica

Os principais objetivos a serem atingidos, no processo inicial da instalação da ventilação e em sua manutenção, têm sido alvos de sistematizações consensuais. Os objetivos fundamentais do suporte ventilatório foram divididos em fisiológicos e clínicos.

#### Objetivos fisiológicos

Manter ou modificar a troca gasosa pulmonar  
Ventilação Alveolar ( $PaCO_2$  e pH)

O suporte ventilatório tem como objetivo intervir na ventilação alveolar. Em certas circunstâncias, o objetivo pode ser aumentar a ventilação alveolar (hiperventilação

para reduzir a pressão intracraniana) ou reduzir a ventilação alveolar de maneira controlada (hipercapnia permissiva); porém, o objetivo usualmente adotado é normalizar a ventilação alveolar.

Oxigenação Arterial ( $PaO_2$ ,  $SaO_2$  e  $CaO_2$ )

O objetivo é atingir e manter valores aceitáveis de oxigenação arterial ( $PaO_2 > 60$  mmHg,  $SaO_2 > 90\%$ ). A oferta de oxigênio aos tecidos ( $D'O_2$ ) deve ser considerada, corrigindo fatores como o conteúdo arterial de oxigênio (hemoglobina) e o débito cardíaco.

Aumentar o volume pulmonar

Insuflação pulmonar inspiratória final

Visa prevenir ou tratar atelectasia.

Otimizar a Capacidade Residual Funcional (CRF)

Utilizar a PEEP em situações em que a redução na CRF pode ser prejudicial (redução da  $PaO_2$ , maior injúria pulmonar), como na SARA e em pós-operatório com dor.

Reduzir o trabalho muscular respiratório

### Objetivos clínicos

Reverter hipoxemia: aumentando a ventilação alveolar, aumentando o volume pulmonar, diminuindo o consumo de oxigênio e aumentando a oferta de oxigênio.

Reverter a acidose respiratória aguda.

Reduzir o desconforto respiratório.

Prevenir ou reverter atelectasias.

Reverter fadiga dos músculos respiratórios.

Permitir sedação, anestesia ou uso de bloqueadores neuromusculares.

Reduzir consumo de oxigênio sistêmico e miocárdico.

Reduzir pressão intracraniana.

Estabilizar parede torácica.

### Conclusões

O II Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica resume as recomendações e indicações do suporte ventilatório do seguinte modo:

1. Importância da conceituação mais ampla de insuficiência respiratória (considerando a oxigenação tecidual) para que o paciente seja abordado amplamente.

2. Na indicação, considerar a evolução das manifestações clínicas e da monitoração dos parâmetros fisiológicos.

3. A ventilação mecânica deve ser precoce e essencialmente baseada nas manifestações clínicas do paciente.

4. Os parâmetros considerados de maior aplicabilidade e os indicadores da falência ventilatória são  $PaO_2$ ,  $PaCO_2$ ,  $P(A-a)O_2$  e  $PaO_2/FIO_2$ .

5. Indicações da ventilação mecânica.

a) IResA já estabelecida, decorrente de alterações da função pulmonar:

- da mecânica ventilatória;

- da troca gasosa.

b) Profilática

- Conseqüente às condições clínicas que podem potencialmente levar à insuficiência respiratória.

Exemplo:

- pós-operatório.

c) Disfunção em outros órgãos e sistemas:

- Exemplo: choque, hipertensão intracraniana.

## 2. Métodos Essenciais de Ventilação Mecânica

### Coordenador

Marco Aurélio Fagundes Ângelo

### Relator colaborador

Rosalvo Abreu

### Discussidores

Paulo Rocha

Arquimedes N. Coelho Santos

Bruno do Valle Pinheiro

Eduardo Fonseca Sad

José de Freitas Teixeira Júnior

Marco Antônio Soares Reis

Maria Cristina M. Pizziolo

Maria da Glória R. Machado

Fernando A. Botoni

## Conceito

Como métodos essenciais de ventilação mecânica devemos entender todo e qualquer método de suporte ventilatório capaz de prover, com o menor dano e custo possível, a melhor ventilação e oxigenação capazes de suprir a demanda do paciente.

## Métodos atualmente aceitos

Os métodos de suporte ventilatório mais praticados na rotina assistencial e, por isso, considerados convencionais, são os seguintes:

- ventilação com pressão positiva intermitente, assistida e/ou controlada, ciclada a volume ou pressão (IPPV);
- ventilação a pressão controlada (PCV);
- ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV);
- ventilação com suporte pressórico (PSV);
- pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP);
- associações: SIMV + PSV, PSV + CPAP, SIMV + CPAP.

Assim, temos como técnicas essenciais de suporte ventilatório aquelas que têm demonstrado melhorar a condução das insuficiências respiratórias, principalmente na SARA, isto é, as técnicas de suporte ventilatório total ou parcial, com respiradores de pressão positiva ciclados a tempo, pressão, volume ou fluxo, PEEP, CPAP, SIMV, suas associações, PCV, VAPSV (ventilação com suporte pressórico e volume garantido). Técnicas que ainda não se tornaram convencionais, mas têm seguidores e indicações, também devem ser consideradas como recursos de suporte ventilatório. Entre elas estão a hipercapnia permissiva, a relação I:E invertida, a ventilação com jatos de alta frequência e a ventilação com liberação de pressão em vias aéreas.

## Ciclagem dos ventiladores de pressão positiva

São classificados em quatro modalidades de acordo com o término da inspiração.

### Ciclados a tempo

A inspiração termina após um tempo inspiratório predeterminado. A quantidade de gás ofertada e a pressão das vias aéreas vão variar, a cada respiração, dependendo das modificações da mecânica pulmonar. São ventiladores

também utilizados em domicílio. A ventilação a pressão controlada (PCV) é diferente neste modo, pois o fluxo desacelerado proporciona uma pressão constante durante a inspiração, reduzindo os riscos de barotrauma. Isso possibilita aumentar o tempo inspiratório, permitindo inverter a relação I:E.

### Ciclados a pressão

A inspiração cessa quando é alcançada a pressão máxima predeterminada. Os volumes oferecidos variarão de acordo com as mudanças da mecânica pulmonar. A ventilação-minuto não é garantida.

### Ciclados a volume

A inspiração termina após se completar um volume corrente predeterminado.

### Ciclados a fluxo

A inspiração termina quando determinado fluxo é alcançado. A ventilação por pressão de suporte é um exemplo. Neste caso, uma pressão predeterminada em via aérea é aplicada ao paciente, o respirador cicla assim que o fluxo inspiratório diminui e alcança um percentual predeterminado de seu valor de pico (normalmente 25%).

## Ventilação ciclada a volume

### Ventilação controlada

Na ventilação controlada, o volume-minuto é completamente dependente da frequência e do volume corrente do respirador. Nenhum esforço respiratório do paciente irá contribuir para o volume-minuto.

Entre suas indicações estão os pacientes que não conseguem realizar esforço respiratório (traumatismo raquimedular, depressão do SNC por drogas, bloqueio neuromuscular). A combinação de ventilação controlada e bloqueio neuromuscular possibilita a redução do consumo de oxigênio, sendo frequentemente empregada em pacientes com SARA. Adicionalmente, esta combinação, especialmente quando associada à hipercapnia permissiva, é utilizada para a redução do volutrauma em pacientes com SARA e, também, para a diminuição do barotrauma em asmáticos difíceis de ventilar.

### Ventilação assisto-controlada

No modo assisto-controlado, o ventilador "percebe" o esforço inspiratório do paciente e "responde" oferecendo-lhe um volume corrente predeterminado. Esse esforço inspiratório deve ser o necessário para vencer o limiar de sensibilidade da válvula de demanda do ventilador, desencadeando, a partir daí, a liberação do volume corrente. Assim, o paciente "trabalha" para ciclar o respirador e realizar a inspiração. Na presença de auto-PEEP aumenta-se o trabalho respiratório proporcional à quantidade de auto-PEEP presente. Um modo controlado de back-up de frequência é necessário para prevenir hipoventilação.

### Ventilação mandatória intermitente (IMV, SIMV)

Na ventilação mandatória intermitente (IMV-SIMV), o grau de suporte ventilatório é determinado pela frequência do IMV. A intervalos regulares, o respirador libera um volume previamente determinado. Fora destes ciclos, o paciente respira espontaneamente através do circuito do ventilador, portanto, com frequência e volume corrente que variarão de acordo com a necessidade e capacidade individuais. A SIMV representa a sincronização com o movimento inspiratório; essa modificação, entretanto, cria a necessidade de uma modalidade de "disparo", seja uma válvula de demanda ou um mecanismo de flow-by. Ambas as situações aumentam o trabalho respiratório. São vantagens do SIMV em relação à ventilação assisto-controlada:

- melhor sincronismo com o ventilador;
- menor necessidade de sedação;
- menor tendência a alcalose respiratória;
- menor pressão média de vias aéreas, com redução dos riscos de barotrauma e comprometimento hemodinâmico, especialmente na vigência de PEEP;
- manutenção da resistência muscular possibilitada pela respiração espontânea.

### Ventilação ciclada a fluxo (pressão de suporte)

Modalidade ciclada a fluxo, em que, uma vez disparada pela válvula de demanda, uma pressão predeterminada é mantida até que caia o fluxo inspiratório do paciente, habitualmente 25% do seu valor máximo. Tende a ser muito confortável, uma vez que o paciente detém o controle sobre o ciclo respiratório. Pode ser adicionada ao suporte ventilatório total ou parcial (SIMV), vencendo a resistência do tubo e do circuito durante a respiração espontânea.

A resistência ao tubo endotraqueal e função do diâmetro do tubo e do fluxo inspiratório. Valores superiores a 10 cmH<sub>2</sub>O podem ser necessários para vencer esta resistência, particularmente naqueles tubos de menor calibre (7 mm ou inferior) ou em pacientes com DPOC. Sua aplicação possibilita o aumento do volume corrente e a redução da frequência respiratória.

O suporte ventilatório total exige altos valores de pressão de suporte ( $27 \pm 5$  cmH<sub>2</sub>O). Valores baixos aumentam o risco de colapso alveolar. A monitorização cuidadosa é necessária, uma vez que nem volume corrente ou minuto são garantidos por esta modalidade. A PSV pode ser mal tolerada em pacientes com alta resistência de vias aéreas. O seu uso em pacientes com DPOC não diminui a auto-PEEP, a qual, por aumentar o trabalho respiratório, pode inviabilizar o uso de PSV nestes pacientes.

Assim como ocorre na ventilação AC e SIMV, pode ocorrer assincronia durante o uso de PSV na modalidade total de assistência ventilatória. No momento, a PSV não constitui uma modalidade adequada para a abordagem da insuficiência respiratória aguda; entretanto, esforços têm sido feitos para contornar estes problemas, para que a PSV possa ser utilizada em maior escala no futuro (ventilação assistida proporcional e PSV com volume garantido).

### PEEP

Define-se como sendo a manutenção da pressão alveolar acima da pressão atmosférica ao final da expiração.

Ver subcapítulo específico.

### Parâmetros programáveis

#### Concentração de oxigênio no ar inspirado (FIO<sub>2</sub>)

É recomendável que se inicie a ventilação mecânica com FIO<sub>2</sub> = 1,0, procurando-se reduzir progressivamente este valor a concentrações mais seguras, objetivando uma FIO<sub>2</sub> < 0,5. O ideal é manter uma FIO<sub>2</sub> suficiente para obter uma SaO<sub>2</sub> > 90%, sem expor o paciente ao risco de toxicidade pelo oxigênio. Entretanto, em casos graves de SARA, com o objetivo de evitar altas concentrações de oxigênio, pode ser tolerada uma SaO<sub>2</sub> > 85%.

#### Frequência respiratória

A frequência respiratória deve ser ajustada de acordo com a PaCO<sub>2</sub> e pH desejados, e dependerá do modo de

ventilação escolhido, da taxa metabólica, do nível de ventilação espontânea e do espaço morto. Em geral, recomenda-se a frequência respiratória de 8-12 ipm, para a maioria dos pacientes estáveis. Deve-se ficar atento para o desenvolvimento de auto-PEEP com altas frequências respiratórias, geralmente acima de 20 ipm.

### Volume corrente

Na ventilação mecânica volume controlado, o volume corrente (VT) é mantido constante, sendo o fator de ciclagem do respirador. Um VT inicial de 10-12 ml/kg (baseando-se no peso ideal) é, geralmente, adequado. Ajustes subseqüentes devem ser considerados, baseando-se inicialmente na pressão parcial de gás carbônico no sangue arterial (PaCO<sub>2</sub>). E, como já citado anteriormente, na SARA é recomendado o uso de VT de 5 a 8 ml/kg.

A necessidade de ajustar o VT para se obter uma determinada PaCO<sub>2</sub> deve-se às variações na produção do CO<sub>2</sub> pelo paciente, principalmente, no volume do espaço morto. O espaço morto anatômico, durante a ventilação mecânica, é acrescido dos volumes da cânula traqueal, do circuito do respirador e do volume que se perde na distensão do circuito. Estes volumes variam entre os diferentes circuitos e podem levar à necessidade de ajustes no VT.

Além disso, durante a ventilação mecânica, pode-se aumentar o espaço morto fisiológico, principalmente com grandes volumes correntes, em função da diminuição do retorno venoso e da hiperdistensão alveolar, com compressão de capilares pulmonares.

Em algumas situações específicas, a normalização da PaCO<sub>2</sub> não é o parâmetro para se ajustar o volume corrente. Em pacientes obstrutivos (asma e DPOC), volumes correntes menores podem ser necessários para evitar a hiperdistensão pulmonar, com conseqüente geração de auto-PEEP.

Especificamente nos pacientes com DPOC com retenção crônica de CO<sub>2</sub>, o VT ajustado deve manter os níveis elevados de CO<sub>2</sub> para que não se alterem os mecanismos de retenção de bicarbonato. A normalização da PaCO<sub>2</sub> nesses pacientes promoverá a diminuição dos níveis de bicarbonato, sendo causa de acidose respiratória e dificuldade de retirada do suporte ventilatório, quando se tentar o desmame. Dessa forma, deve-se estar atento aos valores do pH arterial.

Em pacientes com complacência pulmonar diminuída (principalmente na SARA), ao se ajustar o volume

corrente, deve-se evitar a hiperdistensão alveolar. Embora haja controvérsias, a manutenção da pressão de platô abaixo de 35 cmH<sub>2</sub>O (ou 40 cmH<sub>2</sub>O em pacientes obesos, com ascite ou distensão abdominal, ou em outras condições de diminuição da complacência da parede torácica) constitui medida segura para se evitar esta hiperdistensão. Estas particularidades na escolha do volume corrente serão discutidas mais detalhadamente neste Consenso.

### Fluxo inspiratório

A importância da escolha do pico de fluxo inspiratório é diferente entre os ciclos assistidos e os ciclos controlados.

Nos ciclos controlados, a escolha do pico de fluxo determinará a velocidade com que o volume corrente será ofertado, determinando, conseqüentemente, a relação inspiração/expiração, para aquela frequência respiratória, e o pico de pressão nas vias aéreas. Sendo assim, para um dado ajuste de volume corrente e frequência respiratória, um maior pico de fluxo se correlaciona com o menor tempo inspiratório e maior pico de pressão nas vias aéreas. Nos ciclos controlados, um pico de fluxo entre 40 e 60 l/min é, em geral, suficiente, procurando-se manter a PIP < 40 cmH<sub>2</sub>O.

Durante os ciclos assistidos, na escolha do pico de fluxo inspiratório, deve-se considerar também a demanda ventilatória do paciente. Um fluxo inspiratório insuficiente determina desconforto e maior trabalho respiratório para o paciente, em função da manutenção do esforço inspiratório ao longo da inspiração. Em função disso, o pico de fluxo inspiratório, nos ciclos controlados, necessitará ser maior, em geral entre 60 e 90 l/min. Outra possibilidade de evitar um maior trabalho respiratório pelo paciente, nos ciclos assistidos, é a combinação de um fluxo de demanda à modalidade volume controlada (VAPSV), conforme descrito por Bonassa e Amato.

### Ondas de fluxo

Os ventiladores, na modalidade volume controlado, podem ofertar o fluxo inspiratório em quatro formas (onda de fluxo): quadrada (ou constante), sinusoidal, acelerada, desacelerada. As ondas de fluxo de padrão acelerado ou sinusoidal são menos utilizadas, não trazendo vantagens em relação às demais. Entre as duas ondas de fluxo mais freqüentemente usadas, a quadrada e a desacelerada, concentram-se os principais estudos.

Em relação ao fluxo quadrado, o desacelerado apresenta menor pico de pressão nas vias aéreas e melhor distribuição da ventilação (diminuição do espaço morto fisiológico) quando o tempo inspiratório é mais prolongado. Não existem trabalhos que demonstrem, de forma definitiva, a superioridade de uma destas ondas de fluxo, desde que ajustadas para o mesmo volume corrente, a mesma relação entre tempo inspiratório e tempo total, e o mesmo fluxo médio.

### Relação inspiração: expiração - I:E

A relação I:E, durante respiração espontânea normal, é de 1:1,5 a 1:2 com tempo inspiratório de 0,8 a 1,2 s.

Durante a ventilação mecânica, ela dependerá do volume corrente, da frequência respiratória, do fluxo inspiratório e da pausa inspiratória.

Em pacientes com obstrução do fluxo expiratório e hiperinsuflação, recomenda-se uma relação I:E < 1:3, objetivando aumento no tempo de exalação.

Em pacientes hipoxêmicos, relações I:E mais próximas de 1:1 aumentam o tempo de troca alvéolo-capilar, trazendo, conseqüentemente, melhora na oxigenação.

Uma relação I:E > 1:1 pode predispor ao desenvolvimento de auto-PEEP, embora possa melhorar a troca gasosa na hipoxemia refratária. Nos pacientes com síndrome hipoxêmica grave, podemos chegar a relações I:E = 3:1.

### Sensibilidade

A sensibilidade deve ser compreendida como o esforço despendido pelo paciente para disparar uma nova inspiração assistida pelo ventilador.

O sistema de disparo por pressão é encontrado na maioria dos ventiladores, sendo recomendado o valor de -0,5 a -2,0 cmH<sub>2</sub>O. O sistema de disparo a fluxo pode ser encontrado em ventiladores mais novos, e parece proporcionar melhor interação com o paciente.

## 3. Métodos de Ventilação Mecânica no Paciente Pediátrico

### Coordenadores

Jefferson Pedro Piva  
José Oliva Proença Filho

### Relatora colaboradora

Maria de Fátima Freire

### Discussores

Eliana Sena  
Thelso Silva  
Norberto Antônio Freddi  
Renato Soibelman Procianoy  
Roberto Sapolnik  
Werther Brunow de Carvalho

### Introdução

Para definir o método de ventilação mecânica em Pediatria, a tendência atual é observar a inter-relação das variáveis do respirador com a fisiopatologia da doença e com seus possíveis efeitos deletérios. Assim, tem-se observado, nos últimos anos, uma tendência para implementar modalidades menos agressivas de suporte ventilatório.

### Tipos de ventilação

#### Ventilação limitada a pressão e ciclada a tempo

Recomenda-se utilizar em crianças com peso inferior a 20 kg, usualmente menores de quatro a cinco anos de idade.

#### Ventilação limitada a volume

Neste tipo de ventilação, existe dificuldade de se determinar o exato volume corrente que o paciente está recebendo devido ao escape de gás ao redor de cânulas sem balonete, usualmente utilizadas em crianças menores de três anos. Além disso, há escassez de aparelhos de ventilação mecânica volumétricos adequados para esta faixa etária.

A ventilação limitada a volume é também pouco utilizada em outras faixas etárias (> 3 anos de idade), devido a um maior risco de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica. A lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica está associada, entre outros fatores, aos altos picos de pressão inspiratória positiva que podem ser gerados neste tipo de ventilação.

## Ventilação não-invasiva

Recomenda-se a ventilação não-invasiva através do prong nasal (< 20 kg) ou máscara nasal (> 20 kg) antes da intubação e da ventilação mecânica invasiva, nas seguintes situações: nas doenças obstrutivas das vias aéreas inferiores, nos casos leves a moderados de pacientes com doenças restritivas, na hipoventilação de origem central, nas doenças neuromusculares, nos doentes terminais e no desmame da ventilação mecânica invasiva. Não é recomendada ou contra-indicada na instabilidade hemodinâmica, na criança com risco de aspiração, na hemorragia gastrointestinal, no paciente agitado, não-cooperativo ou com muita secreção nas vias aéreas, na hérnia diafragmática e na cirurgia abdominal recente.

## Modos de ventilação

### Ventilação mandatória intermitente (VMI)

Recomenda-se o sistema VMI de fluxo contínuo para menores de três anos de idade.

O sistema de fluxo de demanda, em crianças menores de três anos, não é recomendado. Nesta situação, a pressão negativa que o paciente deve gerar para obter o fluxo de gás, além de aumentar o trabalho respiratório quando comparado com o sistema de fluxo contínuo, afeta adversamente a tolerância ao sistema. Isto é especialmente verdadeiro em recém-nascidos e lactentes pequenos.

Com o aparecimento dos novos aparelhos de ventilação mecânica microprocessados, a ventilação sincronizada (VMIS) pode ser utilizada como uma opção para o tratamento do paciente pediátrico, especialmente os acionados por diferença de fluxo e impedância torácica.

### Ventilação controlada

Recomenda-se em crianças com apnéia, choque, em algumas situações que apresentam grave comprometimento pulmonar e nas doenças que se beneficiam da hiperventilação.

### Ventilação com suporte de pressão.

Recomenda-se durante o "desmame" da ventilação mecânica de crianças nas seguintes situações: no edema pulmonar de origem cardiogênica ou não, nas doenças obstrutivas e naquelas caracterizadas por diminuição da complacência.

Em crianças com idade inferior a três anos, tem sido pouco utilizada devido à escassez de aparelhos adequados para esta faixa etária.

É contra-indicada ou não recomendável em crianças com o estímulo respiratório instável.

## Ventilação com relação inversa

Na faixa etária pediátrica, os estudos prospectivos randomizados e controlados não demonstraram diminuição da morbidade e da mortalidade com o uso da relação inversa.

Poderia ser utilizada nas condições caracterizadas por diminuição da complacência (SARA), com hipoxemia refratária ( $\text{SaO}_2 < 85\%$ ), apesar do uso de  $\text{FIO}_2 > 0.8$  e  $\text{PEEP} > 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ .

## Hipercapnia permissiva

Recomenda-se hipercapnia permissiva na obstrução grave das vias aéreas inferiores (asma, bronquiolite), não-responsivas ao modo convencional de ventilação.

Recomenda-se nas doenças pulmonares com diminuição da complacência (SARA) que necessitam de  $\text{PIP} > 30$  a  $35 \text{ cmH}_2\text{O}$  e  $\text{FIO}_2 > 0.6$ .

É contra-indicada nos pacientes com risco de hipertensão intracraniana, nas arritmias cardíacas graves e na hipertensão arterial grave.

Os níveis aceitáveis do pH sanguíneo devem situar-se acima de 7,1.

## Recomendações clínicas

### Ventilação nas doenças com diminuição da complacência (SARA, Pneumonias Intersticiais)

#### Tipo de ventilação

Quando altos picos de pressão inspiratória são necessários para fornecer o volume corrente adequado, recomenda-se a ventilação limitada a pressão.

#### Modo de ventilação

Nos casos leves a moderados pode-se utilizar, inicialmente, a ventilação não-invasiva, através de prong nasal (RN e lactentes) ou máscara nasal (crianças maiores).

A CPAP e BiPAP, quando utilizadas precocemente, têm, muitas vezes, evitado a intubação endotraqueal. No paciente pediátrico, em relação à BiPAP, faltam

trabalhos comprovando a eficácia deste modo de ventilação não-invasiva. Tanto a CPAP como a BiPAP têm sido utilizadas durante o desmame da ventilação mecânica invasiva nestes pacientes.

Recomenda-se VMI com fluxo contínuo para lactentes e recém-nascidos, e suporte de pressão para crianças maiores, como modos de preferência para iniciar a ventilação mecânica.

Recomenda-se a hipercapnia permissiva nos casos refratários à ventilação convencional, desde que não haja contra-indicações, na tentativa de evitar os efeitos deletérios da ventilação mecânica. Este modo de ventilação poderia ser indicado quando a pressão inspiratória positiva (PIP) ultrapassar 35 cmH<sub>2</sub>O e a pressão expiratória final positiva (PEEP) for superior a 15 cmH<sub>2</sub>O e saturação < 85%.

### Pressão inspiratória positiva

Recomenda-se que a pressão de platô seja menor do que 35 cmH<sub>2</sub>O, e o pico de pressão inspiratória positiva (PIP) menor do que 40 cmH<sub>2</sub>O no paciente adulto. Na criança, por falta de trabalhos adequadamente controlados, ainda não podemos determinar com segurança quais são estes valores; provavelmente devem ser menores principalmente em lactentes e recém-nascidos.

### Volume corrente

Recomenda-se que o volume corrente efetivo seja de 3 a 8 ml/kg, o suficiente para manter a pressão de platô  $\leq$  35 cmH<sub>2</sub>O.

### Tempo inspiratório

Recomenda-se, inicialmente, o tempo inspiratório normal para a idade, variando de 0,3 s (no recém-nascido) a 1,2 s (no adolescente), com uma relação I/E normal de 1:2 a 1:3.

Pode-se aumentar o tempo inspiratório até atingir uma relação I/E igual 4:1 (ventilação com relação invertida) na impossibilidade de manter oxigenação adequada pelo aumento da PEEP e da FIO<sub>2</sub>.

### Frequência da ciclagem

Recomenda-se que a frequência da ciclagem seja a mínima necessária para manter uma ventilação alveolar adequada.

### PEEP

Recomenda-se iniciar a PEEP ao redor de 6 cmH<sub>2</sub>O e aumentar progressivamente, 3 cmH<sub>2</sub>O a cada vez, para manter uma SaO<sub>2</sub> acima de 85%, com a menor FIO<sub>2</sub> possível.

Recomenda-se a monitorização hemodinâmica quando a PEEP for superior a 15 cmH<sub>2</sub>O.

### FIO<sub>2</sub>

Recomenda-se a menor fração de oxigênio inspirada possível para manter uma SaO<sub>2</sub> em torno de 89% ou, nos casos mais graves, refratários às medidas convencionais, aceita-se uma SaO<sub>2</sub> ao redor de 85%.

### Sedação e curarização

Recomenda-se avaliar a necessidade de sedação para maior conforto do paciente e facilitar a ventilação, principalmente quando a hipercapnia permissiva ou a ventilação com relação invertida forem usadas.

A maioria dos pacientes pediátricos não se beneficia da curarização e, por esta razão, ela raramente é utilizada nestas circunstâncias.

Nos casos refratários às medidas adotadas, deve-se considerar a possibilidade de colocar o paciente em posição prona.

### Patologias obstrutivas das vias aéreas inferiores (asma, bronquiolite)

#### Tipo de ventilação

Recomenda-se a limitada a pressão, para evitar altos picos de pressão inspiratória.

#### Modo de ventilação

Poderia ser utilizado inicialmente a CPAP nasal e, posteriormente, nos casos de má resposta, a ventilação não-invasiva (BiPAP), porém os resultados ainda não são conclusivos.

Recomenda-se a ventilação invasiva nos casos que não responderem à CPAP e à ventilação não-invasiva ou nas crianças com acidose respiratória importante (pH < 7,1), hipoxemia refratária e instabilidade hemodinâmica (com intenção de reduzir o trabalho respiratório).

Recomenda-se a ventilação mandatória intermitente com frequência respiratória baixa, aceitando-se o aumento da PaCO<sub>2</sub> (hipercapnia permissiva).

**Pressão inspiratória positiva**

Recomenda-se que a pressão de platô seja menor do que 35 cmH<sub>2</sub>O, e o pico de pressão inspiratória (PIP) menor do que 40 cmH<sub>2</sub>O, no paciente adulto. Na criança, por falta de trabalhos, ainda não podemos determinar com segurança quais são estes valores; provavelmente devem ser menores, principalmente em lactentes e recém-nascidos.

**Volume corrente**

Recomenda-se que o volume corrente efetivo seja de 6 a 8 ml/kg, o suficiente para manter a pressão de platô abaixo de 30 a 35 cmH<sub>2</sub>O.

**Tempo inspiratório**

Recomenda-se, inicialmente, o tempo inspiratório maior do que o normal para a idade.

Recomenda-se uma relação I:E de 1/3 a 1/5 para permitir um tempo expiratório longo e evitar o aparecimento de auto-PEEP.

**Frequência de ciclagem**

Recomenda-se que a frequência de ciclagem seja baixa, desde 8 até 24 ventilações mecânicas por minuto, de acordo com a idade e a gravidade do quadro. O uso da frequência de ciclagem alta está associado ao aparecimento de auto-PEEP.

**PEEP**

Recomenda-se usar PEEP baixa, em torno de 4 cmH<sub>2</sub>O.

**4. PEEP (Pressão Positiva ao Final da Expiração)****Coordenador**

Oswaldo Shigueomi Beppu

**Relator colaborador**

André Guanaes

**Discutidores**

Marconi Chaves

Nivaldo Filgueiras

Bruno do Valle Pinheiro

Eduardo C. Meyer

José Otávio Costa Auler Júnior

Sérgio Pinto Ribeiro

**Possíveis benefícios da PEEP em diferentes condições Síndrome do desconforto respiratório agudo (SARA) e lesão pulmonar aguda (LPA)**

Melhora da oxigenação.

Diminuição da lesão pulmonar causada pelo ventilador.

**Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)**

Diminuição do trabalho ventilatório imposto pela PEEP intrínseca.

**Asma**

Diminuição da resistência das vias aéreas.

Diminuição do trabalho ventilatório imposto pela PEEP intrínseca.

**Edema agudo de pulmão cardiogênico**

Diminuição do retorno venoso.

Aumento da pressão intra-alveolar.

Diminuição da pressão transmural do ventrículo esquerdo, favorecendo seu desempenho.

### PEEP fisiológica (ou PEEP mínima após intubação traqueal)

Impedir o colapamento alveolar em pacientes intubados.

Valor a ser utilizado: 5 cmH<sub>2</sub>O.

### Efeitos indesejáveis

Diminuição do retorno venoso, podendo comprometer o débito cardíaco, principalmente em situações de hipovolemia.

Risco de hiperinfecção em situações de ajustes inadequados da ventilação.

Diminuição da força dos músculos inspiratórios.

Obs.: A realização destas manobras deve ser feita com cuidado, sendo contra-indicadas as situações de hipertensão intracraniana, instabilidade hemodinâmica ou fístula broncopleurálica ativa.

### PEEP na SARA

Métodos para a escolha da PEEP.

- obtenção de PaO<sub>2</sub> > 60 mmHg com uma FIO<sub>2</sub> < 0,6;
- obtenção de shunt < 15%;
- diminuição do espaço morto;
- curva pressão x volume;
- curva PEEP x complacência;
- redução progressiva do valor da PEEP, após recrutamento máximo, avaliando-se a oximetria de pulso.

Recomendamos a realização curva pressão x volume (avaliando-se a pressão da abertura pela relação PEEP x complacência).

### Curva pressão x volume e curva PEEP x complacência

Esses métodos de escolha da PEEP na SARA apresentam algumas dificuldades:

- métodos complexos;
- a interpretação dos resultados é, por vezes, difícil;
- importância clínica ainda necessitando de confirmação;
- qual o melhor método de obtenção da curva P x V?;
- estudar a curva P x V na inspiração ou na expiração?

### Tipos de curva P x V e PEEP x complacência

Estática: fluxo zero - pausa inspiratória de pelo menos dois segundos.

Dinâmica: fluxo não-zero - presença de componente resistivo.

Quase-estática: fluxo inspiratório mínimo.

### Métodos de escolha da PEEP na SARA em condições quase estáticas

Superseringa

Volumes aleatórios

Fluxo contínuo (1 a 10 L/min)

Curva PEEP x complacência (ou PEEP crescente, ou método de Suter, porém com volume corrente de 4 ml/kg)

TC de tórax

Avaliando-se a oxigenação (oximetria de pulso)

### Escolha da PEEP pela curva PEEP x complacência (método de Suter ou PEEP crescente)

Sedação e curarização

Posição supina e aspiração de secreções

Verificar a presença de vazamentos no circuito

Considerar a complacência do circuito quando o volume é medido na expiração

Homogeneização do pulmão com utilização de manobras de recrutamento (exemplo: CPAP de 40 cmH<sub>2</sub>O durante 40 segundos)

Ventilação controlada

FIO<sub>2</sub> = 1; onda de fluxo quadrada, fluxo de 60 L/min

Volume corrente: 4 ml/kg

Pausa inspiratória: 2 seg.

Frequência respiratória: 10 rpm

Iniciar com PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O, com incrementos de 2 cmH<sub>2</sub>O, mantendo-a aproximadamente por 10 ciclos

Pressão de platô máxima: 45 cmH<sub>2</sub>O

A PEEP "ideal" será encontrada somando-se

2 cmH<sub>2</sub>O ao valor da PEEP que determinou a melhor complacência;

Monitorizações: SaO<sub>2</sub>, pressão arterial, frequência e ritmo cardíacos

Obs.: Cuidado nas contra-indicações de hipercapnia (monitorização com capnografia).

### Outros pontos em relação à PEEP na SARA

As curvas "P x V" e "PEEP x complacência" podem ser realizadas nas fases inspiratória ou expiratória.

Provavelmente são mais fidedignas na parte expiratória, mas os dados de literatura ainda são insuficientes.

Recomendamos sua realização na fase inspiratória  
Quando não se encontra a PEEP pelos métodos vistos anteriormente

Iniciar com PEEP = 10 cmH<sub>2</sub>O, incrementos de 2 cmH<sub>2</sub>O a cada 30 minutos, baseando-se na SaO<sub>2</sub> e na PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>

Período de utilização da "PEEP-ideal": benéfico na fase precoce da SARA, tem seu valor na fase tardia ainda interrogado

Periodicidade das medidas: dependente da monitorização da PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>

Há uma possível resposta diferente à PEEP, em relação à SARA pulmonar ou extrapulmonar, com maior benefício nesta última.

#### PEEP na DPOC

Objetivo: diminuir o trabalho ventilatório imposto pela auto-PEEP

Valor de PEEP: 85% da auto-PEEP

#### PEEP no edema agudo de pulmão cardiogênico

Utilizar CPAP

Níveis de pressão expiratória: máximo de 10 cmH<sub>2</sub>O

Titulação dos níveis

SaO<sub>2</sub>

Frequência cardíaca

Ritmo cardíaco

Pressão arterial

Frequência respiratória

Utilização de musculatura acessória da respiração

Nível de consciência

#### PEEP na asma

Diminuição da resistência das vias aéreas

Diminuição do trabalho ventilatório imposto pelo ventilador

Risco: piorar a hiperinsuflação pulmonar

A ventilação mecânica na asma, na maioria das vezes, dar-se-á por curtos períodos, estando o paciente, parte destes períodos, sedado e até mesmo curarizado. Questionamos a validade de se tentar combater a auto-PEEP para diminuir o trabalho ventilatório, sob o risco de hiperinsuflação. Não recomendamos a utilização de PEEP acima de 5 cmH<sub>2</sub>O (PEEP mínima após intubação traqueal).

## 5. Ventilação Mecânica Intra- e Pós-Operatória

#### Coordenador

José Otávio Costa Auler Júnior

#### Relator colaborador

André Aragão

#### Discutidores

Paula Márcia Gomes

Waldir Medrado

Amadeu Martinez

Ivo Amado

Palmireno Ferreira

André Beer Júnior

João Plínio Souza Rocha

Joel Avancini Rocha Filho

#### Indicações de ventilação mecânica intra-operatória relacionadas à prática da anestesia

A ventilação mecânica é utilizada extensivamente durante a intervenção cirúrgica. É essencial quando a obtenção da anestesia adequada envolve a administração de hipnoanalgésicos, hipnóticos ou agentes anestésicos inalatórios em doses suficientemente elevadas, que interferem no controle central e normal da respiração. Da mesma forma, é imprescindível

quando há indicação da administração de agentes bloqueadores neuromusculares para obter um relaxamento muscular que facilite o acesso cirúrgico. Também está indicada nos procedimentos cirúrgicos que, caracteristicamente, não permitem manter respiração espontânea - (por exemplo, tórax aberto), nas situações cujo decúbito ou posicionamento do paciente são desfavoráveis - ou naquelas em que há benefício em se manter a hiperventilação pulmonar - lesão do sistema nervoso central com aumento da pressão intracraniana.

### Outras indicações de ventilação mecânica intra-operatórias não relacionadas à administração de anestesia ou às peculiaridades cirúrgicas

Pacientes internados em unidades de terapia intensiva que necessitam de suporte respiratório através de ventilação mecânica, tanto por insuficiência respiratória aguda quanto crônica, podem, também, necessitar de intervenção cirúrgica. A situação que determinou a indicação do suporte respiratório continua existindo durante o período cirúrgico e, portanto, a ventilação pulmonar do paciente deve ser mantida com as mesmas características utilizadas na unidade de terapia intensiva.

### Cuidados a serem observados primariamente quando instituída a ventilação mecânica no período peri-operatório

A ventilação mecânica é indicada para dar suporte ao sistema respiratório nas situações descritas anteriormente. Portanto, é necessário prevenir a lesão pulmonar com a utilização deste tipo de suporte, que pode ocorrer com a hiperinsuflação (pressão de platô > 35 cmH<sub>2</sub>O) ou com a administração de elevadas concentrações de oxigênio (FIO<sub>2</sub> > 0,5) por período prolongado.

### Indicações de ventilação mecânica pós-operatória

A mais freqüente exigência de manutenção do suporte ventilatório ao final da cirurgia está relacionada ao efeito residual das drogas administradas para a obtenção da anestesia - hipnoanalgésicos, hipnóticos, relaxantes musculares e anestésicos inalatórios. Estes efeitos residuais diminuem progressivamente com o passar do tempo ou podem ser antagonizados por drogas específicas. Portanto, neste caso, é previsível que o suporte respiratório pós-operatório não seja prolongado ou sofisticado. Por outro lado, existem indicações relacionadas ao porte cirúrgico funcional do paciente, duração da cirurgia, hipo- ou hipertermia, condições atuais da função pulmonar, distúrbios metabólicos, sobrecarga volêmica, politransfusão, coagulopatias e complicações inesperadas durante a cirurgia que determinam a necessidade de suporte respiratório por tempo indeterminado, com grau variável de sofisticação.

### Intervenção cirúrgica em pacientes sob ventilação mecânica na unidade de terapia intensiva

Pelo fato de os equipamentos utilizados para anestesia não fornecerem os mesmos recursos daqueles utilizados

nas unidades de terapia intensiva, o suporte respiratório que o paciente vinha recebendo na unidade de terapia intensiva deve ser mantido durante o período em que estiver na sala de operações. Portanto, quando necessário, o ventilador utilizado pelo paciente deve ser encaminhado para o centro cirúrgico, e a técnica anestésica, nestas circunstâncias, poderá ser venosa.

### Avaliação pré-operatória

Informações obtidas pela espirometria podem ser utilizadas para prever o risco de complicações pulmonares no período pós-operatório (Tabela 12.3).

Tabela 12.3

Medida	Risco moderado	Risco elevado
CVF	> 50% do previsto	
VEF <sub>1</sub>	< 2 L	< 15 cc/kg
VEF <sub>1</sub> /CVF	< 70% do previsto	< 1 L
FEF <sub>25-75%</sub>		< 35% do previsto
VR/CPT	< 50% do previsto	< 14 L/s
DLCO	< 50% do previsto	
VVM	< 50% do previsto ou 2 L/min	

### Medidas pré-operatórias que modificam a incidência de complicações pulmonares peri-operatórias

Os benefícios obtidos quando o paciente abandona o tabagismo podem ser medidos através do tempo, conforme a Tabela 12.4.

Tabela 12.4 - Duração benefícios.

12 - 24 horas	Diminuição dos níveis de nicotina e CO
48 - 72 horas	Normalização do nível de HbCO e melhora da função ciliar
1 - 2 semanas	Diminuição da produção de secreção
4 - 6 semanas	Melhora significativa dos testes de função pulmonar
6 - 8 semanas	Normalização da função imunológica e metabolismo de drogas
8 - 12 semanas	Diminuição da mortalidade pós-operatória geral

### A atelectasia pulmonar: a mais freqüente complicação pós-operatória

A presença de atelectasias é a complicação mais freqüente observada no período pós-operatório imediato das cirurgias que envolvem o andar superior do abdome ou na videolaparoscopia, sendo que os pacientes necessitam de oxigenoterapia para a manutenção da saturação arterial de oxigênio em níveis normais. A ventilação mecânica, com adição de pressão positiva ao final da expiração (PEEP), previne ou diminui a incidência de atelectasias.

Por outro lado, na impossibilidade de utilizar este recurso, o volume corrente pode ser aumentado para 12 a 15 ml/kg, desde que a pressão de platô seja mantida < 35 cmH<sub>2</sub>O.

### **Fatores de risco que devem ser observados para que se possa prever complicações pulmonares peri-operatórias**

Os fatores de risco que determinam maior incidência de complicações pulmonares peri-operatórias são os seguintes:

- doença pulmonar preexistente;
- cirurgia torácica ou do andar superior do abdome;
- tabagismo;
- obesidade;
- idade superior a 60 anos;
- anestesia geral prolongada (> 3 horas).

### **Condições em que o suporte respiratório intra-operatório pode modificar a morbidade e mortalidade**

A ventilação positiva com adição de pressão positiva ao final da expiração (PEEP), nos casos de inalação de fumaça, trauma de tórax, politransusão e politraumatismo, de um modo geral, permite a manutenção adequada da oxigenação do sangue em níveis menores de FIO<sub>2</sub> e a diminuição de atelectasias, com melhora das condições pós-operatórias.

### **Medidas que podem ser adotadas pelo anestesiológico que contribuem efetivamente para a diminuição da morbidade pós-operatória em relação ao sistema respiratório**

A colocação de cateter peridural, nos pacientes submetidos a cirurgias de tórax e andar superior do abdome, permite a realização de analgesia eficiente sem os inconvenientes da administração venosa de analgésicos - sedação e depressão respiratória -, com melhora evidente da função respiratória e do tempo de permanência na unidade de terapia intensiva.

### **Critérios observados pelo anestesiológico antes de proceder à extubação do paciente**

- Respirar espontaneamente
- Reflexos protetores de vias aéreas presentes
- Obedecer a ordens simples
- Estabilidade hemodinâmica

SpO<sub>2</sub> > 90% com FIO<sub>2</sub> = 0,21

Sem manifestações de bloqueio neuromuscular residual verificada pelo estimulador de nervo periférico ou prova de sustentação da cabeça > 5s

Força inspiratória máxima < -25 cmH<sub>2</sub>O

Volume corrente > 7 mL/kg

Capacidade vital > 10 mL/kg

Índice de fR/VT < 80

Relação PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> > 200

PaCO<sub>2</sub> < 40 mmHg

### **Recomendações**

Posicionamento cirúrgico que prejudique o acesso às vias aéreas deve constituir fator relevante na indicação para a intubação traqueal e para a ventilação assistida ou controlada.

Os recursos disponíveis para a ventilação pulmonar dos pacientes tratados na unidade de terapia intensiva devem acompanhar o paciente quando houver indicação da realização de procedimentos fora desta unidade. A ventilação intra-operatória com pressão de platô acima de 35cmH<sub>2</sub>O e/ou FIO<sub>2</sub> acima de 0,5 deve ser justificada no relatório de anestesia.

Em virtude da elevada incidência de complicações respiratórias na primeira hora do período pós-operatório imediato, recomenda-se o emprego de um sistema de alerta em que conste a hora de chegada na unidade, bem como o emprego de agentes de risco - opióides espinhais, bloqueadores neuromusculares - e de antagonistas farmacológicos para reversão da anestesia que permaneça em evidência no leito do paciente até completar o período.

Os indicadores sonoros de pulso e QRS dos monitores de frequência cardíaca, utilizados nos cardioscópios e oxímetros, não devem ser mantidos em funcionamento para não prejudicar o reconhecimento imediato dos alarmes sonoros destes aparelhos e dos ventiladores.

- Os limites dos alarmes devem ser conferidos quando os aparelhos forem conectados ao paciente, e a alteração dos limites padronizados só poderá ser concretizada com a devida autorização do médico responsável pelo atendimento do paciente.

Nos procedimentos cirúrgicos que envolvem o andar superior do abdome, tórax aberto e decúbito que prejudica a ventilação de um dos pulmões, deve ser realizado o recrutamento alveolar antes da extubação do paciente.

Pacientes de risco para complicações pulmonares transoperatórias, tais como doença pulmonar preexistente,

cirurgia com tórax aberto e obesidade mórbida devem ser submetidos a teste de função pulmonar para a classificação de risco e a introdução de fisioterapia pré-operatória quando indicado.

Alertar os pacientes dos riscos transoperatórios associados ao tabagismo, e esclarecer quanto aos benefícios da abstinência em relação ao tempo (oito semanas), com diminuição da morbidade pós-operatória geral.

Utilizar a pressão positiva ao final da expiração (PEEP) quando houver alteração da difusão de gases, no período intra-operatório, principalmente nos pacientes com história de inalação de gases, trauma de tórax, politrauma e ressuscitação volêmica.

Devem constar, no relatório de anestesia, os parâmetros de ventilação mecânica utilizados nos pacientes provenientes da unidade de terapia intensiva que serão submetidos a qualquer procedimento sob anestesia. Devem constar, no relatório de anestesia, os critérios utilizados para proceder à extubação do paciente ao final da cirurgia.

Para os pacientes de risco, em relação a complicações pulmonares, é necessária a programação de meio adequado à analgesia prolongada, visando à redução da morbidade pós-operatória, dando preferência aos métodos que não interfiram no controle central da respiração.

Utilizar métodos para monitorização e prevenção da hipotermia transoperatória, com especial atenção à exposição do paciente na primeira hora, a partir da indução da anestesia, e à possibilidade de utilizar a técnica de pré-aquecimento.

Utilizar sistema de manometria e ventilometria para obtenção de dados objetivos que permitam avaliar as condições de extubação do paciente.

Disponibilizar a utilização de ar comprimido nos equipamentos de anestesia para controle da  $FIO_2$ .

Disponibilizar a utilização do sistema de ventilação manual com válvula e balão reservatório para fornecimento de  $FIO_2 = 1,0$ .

## 6. Controle do Paciente em Ventilação Mecânica

### Coordenador

Carlos Roberto Ribeiro Carvalho

### Relator colaborador

Augusto Farias

### Discutidores

Carlos Eduardo Pompilio

Lea Fialkow

Fernando Machado

Maria José Figueiredo Torres

Bruno do Valle Pinheiro

Daniel Deheinzelin

Denise Medeiros

Eduardo C. Meyer

Ronaldo Kairalla

O controle do paciente em ventilação mecânica, ou seja, a monitorização respiratória à beira do leito, é fundamental para um adequado tratamento do paciente grave ventilado artificialmente. Assim, podemos definir monitorização como sendo "o conjunto de métodos que objetiva a demonstração das alterações funcionais, de uma maneira idealmente contínua e precoce, assegurando que os objetivos da ventilação mecânica estão sendo atendidos, fornecendo parâmetros para o seu reajuste e prevenindo complicações".

### Monitorização da troca gasosa

A troca gasosa consiste na principal função dos pulmões e, sendo a hipoxemia o evento de maior gravidade por comprometer diretamente a oferta de  $O_2$  aos tecidos, a sua monitorização é fundamental. Dessa

forma, podemos dividir a avaliação das trocas gasosas em duas partes: índices de oxigenação e índices de ventilação.

### Índices de oxigenação

$PaO_2$  - Pressão Parcial do Oxigênio no Sangue Arterial

Esta consiste na medida direta da pressão parcial de  $O_2$  numa amostra de sangue, colhida anaerobicamente, de uma artéria periférica. Sua interpretação é imediata. O paciente deve ser mantido com uma taxa suficiente para haver saturação adequada da hemoglobina. Assim, o ideal seria manter uma  $PaO_2$  por volta de 80 mmHg para garantir uma saturação superior a 95%. Em condições clínicas estáveis (por exemplo, homeostase normal, sem desequilíbrio ácido-básico etc.), uma  $PaO_2$  acima de 60 mmHg implica, de acordo com a curva de

dissociação da hemoglobina, uma saturação superior a 91%. De acordo com a mesma curva, fica claro também que não há vantagem nenhuma em se trabalhar com PaO<sub>2</sub> acima de 90 ou 100 mmHg. Assim, se a taxa de hemoglobina for normal, tem-se um conteúdo arterial de O<sub>2</sub> (CaO<sub>2</sub>) adequado, pois este corresponde à quantidade real deste gás, que será transportado pelo sangue aos tecidos, através do débito cardíaco (oferta de O<sub>2</sub> aos tecidos = DO<sub>2</sub>). Lembrando:

- CaO<sub>2</sub> = [Hb x SaO<sub>2</sub> x 1,36] + [0,0031 x PaO<sub>2</sub>]
- D'O<sub>2</sub> = CaO<sub>2</sub> x DC x 10

Como o paciente em VM está sujeito a mudanças freqüentes na fração de O<sub>2</sub> no ar inspirado, as comparações da PaO<sub>2</sub>, para definirmos se o quadro pulmonar está ou não melhorando, ficam, muitas vezes, difíceis. Dessa forma, no momento, o índice de oxigenação mais aceito é a relação PaO<sub>2</sub> corrigida para a FIO<sub>2</sub> utilizada. Este é um índice extremamente simples e de fácil obtenção, que pode ser aplicado em qualquer serviço, dando uma medida do grau de disfunção pulmonar do paciente. Por exemplo: para um indivíduo normal, o limite esperado para a PaO<sub>2</sub> seria 80 mmHg (em ar ambiente); assim, a relação seria cerca de 400. O limite para caracterizarmos uma insuficiência respiratória grave seria uma PaO<sub>2</sub> de 60 mmHg com FIO<sub>2</sub> de 0,21. Portanto, uma relação inferior a 300 caracterizaria a gravidade da disfunção pulmonar. Esta relação (PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>) foi usada no consenso americano/europeu (1994) para diferenciar situações de lesão pulmonar aguda (PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> < 300) da síndrome do desconforto respiratório agudo (PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> < 200).

### Oximetria de pulso

Consiste na avaliação da porcentagem de saturação da hemoglobina pelo O<sub>2</sub>. Este método usa os princípios da espectrofotometria (absorção de luz num comprimento de onda específico) para o fornecimento dos resultados. É uma técnica bastante útil e que vem sendo cada vez mais aplicada, pois não é invasiva, fornecendo informações continuamente, cujo preço vem se tornando acessível nos últimos anos. Tem uma excelente correlação com os resultados obtidos através da gasometria arterial, mesmo em situações de hipotermia, débito cardíaco baixo e hipotensão arterial, desde que o sinal se mantenha adequado. Em algumas condições, como hiperpigmentação da pele, uso de esmaltes, metemoglobinemia etc., seu resultado deve ser analisado criteriosamente. Porém, em condições que levam à queda da saturação, principalmente abaixo de 75%, os dados fornecidos podem ser anormalmente mais altos. Assim,

considera-se que a acurácia dos oxímetros de pulso é ruim abaixo de 80% de saturação. Acima de 90% depende do aparelho que está sendo utilizado. Em termos de segurança, a variabilidade das medidas (limites de confiança dos vários sistemas disponíveis) é de, no máximo, 4%. Portanto, podemos acreditar, se o nosso paciente mantiver uma oximetria acima de 95%, que ele deve estar com uma PaO<sub>2</sub> acima de 60 mmHg.

### Outros índices

Podemos, também, avaliar a troca gasosa através de parâmetros de avaliação da relação entre ventilação alveolar e perfusão sangüínea capilar, tais como a diferença alvéolo-arterial de O<sub>2</sub> [P(A-a)O<sub>2</sub>] e o shunt intrapulmonar (Q's/Q't). São índices um pouco mais complexos de serem obtidos, mas que trazem importantes informações quanto à fisiopatologia da disfunção respiratória.

### Índices de ventilação

PaCO<sub>2</sub> - Pressão Parcial do Gás Carbônico no Sangue Arterial

Consiste na melhor forma de se avaliar a ventilação alveolar, uma vez que a PaCO<sub>2</sub> é determinada pelo nível de ventilação alveolar (V'A) para um dado nível de produção de CO<sub>2</sub> (V'CO<sub>2</sub>), de acordo com a equação:

$$- V'CO_2 = V'A \times PaCO_2$$

Assim, nota-se uma relação direta entre a produção de gás carbônico e a PaCO<sub>2</sub>, e uma relação inversa entre esta e a ventilação alveolar. Portanto, podemos dizer que, quando a PaCO<sub>2</sub> se eleva, o paciente está hipoventilando, e vice-versa. Como a V'A depende de vários fatores (volume corrente [VT], espaço morto [VD] e freqüência respiratória [fR]), podemos, através da análise desses parâmetros, definir a melhor forma de intervir na ventilação, estando o paciente em respiração artificial:

$$- V'A = (VT - VD) \times fR$$

### Capnografia

Através de um analisador contínuo de CO<sub>2</sub> adaptado à cânula de intubação do paciente, é possível obter o valor da PCO<sub>2</sub> no ar exalado ao final da expiração (PetCO<sub>2</sub>). É possível, ainda, o registro gráfico da curva de CO<sub>2</sub> em função do tempo (durante todo o ciclo respiratório), chamado capnograma. Este define graficamente as fases do ciclo. Assim, na inspiração, a

concentração de  $\text{CO}_2$  não se eleva (fase I da curva), pois o ar que está saindo representa o gás das vias aéreas de condução (parte do espaço morto anatômico). Na seqüência, notamos uma elevação progressiva na concentração do  $\text{CO}_2$ , representada graficamente por uma elevação do traçado em forma de S (fase II), e, a seguir, uma fase de equilíbrio, platô, que representa a saída do gás alveolar (fase III - Figura 12.1). O valor de pico atingido, ao final da fase III, é chamado de  $\text{PetCO}_2$ . Este valor representa, com uma boa aproximação, o  $\text{CO}_2$  alveolar.

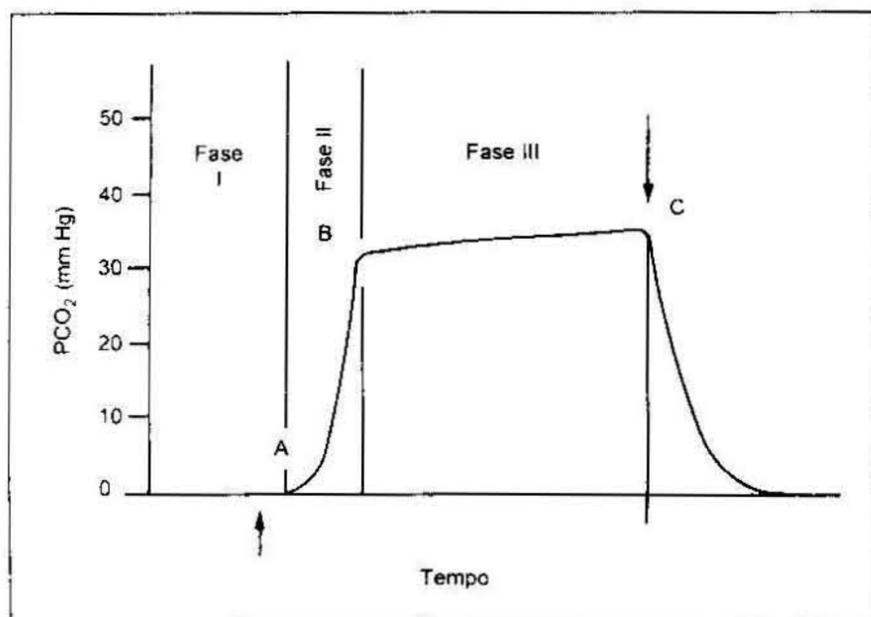


Fig. 12.1 - Capnograma: A Fase I representa espaço morto. É a parte do gás expirado das vias aéreas e livre de  $\text{CO}_2$ ; A Fase II representa a mistura dos gases no espaço morto das vias aéreas com o gás alveolar e se caracteriza pelo aumento abrupto de  $\text{CO}_2$ ; A Fase III representa volume alveolar. O aumento residual de  $\text{CO}_2$  neste platô deve-se ao esvaziamento tardio dos alvéolos que permaneceram por maior tempo em contato com os capilares pulmonares e, portanto, têm uma  $\text{PCO}_2$  mais alta. A  $\text{PCO}_2$  no ponto C é a  $\text{PetCO}_2$ .

Normalmente, a diferença entre a  $\text{PaCO}_2$  e o  $\text{PetCO}_2$  é mínima (< 4 mmHg). Em pacientes portadores de doença pulmonar que apresentam uma distribuição desigual da ventilação, a capnografia apresenta um aumento progressivo e constante no sinal de  $\text{CO}_2$ , que não atinge um platô. Nestes, o gradiente  $\text{PaCO}_2 - \text{PetCO}_2$  aumenta de forma imprevisível, 10 a 20 mmHg ou mais, fazendo com que a  $\text{PetCO}_2$  possa não refletir de forma confiável a  $\text{PaCO}_2$ .

Para condições clínicas que promovem a retenção de  $\text{CO}_2$  (hipoventilação alveolar), a acurácia da medida da  $\text{PetCO}_2$  é menor.

### Monitorização da mecânica respiratória

A utilização, nos ventiladores mecânicos, de telas que demonstram as curvas de pressão nas vias aéreas (Pva), fluxo inspiratório ( $\text{V}'\text{I}$ ) e volume corrente (VT), durante

cada ciclo respiratório, trouxe um enorme avanço na aplicação da respiração artificial nas Unidades de Tratamento Intensivo. Com esses dados, os intensivistas podem detectar mau funcionamento do aparelho, minimizar os riscos de complicações, além de poder avaliar diretamente os modos utilizados. As medidas da Pva,  $\text{V}'\text{I}$  e VT permitem o cálculo das propriedades fisiológicas básicas do sistema respiratório, como complacência, resistência e trabalho respiratório, que facilitam a monitorização e o manejo do doente grave. Os dados podem ser obtidos através de equações simples ou podem ser diretamente fornecidos pelo aparelho através de software já acoplado.

### Propriedades mecânicas do sistema respiratório

As propriedades mecânicas do sistema respiratório são definidas pela seguinte equação do movimento do sistema respiratório relaxado:

$$Pva = x VT + Rsr \times V' + Isr \times V''$$

Onde:

Pva = pressão nas vias aéreas

Csr = complacência do sistema respiratório

VT = volume corrente

Rsr = resistência do sistema respiratório

$\text{V}'\text{I}$  = fluxo inspiratório

Isr = inertância do sistema respiratório

$\text{V}''$  = aceleração

A inertância (análoga da inércia) é a medida da tendência do sistema respiratório em resistir a mudanças no fluxo aéreo. Nas frequências respiratórias, usualmente alcançadas na ventilação mecânica ou na espontânea, os efeitos da inertância são desprezíveis. Assim, normalmente não é levada em conta nos cálculos de mecânica.

É difícil para os indivíduos relaxarem totalmente a musculatura respiratória; sendo assim, o estudo dessas propriedades é bem mais viável em pacientes intubados do que em pessoa respirando espontaneamente, pois aqueles podem ser sedados ou mesmo curarizados.

### Complacência

Em condições estáticas (paciente relaxado), a pressão nas vias aéreas é igual à pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório. Assim, complacência (inverso da elastância) é a medida da variação de volume por unidade de pressão aplicada, geralmente medida em mL/cmH<sub>2</sub>O. O valor normal esperado, utilizada a forma de medida descrita a seguir, é cerca de 80 mL/cmH<sub>2</sub>O. Em

pacientes com insuficiência respiratória secundária (afecções que infiltram o parênquima pulmonar), normalmente observamos valores inferiores a 50 mL/cmH<sub>2</sub>O. A complacência estática do sistema respiratório pode ser obtida segundo o cálculo apresentado na Figura 12.2.

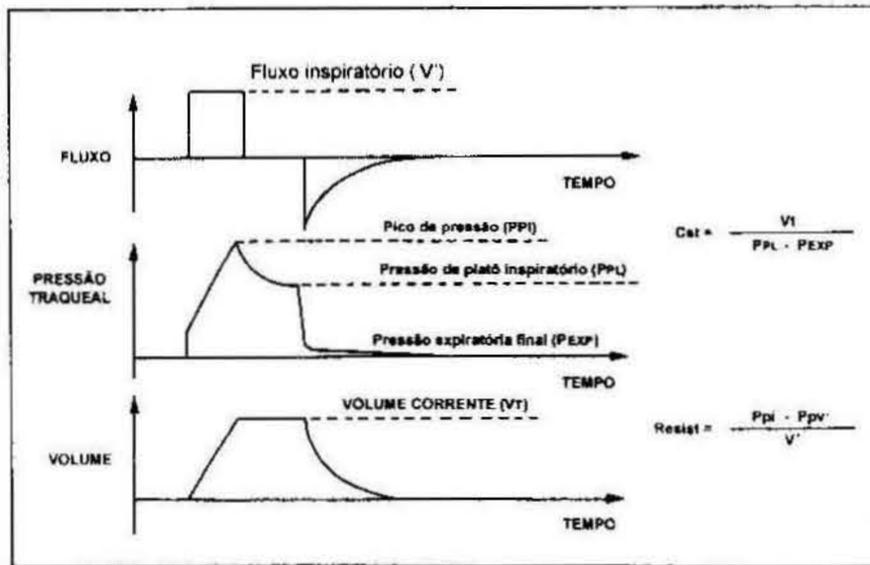


Fig. 12.2- Curvas de fluxo, pressão nas vias aéreas e volume em função do tempo (modo: volume controlado com fluxo constante -onda quadrada). Cst = Complacência estática. VT = Volume corrente. Ppl = Pressão de platô. Ppi = Pressão de pico. Pexp = Pressão expiratória final.

Cst,sr =

Onde:

PPLAT = pressão de platô inspiratório

PEXP = pressão ao final da expiração (PEEP ou ZEEP)

É importante ressaltar que, para os cálculos da mecânica respiratória, é fundamental, além de o paciente estar relaxado (obtido com sedação, curarização ou após período de hiperventilação), que as condições de ventilação sejam mantidas as mesmas em todas as medidas realizadas, para podermos interpretá-las de forma comparativa, ou seja, comparando a complacência de um determinado paciente durante dias consecutivos de ventilação artificial. Assim, é necessário que se utilize o modo volume assistido/controlado com VT fixo e V' constante (sugerimos 60 L/min ou 1 L/s) e pausa inspiratória de pelo menos 2 s.

O sistema respiratório é composto pelo pulmão e pela parede torácica, e estes funcionam como sistemas em série. Desta forma, a pressão aplicada sobre a via aérea é primeiro transmitida ao pulmão e, depois, somente uma parte desta é transferida à parede torácica. Assim, a pressão necessária para distender o sistema respiratório é a soma das pressões de distensão do pulmão e da parede torácica. Portanto:

$$Esr = Ep + Ept$$

Onde:

Esr = elastância do sistema respiratório

Ep = elastância do pulmão

Ept = elastância da parede torácica

Fica claro que o pulmão e a parede torácica têm diferentes relações pressão x volume (P x V). Desta forma, a resultante da curva P x V para o sistema respiratório tem a forma de uma sigmóide na qual a faixa central corresponde à região de maior complacência. Esta faixa define a região onde a ventilação deve ocorrer, pois abaixo dela teremos alvéolos colabados, e acima, hiperdistensão pulmonar (Figura 12.3).

### Resistência

Resistência corresponde à oposição ao fluxo de gases e movimento dos tecidos devido a forças de fricção através do sistema respiratório. A energia gasta é dissipada na forma de calor dentro do sistema. A resistência, medida em cmH<sub>2</sub>O/L/s, pode ser calculada segundo a fórmula a seguir, usando-se onda de fluxo quadrada (Figura 12.1), sendo o valor normal esperado de 4 a 7 cmH<sub>2</sub>O/L/s:

$$Rsr = \frac{PPI - PLAT}{Vt}$$

Onde:

PPI = pico de pressão inspiratória

PPLAT = pressão de platô inspiratório

Se não for possível medir diretamente a resistência, podemos inferi-la quando avaliarmos conjuntamente as

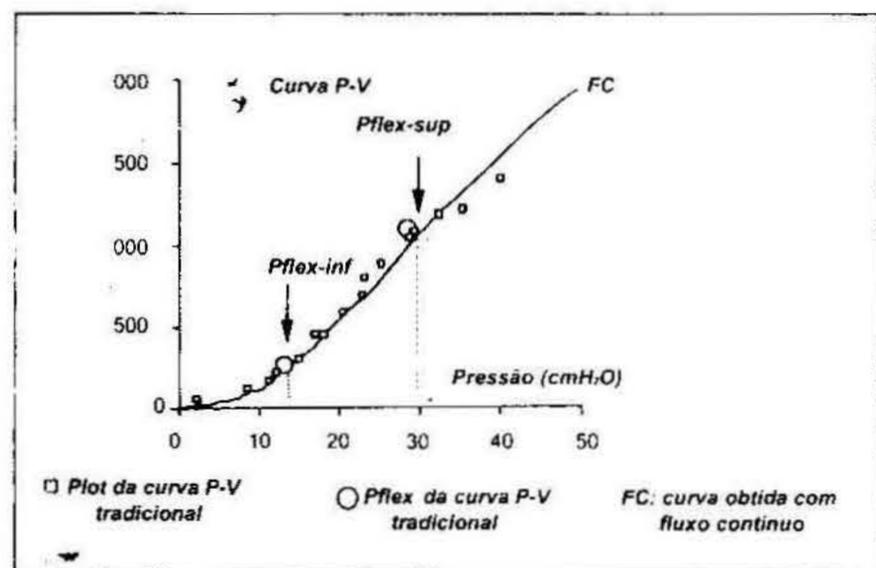


Figura 12.3 - Curva PxV estática do sistema respiratório e de seus componentes (pulmão e caixa torácica). Esta é uma curva P-V típica na fase precoce da SARA. Esta curva foi obtida através de dois métodos diferentes e sobrepostos na figura. A curva foi obtida através do uso de um fluxo contínuo de 1 L/min e os pontos esparsos são o resultado de diversos platôs de pressões inspiratórias plotados contra seus volumes correntes correspondentes.

complacências estática (Cst) e dinâmica (Cdyn). A complacência efetiva, medida de forma dinâmica (Cdyn), é obtida pela fórmula:

$$C_{dyn} = \frac{V_T}{P_{PI} - P_{EXP}}$$

(ver Figura 12.1)

Uma queda na Cdyn indica alteração no sistema respiratório devido a um problema resistivo e/ou parenquimatoso. Se a Cst for aproximadamente normal, a alteração na Cdyn deve ser secundária a um aumento do componente de resistência ao movimento dos gases (fluxo aéreo) e/ou dos tecidos.

### Auto-PEEP

Em pessoas normais, no final da expiração, o volume pulmonar aproxima-se do volume de relaxamento do sistema respiratório, ou seja, o volume determinado pelo balanço entre as pressões opostas de recolhimento elástico da parede e do pulmão (capacidade residual funcional - CRF). Em algumas situações, este volume expiratório final será maior do que a CRF predita, provocando o aumento da pressão de recolhimento elástico do sistema respiratório e, conseqüentemente, da pressão alveolar. Esta alteração é denominada auto-PEEP ou PEEP intrínseca. Em pacientes submetidos à ventilação mecânica, a presença de auto-PEEP ocorre devido à presença de colapso das vias aéreas em pacientes com limitação do fluxo aéreo ou, mais freqüentemente, quando a fR ou o VT estão altos e o tempo expiratório está curto para aquela situação específica (auto-PEEP dinâmica).

Como o manômetro de pressão do ventilador não registra a auto-PEEP, ao contrário da PEEP-externa, ela também é chamada de PEEP oculta. A sua presença pode ocasionar alterações importantes na mecânica ventilatória e nas condições hemodinâmicas; assim, o seu monitoramento é fundamental para o manejo de pacientes críticos, principalmente aqueles com obstrução das vias aéreas ou com unidades alveolares com diferentes constantes de tempo.

A maneira mais simples de diagnosticar e quantificar a auto-PEEP consiste na oclusão da via expiratória do ventilador antes do início de um novo ciclo inspiratório, possibilitando um equilíbrio entre a pressão alveolar e a pressão traqueal, e a sua visualização no manômetro de pressão do ventilador. Os aparelhos mais recentes possuem um dispositivo facilitador desta manobra.

### Trabalho respiratório

O trabalho respiratório (W) é um parâmetro que visa a conceber uma noção "energética" do esforço muscular. Costuma estar aumentado em pacientes graves sob VM. As técnicas para a sua medida são geralmente complexas e, por muito tempo, ficaram restritas a laboratórios de pesquisa. Recentemente, com as novas modalidades ventilatórias e a importância crescente de uma boa interação entre o paciente e o ventilador, e, ainda, com o advento de monitores à beira do leito que realizam essas medidas, o trabalho respiratório passou a ser mais valorizado na monitorização em UTI.

Os músculos respiratórios executam trabalho, principalmente, para vencer as seguintes forças:

- *forças elásticas*: desenvolvem-se nos pulmões e na parede torácica quando ocorre uma mudança no volume;
- *forças fluxo-resistivas*: existentes devido ao fluxo de gás através das vias aéreas;
- *forças viscoelásticas*: resultantes da adaptação ao estiramento (estresse) dos tecidos (pulmão + parede);
- *forças plastoelásticas dentro dos tecidos do tórax*: resultantes da diferença no recolhimento elástico estático do pulmão + parede durante a insuflação e a desinsuflação pulmonar.

Dois tipos principais de W devem ser reconhecidos: o trabalho mecânico, no qual uma contração muscular gera um gradiente de pressão que promove um deslocamento de ar, e a contração isométrica, em que nenhum deslocamento de ar é obtido, porém ocorre um custo metabólico para exercer a força. Assim, fica claro que, em algumas situações, a avaliação dos gastos energéticos a partir do trabalho mecânico pode não ser muito precisa. Isso ocorre, principalmente, em situações de grandes esforços isométricos. Pouco antes de disparar o respirador, em qualquer modo assistido, o paciente tem que fazer um esforço inspiratório até atingir a pressão mínima de abertura da válvula inspiratória (nível de sensibilidade ajustado no respirador). Este fato, a ausência de deslocamento de ar apesar da contração muscular, indica que se formos calcular o W, até esse momento, ele será nulo, embora um gasto de energia tenha ocorrido. Desta forma, uma outra maneira de quantificar o trabalho é necessária. Assim, os dois modos mais utilizados para a quantificação do W à beira do leito são:

### Medida do trabalho muscular mecânico

Realizada através do cálculo de áreas em diagramas pressão (traqueal ou esofágica) x volume, ou seja, pelo produto da pressão intratorácica gerada pela contração da musculatura respiratória (ou por um ventilador mecânico) e pelo volume de ar deslocado (VT);

A unidade mais usada na medida do trabalho muscular mecânico é o joule (J).

### Medida do produto pressão x tempo

Realizada através do cálculo de áreas em diagramas pressão (traqueal ou esofágica) x tempo inspiratório. Essa medida, portanto, não representa diretamente o trabalho realizado, mas é um bom indicativo.

### Recomendações para uma adequada monitorização de paciente sob ventilação mecânica

Todos os pacientes necessitam de contínua monitorização da oxigenação/saturação, o que é possível através da oximetria de pulso.

A gasometria arterial com a medida direta da  $\text{PaCO}_2$  é o método-padrão de avaliação da oxigenação sanguínea. Para sua melhor caracterização, o dado mais simples e rápido consiste na relação  $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ .

O número de gasometrias necessárias depende das condições de cada paciente e das manipulações que forem feitas no respirador, não existindo qualquer rotina recomendada. Entretanto, opina-se que ao menos uma gasometria por dia deva ser realizada.

Quando o paciente estiver sob  $\text{FIO}_2$  de 1,0, o cálculo de outros parâmetros, como  $\text{P(A-a)O}_2$  e fração shunt ( $\text{Q}'\text{s}/\text{Q}'\text{t}$ ), pode ser útil na avaliação, não sendo, no entanto, recomendado como rotina.

Na avaliação da ventilação alveolar, utiliza-se diretamente a  $\text{PaCO}_2$ , obtida através da gasometria arterial, associada aos dados de volume corrente e frequência respiratória (volume-minuto - VE).  $\text{VE}_1 \times (\text{PaCO}_2)_1 = \text{VE}_2 \times (\text{PaCO}_2)_2$ .

A capnometria acoplada à capnografia é uma técnica bastante útil, devendo ser aplicada sempre que possível, especialmente em pacientes neurológicos ou com hipercapnia. Recomenda-se que se disponha de, ao menos, um capnógrafo por unidade de serviço.

A obtenção dos dados de mecânica respiratória é extremamente útil; para tanto, é preciso ventilar em volume controlado, com fluxo constante (forma de onda quadrada) e com pausa inspiratória de pelo menos dois segundos. Assim, é possível a obtenção dos valores de complacência e resistência do sistema respiratório.

Recomenda-se sua medida em todo paciente sob ventilação mecânica, desde que não se faça indispensável a sedação adicional apenas para este fim, no paciente estável, com perspectiva de descontinuação da ventilação.

Nos casos em que a sedação adicional for imprescindível para estas medidas, a situação clínica e a experiência dos assistentes devem determinar a propiedade da sua realização, assim como a sua periodicidade.

É recomendada a medida da auto-PEEP, principalmente nos pacientes obstrutivos (resistência de vias aéreas elevada).

Pela quantidade de informações obtidas com a análise das curvas de Pva, VT e VI', sugere-se que se usem monitores gráficos acoplados aos ventiladores.

Todo paciente sob VM deve ser submetido à radiografia de tórax diariamente.

Assim, a ficha de avaliação dos pacientes submetidos à VM deve conter os seguintes dados, quando uma gasometria for colhida, para podermos otimizar ao máximo a monitorização dos parâmetros respiratórios:

$\text{FIO}_2$   
Frequência respiratória  
Volume corrente  
Modo ventilatório  
Pico de pressão inspiratória  
Pressão de platô  
PEEP e auto-PEEP  
Fluxo inspiratório  
Hemoglobina  
Gasometria.

## 7. Ventilação Mecânica na Asma

### Coordenadora

Carmen Silvia Valente Barbas

### Relatora colaboradora

Maristela Sestelo

### Discutidores

Maristela Machado

Ricardo Borges Magaldi

Eduardo Corrêa Meyer

Maria Paula Ramos Caraméz

Milton Rodrigues Júnior

Ana Maria Casati

## Introdução

A maior parte dos pacientes asmáticos apresenta sintomas leves da doença, normalmente controlados com medicação antiinflamatória via inalatória, associada ao uso de broncodilatador (beta-2-agonista) inalatório de demanda.

Alguns pacientes, no entanto, apresentam sintomas mais acentuados e muitas vezes graves, constituindo a crise asmática. Esta caracteriza-se por uma obstrução ao fluxo aéreo ocasionada por broncoespasmo, edema e inflamação da mucosa brônquica e/ou rolhas de secreção. Dois tipos distintos de pacientes podem apresentar crise de asma grave, com risco de vida e, muitas vezes, necessidade de intubação e ventilação mecânica:

- o paciente portador da asma lábil, o qual apresentará, após uma exposição ao desencadeante, uma constrição da musculatura lisa dos brônquios, abrupta e intensa, também denominada asma aguda asfíxica;
- o paciente portador de asma grave, o qual apresentará uma crise progressiva com pouca resposta à medicação. Nestes pacientes predominam o edema e a inflamação da parede das vias aéreas.

A indicação de observação numa unidade de terapia intensiva e/ou indicação de assistência respiratória para os pacientes em crise asmática consiste em:

1. Piora progressiva da obstrução, apesar de tratamento adequado (pico de fluxo expiratório menor que 100 L/min ou não-mensurável ou VEF1 menor que 1,0 L).
2. Frequência respiratória maior que 40 respirações por minuto.
3. Pulso paradoxal ascendente ou em queda.
4. Sensação de exaustão ou incapacidade para falar.
5. Alteração sensorial - confusão mental e sonolência.
6. Saturação de O<sub>2</sub> à oximetria de pulso menor que 90% ou PaO<sub>2</sub> menor que 60 mmHg em ar ambiente.
8. Sinais de fadiga da musculatura respiratória.

Nos casos em que o paciente apresenta crise grave, porém mantém o nível de consciência, poderá ser tentada a ventilação mecânica não-invasiva com o auxílio da máscara de CPAP (sempre com alto fluxo), mantendo-se o valor da PEEP ao redor de 5 cmH<sub>2</sub>O e/ou com o auxílio da BIPAP®, ajustando-se a IPAP para manter ventilação adequada e conforto do paciente (normalmente 10 a 20 cmH<sub>2</sub>O). Esta é uma técnica ventilatória muito interessante para a ventilação precoce dos pacientes em crise asmática, podendo, se bem utilizada e acoplada ao uso de medicação efetiva, evitar a intubação e a ventilação mecânica invasiva destes pacientes. A

ventilação mecânica não-invasiva, na crise de asma aguda, poderá ser aplicada, porém não existem estudos randomizados e controlados a respeito deste assunto. Já nos casos de crise asmática grave e progressiva em que ocorre fadiga respiratória com conseqüente hipercapnia e hipoxemia, com diminuição do nível de consciência e/ou parada cardiorrespiratória, será necessária a intubação traqueal e o uso de ventilação mecânica com pressão positiva para a manutenção das condições vitais enquanto o uso da terapêutica broncodilatadora e antiinflamatória conseguirem reverter a obstrução.

## Ventilação mecânica na crise asmática

A ventilação mecânica se impõe como recurso necessário nos casos de asma grave, porém apresenta alto grau de complicações, com mortalidade ao redor de 10-15%, se não utilizada de maneira correta e com monitorização adequada. O paciente asmático gravemente obstruído requer altas pressões nas vias aéreas para poder ser adequadamente ventilado, tendo possibilidade maior de barotrauma.

Para reduzir o número de complicações durante a ventilação mecânica, deverá ser utilizado um tubo traqueal com cuff de baixa pressão e com o maior calibre possível (cânula número 8, no mínimo) para diminuir a resistência ao fluxo aéreo. Além disso, trabalhos recentes mostram que estes pacientes devem ser ventilados com volume corrente baixo (5-8 ml/kg), baixa frequência respiratória (8-12 p/min), altos fluxos inspiratórios (100 L/min e, de preferência, fluxos com decaimento exponencial), tempo expiratório prolongado para evitar o aprisionamento de ar dentro dos pulmões (air-trapping) e a conseqüente manutenção da pressão alveolar positiva e superior às das vias aéreas ao final da expiração (auto-PEEP ou PEEP intrínseca).

A sedação com benzodiazepínicos e/ou propofol, e a curarização com brometo de pancurônio, ou, ainda, a infusão contínua de tiopental são necessárias, na maioria das vezes, ao paciente em crise grave para melhor adaptação ao ventilador e para a diminuição dos riscos de barotrauma nas primeiras horas de ventilação mecânica. Após a utilização destas medidas, devemos manter o paciente somente sedado com benzodiazepínicos e/ou propofol, e utilizar mínimas doses de curare somente se necessário. Drogas liberadoras de histamina, como morfina e meperidina, devem ser evitadas.

Com a hipoventilação destes pacientes pode haver aumento da PaCO<sub>2</sub>, aceitando-se valores um pouco mais elevados (entre 40 e 90 mmHg). Estas condutas têm

reduzido significativamente a mortalidade dos pacientes submetidos à ventilação mecânica. Comparando-se os estudos realizados sobre ventilação mecânica em pacientes com asma grave, durante os últimos anos, observa-se que os autores que usaram a ventilação mecânica convencional durante 140 episódios obtiveram uma mortalidade de 2% a 22%, enquanto os autores que utilizaram a hipercapnia permissiva em 286 episódios obtiveram mortalidade de zero a 4%. Assim devido à menor mortalidade apresentada, tem-se recomendado a hipoventilação controlada ou hipercapnia consentida (hipercapnia permissiva) como método ventilatório de eleição para os pacientes em estado de mal asmático submetidos à ventilação mecânica na tentativa de proteger os pulmões do barotrauma ocasionado pela ventilação mecânica (Tabela 12.5).

Tabela 12.5 - Regulagem do ventilador mecânico na crise de asma aguda.

Parâmetro	Valor Preconizado
Modo ventilatório	De preferência modos ventilatórios limitados à pressão
Volume corrente	5-8 mL/kg
Frequência respiratória	8-12/min
Fluxo inspiratório	5-6 x VM
Pico de pressão	< 50 cmH <sub>2</sub> O
Pressão de platô	< 50 cmH <sub>2</sub> O
PEEP externo	De preferência entre 3-5 cmH <sub>2</sub> O
Auto-PEEP	< 15 cmH <sub>2</sub> O
PaCO <sub>2</sub>	> 40 e < 90 mmHg
pH	> 7,2
PaO <sub>2</sub>	> 80 e < 120 mmHg.

**Problemas enfrentados durante a ventilação de pacientes com crise asmática e suas soluções**

**Intubação traqueal**

Devido à agitação conseqüente à dispnéia intensa, provocada pela crise asmática, e pela consciência muitas vezes preservada, torna-se difícil a intubação destes pacientes. Para facilitação desta, pode-se adotar a seguinte seqüência:

- informação e tranquilização do paciente;
- monitorização: oximetria de pulso, cardioscópio, pressão arterial e capnografia (se possível);
- decúbito a 30°;
- pré-oxigenação (FIO<sub>2</sub> alta por três a cinco minutos);
- sedação rápida e eventual curarização - opióide, benzodiazepínico, pancurônio ou vecurônio; intubação orotraqueal com cânula de calibre adequado ≤ 8 mm de

- diâmetro interno e com cuff de alto volume e baixa pressão;
- correção da hipotensão - expansão volêmica e monitorização do auto-PEEP;
- sedação/bloqueio neuromuscular prolongado - benzodiazepínicos ou barbitúrico; pancurônio ou vecurônio.

**Ventilação mecânica**

**PEEP Intrínseca e Hiperinsuflação**

São causadas pelo aumento da resistência expiratória em vias aéreas, devido à existência de broncoespasmo, inflamação e/ou secreção ou, ainda, devido ao colapso dinâmico das vias aéreas, principalmente quando se utilizam frequências respiratórias elevadas.

Os principais problemas relacionados à PEEP intrínseca são:

- dificuldade de disparo do ventilador nos modos assistidos: para disparar o ventilador, o paciente necessita fazer um esforço extra como forma de conseguir anular a PEEP intrínseca e negativar primeiro as pressões alveolares para, a seguir, obter uma queda de pressão traqueal suficiente para disparar o aparelho;

A PEEP extrínseca tem os prejuízos hemodinâmicos semelhantes à aplicação de uma PEEP externa e aumenta o trabalho muscular respiratório nos modos espontâneos. A PEEP intrínseca deve ser sempre monitorizada (Figura 12.4).

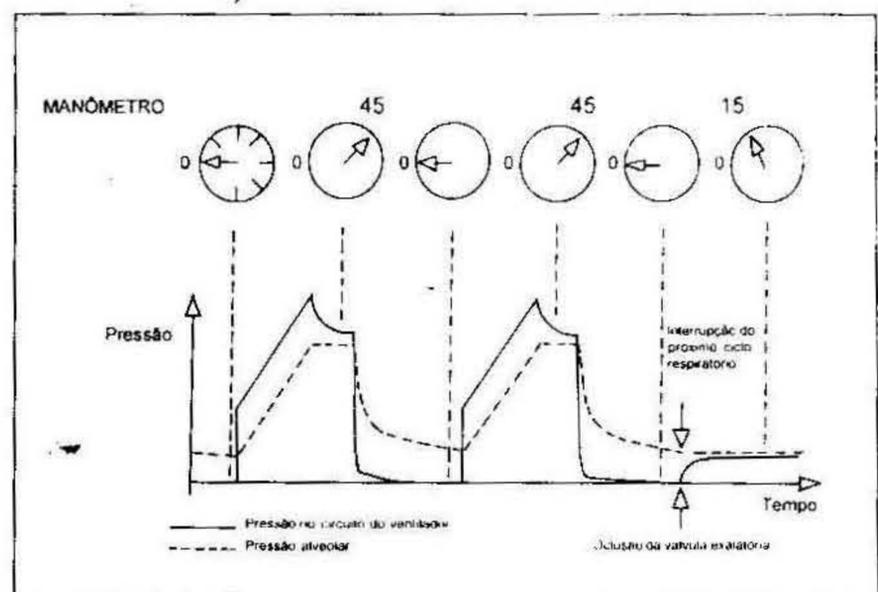


Figura 12.4 - Medida da auto-PEEP (ou PEEP intrínseca) pelo método da oclusão expiratória final.

## Altas pressões em vias aéreas

O uso de altos fluxos inspiratórios, como preconizado anteriormente, usualmente produz elevados picos de pressão traqueal. Apesar dos riscos potenciais dessas elevadas pressões em vias aéreas, deve-se ter em mente que a hiperinsuflação pulmonar pode ser mais deletéria do que os elevados picos de pressão traqueal. Muitas vezes, mesmo que o alto fluxo inspiratório aumente as pressões resistivas em vias aéreas, a diminuição da hiperinsuflação resultante desta manobra pode ser tão evidente que o pico de pressão traqueal pode ser reduzido.

Como conduta, deve-se priorizar a diminuição da hiperinsuflação pulmonar, mesmo que isto resulte em pequena elevação do pico de pressão traqueal, e utilizar sempre fluxos em rampa decrescente que produzam menores picos de pressão ou, no caso de se dispor do modo ventilatório por pressão de suporte (PSV) ou pressão controlada (PCV), estes devem ser utilizados preferencialmente. As relações I:E devem ser < 1:2. Deve-se, também, lembrar que a pressão de suporte e a pressão controlada não permitem controle do volume corrente, devendo-se dispor de adequada monitorização do volume expiratório.

## Barotrauma

O barotrauma é certamente a maior complicação do asmático em ventilação mecânica, muitas vezes sendo o responsável pela sua mortalidade.

Não há necessidade de se normalizar a  $PCO_2$  rapidamente. É preferível tolerar  $PCO_2$  pouco elevada do que abusar de excessivas pressões sobre o sistema respiratório.

Pode-se administrar bicarbonato de sódio lentamente, de forma a compensar a acidose respiratória, até o controle adequado do broncoespasmo, embora a administração intempestiva possa aumentar a produção de  $CO_2$  e piorar a hipercarbica. A normalização do pH é muito útil para diminuir a estimulação do centro respiratório, pois consegue diminuir a frequência respiratória naqueles indivíduos não-curarizados. Quando necessário, deve-se administrar 50 mEq, em infusão contínua, a cada duas horas até a normalização do broncoespasmo.

A sedação inicial com benzodiazepínicos e/ou tiopental é fundamental para diminuir os riscos de barotrauma e melhorar o conforto do paciente, logo após a intubação orotraqueal. Pode ser um esforço inútil e

perigoso a tentativa de manter o paciente em ventilação assistida. A curarização pode ser necessária, sobretudo por permitir que se trabalhe com uma frequência respiratória mais baixa.

Deve-se iniciar a ventilação mecânica com volume corrente baixo ( $\leq 8$  ml/kg). De preferência, utilizar modos ventilatórios limitados a pressão. Caso se utilize o modo volume controlado, deverá se tomar o cuidado de ligar o alarme de limitação de pressão em 50  $cmH_2O$  e utilizar o padrão de fluxo inspiratório descendente. A frequência respiratória deverá ser mantida igual ou menor a 12 por minuto, o fluxo inspiratório igual a cinco ou a seis vezes o volume-minuto para se garantir um tempo expiratório adequado para estes pacientes obstruídos. Normalmente, estes parâmetros são adequados para a não-ocorrência da auto-PEEP. Para a checagem da não-ocorrência da auto-PEEP sempre se deve verificar se o pico de pressão inspiratória está se mantendo abaixo de 50  $cmH_2O$  e/ou a pressão abaixo de 35  $cmH_2O$ , e se a radiografia de tórax não apresenta sinais de hiperinsuflação. Deve-se, também, monitorizar a auto-PEEP e tentar mantê-la abaixo de 15  $cmH_2O$ , principalmente se as pressões inspiratórias estiverem altas. Com a instituição de um volume corrente baixo e fR baixa, a  $PaCO_2$  tenderá a subir, mas este fato é somente uma consequência da hipoventilação que se faz necessária para a proteção pulmonar. Deve ser feita uma tentativa para se manter a  $PaCO_2$  entre 40 e 90 mmHg, e o pH acima de 7,2. Se o pH estiver abaixo de 7,2 poderá ser infundido bicarbonato de sódio ( $NaHCO_3$ ) lentamente.

Sempre que possível, monitorizar a mecânica respiratória, principalmente a resistência das vias aéreas do paciente (Figura 12.2), para verificar a gravidade e a evolução da crise asmática, assim como o efeito da medicação utilizada.

Sempre monitorizar os níveis de auto-PEEP para adequar a ventilação e evitar barotrauma (Figura 12.4) e, se possível, a oximetria de pulso e os níveis de  $CO_2$  expirado por capnometria e/ou capnografia.

## Cuidados adicionais no paciente asmático em ventilação mecânica

1. A presença de choque ao início da ventilação mecânica é normalmente um somatório de três fatores:

- aumento das pressões intratorácicas e da PEEP intrínseca, hipovolemia e vasoplegia causada pela sedação.

Caso o adequado manejo ventilatório e a infusão de volume não surtam efeito, considerar a possibilidade de pneumotórax.

2. O asmático normalmente oxigena adequadamente o sangue arterial com baixas  $FIO_2$ . Quando se observar grande hipoxemia nos gases arteriais, considerar a possibilidade de barotrauma, processo infeccioso associado, colapso circulatório pela excessiva pressão intratorácica ou, ainda, shunt direito-esquerdo intracardíaco.

3. Elevados valores de PEEP externo podem ser utilizados para o controle do broncoespasmo, desde que se disponha de um aparelho com os recursos da pressão suporte ou da pressão controlada. Deverá ser mantido um nível fixo de pressão de suporte ou pressão controlada, monitorado o volume corrente expiratório obtido com o aumento da PEEP de 2 em  $2\text{cmH}_2\text{O}$ . Deve-se observar os níveis de volume corrente obtido: se houver um aumento do volume corrente é porque está havendo melhora do quadro clínico, possivelmente por broncodilatação mecânica conseqüente à PEEP. É importante manter o nível de PEEP com a qual se obteve o melhor volume corrente. Se houver diminuição do volume corrente ao se tentar aumentar os níveis de PEEP é porque está havendo uma hiperinsuflação, devendo-se retornar aos níveis anteriores. Foi demonstrado ainda que, em alguns pacientes, pode ser recomendada a utilização da inversão da relação inspiratória/expiratória, principalmente naqueles que necessitam de nível de PEEP maior que  $20\text{cmH}_2\text{O}$  para obtenção de broncodilatação. Entretanto, esta manobra só deve ser tentada quando se dispuser de adequada monitoração respiratória e domínio completo da técnica.

4. Como medidas de exceção, considerar sempre a possibilidade de ventilação com mistura de gases halogenados (halotano ou isoflurano), em vista de suas propriedades broncodilatadoras e anestésicas, ou de ventilação com mistura  $O_2$ /hélio, capaz de diminuir as pressões resistivas das vias aéreas.

5. Evitar a aspiração freqüente de secreções, uma vez que isto costuma desencadear piora do broncoespasmo em certos pacientes. A aspiração de secreções e as manobras fisioterápicas de higiene brônquica devem ser realizadas em pacientes com grande quantidade de secreção ou secreção espessa e aderente, que pode estar contribuindo para a obstrução das vias aéreas.

6. Fibrobroncoscopia e lavado broncoalveolar em cada segmento pulmonar, separadamente, com alíquotas de 50 mL de soro fisiológico morno, deve ocorrer nos pacientes com grande componente de obstrução das vias aéreas, devido a rolhas aderentes de

secreção, as quais foram refratárias às manobras de higienização brônquica anteriormente descritas.

7. Deve-se evitar a instilação de água destilada na cânula. Utilizar sempre solução fisiológica.

8. Nos casos refratários a todas as medidas descritas anteriormente ainda poderá ser tentada a ventilação com pressão positiva de baixa freqüência (uma a quatro ventilações por minuto), que permite repouso e esvaziamento pulmonar adequado em pulmões muito hiperinsuflados, associada à circulação extracorpórea veno-venosa com retirada de  $CO_2$ , para manter o  $CO_2$  em níveis adequados. Assim que for controlada a crise, a circulação extracorpórea poderá ser retirada, e o paciente retornará ao método ventilatório anteriormente descrito.

Após a melhora inicial do paciente, deve-se permitir a retomada gradual da ventilação assistida, devendo-se considerar a manutenção de sedação com benzodiazepínicos para impedir que o paciente retome uma freqüência respiratória elevada, e aumentar a PEEP intrínseca.

### Desmame

O desmame do paciente asmático do ventilador mecânico deve ser iniciado assim que a resistência das vias aéreas atingir taxas razoáveis (menor do que  $20\text{cmH}_2\text{O/L/s}$ ; normal: igual 2 a  $4\text{cmH}_2\text{O/L/s}$ ). Deve ser retirada a curarização do paciente, permitindo que assuma progressivamente o comando da respiração. Deve-se preferir os modos assistidos de ventilação, que possibilitam altos fluxos inspiratórios e baixos níveis de trabalho muscular respiratório, como a pressão de suporte. Inicialmente, a pressão de suporte deve ser ajustada em níveis suficientes, geralmente ao redor de  $20\text{cmH}_2\text{O}$ , para manter um volume corrente e uma freqüência respiratória adequados. Usualmente, volume corrente  $> 350\text{mL}$  e freqüência respiratória menor do que 28/min. É recomendado observar se o paciente não está utilizando a musculatura cervical acessória, palpando-se o esternocleidomastóideo. A seguir, retira-se progressivamente a sedação e, assim que o volume corrente e a freqüência respiratória estiverem adequados, com níveis de pressão de suporte entre 5 e  $7\text{cmH}_2\text{O}$  (níveis utilizados para ajudar o paciente a respirar contra a resistência do tubo orotraqueal e circuito do aparelho) e PEEP de 3 a  $5\text{cmH}_2\text{O}$  (para fazer o papel da glote) ou, então, no tubo T, o paciente poderá ser extubado. O paciente asmático deverá ser retirado do ventilador mecânico

o mais precocemente possível, ou seja, assim que a crise de asma estiver revertida, pois a própria presença do tubo orotraqueal pode atuar como fator irritante das vias aéreas.

Após a extubação, o paciente deverá ser mantido com máscara de oxigênio e inalação periódica com beta-2-agonista e corticoterapia endovenosa até o controle adequado do quadro de obstrução.

**Tabela 12.6 - Desmame do paciente asmático do ventilador mecânico.**

FIO <sub>2</sub> menor ou igual a 40%
PEEP menor ou igual a 5cmH <sub>2</sub> O
pH > 7,3 e < 7,6
Broncoespasmo controlado
Resistência das vias aéreas menor do que 20 cmH <sub>2</sub> O/L/s
Retirar curarização e depois a sedação
Desmame em PSV ou tubo T
Manter com máscara de Venturi, inalação com beta-2-agonista e corticosteroide endovenoso pós-extubação

## 8. Suporte Ventilatório na DPOC

### Coordenadores

João Cláudio Silva R. Emmerich  
Sérgio Jezler

### Relator colaborador

André Guanaes

### Discutidores

Carlos Roberto Ribeiro de Carvalho  
Palmireno Ferreira  
Hélio Ribeiro de Siqueira  
Sérgio Rogério Lopes Vicêncio

### Indicações

De forma geral, o paciente com episódio de agudização e sinais de insuficiência respiratória aguda (PaCO<sub>2</sub> < 55 mmHg, PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg e pH < 7,35) é potencialmente candidato a ser internado num serviço de terapia intensiva para ser agilizado o tratamento conservador, para serem monitorizadas as suas funções vitais, os seus gases sanguíneos e, em algumas situações especiais, para ser submetido ao suporte ventilatório não-invasivo (SVNI).

Todos os pacientes que se apresentam em surto de agudização da DPOC, que não apresentam resposta satisfatória às medidas terapêuticas iniciais nem sinais clínicos e gasimétricos de necessidade imediata de intubação traqueal, são potencialmente candidatos a alguma forma de SVNI, na tentativa de se evitar o suporte ventilatório invasivo (SVI) e suas complicações.

As condições ideais para a utilização da SVNI são as de que os pacientes estejam alerta, cooperativos, interativos, com reflexos protetores e estabilidade hemodinâmica.

A decisão de se proceder à intubação traqueal reflete o insucesso do tratamento conservador, da tentativa de instituição do SVNI e um curso clínico de alta gravidade, estando apoiada nos seguintes fatos:

- diminuição progressiva do nível de consciência, com perda dos reflexos protetores das vias aéreas, em especial tossir e expectorar.

- incapacidade de cooperação com o tratamento clássico;

- sinais objetivos de fadiga e exaustão muscular que podem evoluir para PCR;

- acidemia grave, com pH ≤ 7,25 e PaCO<sub>2</sub> muito elevada, causando arritmias cardíacas, instabilidade hemodinâmica e edema cerebral.

### Aplicação do suporte ventilatório

#### Suporte ventilatório não-invasivo (SVNI)

Nos últimos anos, a maioria dos trabalhos publicados na literatura mundial tem descrito efeitos benéficos do SVNI em pacientes com DPOC agudizada, traduzidos por:

- melhores trocas gasosas;
- diminuição da sensação de dispnéia;
- menor trabalho muscular respiratório;
- menor necessidade de intubação traqueal e utilização do suporte ventilatório invasivo.

Na prática diária, são utilizadas com maior frequência a pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) e/ou ventilação com suporte pressórico (PSV), de preferência com ventilador microprocessado.

Nos pacientes com suspeita de presença de hiperinsuflação dinâmica (auto-PEEP), sugerimos, quando possível, a utilização de CPAP antes da intubação traqueal.

Devido à dificuldade de se medir rotineiramente a auto-PEEP em pacientes com respiração espontânea, o valor ideal de CPAP que permite a redução da hiperinsuflação dinâmica é aquele que proporciona a melhor resposta terapêutica (baseada na redução da dispnéia, fR e acidose respiratória), com titulação a partir de 3 a 5 cmH<sub>2</sub>O.

A PSV deve ser ajustada em níveis que determinem volume corrente de 7 ml/kg.

A FIO<sub>2</sub> deve ser suficiente para que se mantenha uma SaO<sub>2</sub> > 95%.

Devemos considerar como indicador de sucesso do SVNI a melhora do padrão ventilatório, da PaCO<sub>2</sub> e da SaO<sub>2</sub> após 45-60 minutos.

O desmame do SVNI deve ser conduzido de maneira cautelosa. Iniciamos pela redução dos níveis de PSV até aquele de CPAP, que deverá ser suspenso após um período de 120 minutos sem sinais de deterioração clínica. Caso contrário, devemos retornar aos níveis prévios de pressão de suporte, somente reiniciando o processo 24-36 horas depois.

O SVNI pode, também, ser utilizado como forma de suporte pós-extubação ou como método auxiliar no processo de desmame na VMI.

A ventilação assistida ciclada a volume (VCV) pode ser utilizada alternativamente com VT de 10 ml/kg e taxa de fluxo inspiratório de 50-60 l/min.

Problemas como aerofagia, retenção cápnica de vulto, distensão abdominal, vômitos, broncoaspiração, lesões compressivas de face e inaptações do paciente são inerentes ao método e podem limitar sua utilização.

É o quarto estado da matéria procedendo à inativação rápida de microrganismos e remoção de resíduos prejudiciais. É indicado para a esterilização de instrumentos sensíveis ao calor e à umidade. O tempo total necessário para este processo é ligeiramente superior a uma hora.

### **Limpeza do ventilador**

Em relação ao aparelho propriamente dito, este deve sofrer limpeza diária com água e sabão ou fricção com álcool a 70% por 30 segundos ou de acordo com a orientação do fabricante. Devemos, também, lembrar que a enfermagem deve estar atenta a qualquer tipo de pane ou disfunções do aparelho, visto que podem proporcionar sérias complicações para o paciente.

### **Assistência de enfermagem em ventilação mecânica invasiva**

A equipe de enfermagem, ao prestar assistência ao paciente sob ventilação mecânica, deve sempre ter presente que este é o elemento mais importante na situação assistencial e que todos os membros da equipe devem trabalhar de forma eficiente e integrada. A atuação da enfermagem na ventilação mecânica é intensa, extensa

e complexa. Na tentativa de se propor um eixo norteador da prática de enfermagem na ventilação mecânica, é importante que a enfermagem saiba relacionar e executar os cuidados descritos a seguir:

- Vigilância constante
- Controle de sinais e monitorização cardiovascular
- Observação dos sinais neurológicos
- Aspiração de secreções pulmonares
- Observação dos sinais de hiperinsuflação
- Higiene oral, troca de fixação do TOT/TQT, mobilização do TOT
- Controle da pressão do balonete
- Monitorização do balanço hidroeletrólítico e peso corporal
- Controle nutricional
- Umidificação e aquecimento do gás inalado
- Observação do circuito do ventilador
- Observação dos alarmes do ventilador
- Nível de sedação do paciente e de bloqueio neuromuscular
- Observação do sincronismo entre o paciente e a máquina
- Orientação de exercícios
- Preenchimento dos formulários de controle
- Apoio emocional ao paciente
- Controle de infecção
- Desmame

### **Vigilância constante**

O paciente nunca deve ser deixado sozinho e deve estar localizado de forma a ser visualizado continuamente, pois alterações súbitas podem ocorrer, levando à necessidade de ser reavaliada a modalidade respiratória à qual o mesmo está sendo submetido. A vigilância contínua inclui a necessidade de observação globalizada constante e rápida, por parte de toda a equipe, observando-se os seguintes aspectos:

- Nível de consciência
- Coloração da pele
- Grau de distensão de veias das regiões cervical e supraclaviculares
- Padrão respiratório: expansão torácica, simetria, uso de musculatura acessória
- Batimentos de asa de nariz
- Avaliação abdominal: ausculta, palpação, percussão e movimentação
- Sinais vitais
- Eliminações: vômitos, diurese, evacuações, drenagens por sondas, sudorese

- Pressão venosa central (PVC)
- Sinais de retenção hídrica
- Circuitos respiratórios: posicionamento, escape de ar, acotovelamento e tracionamento do circuito
- Avaliação dos sinais vitais e monitorização cardiovascular

### Controle de sinais vitais e monitorização cardiovascular

Os dados vitais refletem o estado geral do paciente, e qualquer anormalidade na ventilação mecânica refletirá nas suas funções básicas, como frequência respiratória, temperatura, pressão arterial, pulso, pressão intracraniana e pressão arterial média, que devem ser periodicamente controladas pela enfermagem.

Pacientes sob ventilação mecânica com altas pressões terão as pressões intratorácica e intracardíaca elevadas durante a inspiração, refletindo, desta forma, na pressão venosa central (PVC), na pressão arterial pulmonar (PAP) e no débito cardíaco (DC).

Para a verificação da PVC nos pacientes que se encontram sob ventilação mecânica, não é necessária a desconexão do circuito nem a alteração do ângulo da cabeceira, pois os parâmetros sofrem mínima alteração nos resultados, desde que tenha sido usado este critério no momento da instalação da coluna da PVC em relação ao ponto zero. Esta orientação deve ser uniforme para todos os horários de verificação.

Dentre as alterações relacionadas às conseqüências da ventilação poderiam ser citados a bradicardia associada ao baixo débito cardíaco (que pode indicar fluxo inadequado nas coronárias) e o aumento da frequência respiratória (que pode indicar hipoxemia).

A ventilação inadequada ou a presença de hipoxemia pode desencadear, no paciente, desorientação, hipertensão ou hipotensão e arritmias, principalmente taquicardia ou bradicardia repetitivas.

A enfermagem deve ser capaz de reconhecer e diferenciar os sinais e sintomas de hipoxemia e a manifestação de angústia respiratória. Na hipoxemia, especialmente em se tratando de insuficiência aguda, observam-se cianose, bradicardia e hipotensão arterial; na angústia respiratória, sudorese, taquicardia, hipertensão, agitação, com o paciente "competindo" com o ventilador.

### Monitorização de trocas gasosas e padrão respiratório

Compete ao enfermeiro:

- observar o padrão respiratório do paciente, a

expansão e as deformidades na parede torácica, na tentativa de detectar precocemente situações como pneumotórax e barotrauma, entre outras patologias que diminuem a expansibilidade torácica;

- observar e controlar a dor torácica, pois esta pode provocar hipoventilação e diminuição da expansão pulmonar, levando à hipóxia;

- monitorizar as trocas gasosas através da gasometria arterial e da capnografia e oximetria de pulso.

Na capnografia:

- monitorizar valores de  $PetCO_2$  de 25 a 30 mmHg, pois valores maiores sugerem insuficiência de troca gasosa;

- evitar obstrução do capilar do capnógrafo por muco de condensação, pois com isto ocorre tempo de resposta mais longo, indicando valores baixos de  $PetCO_2$ ;

- evitar condensação de vapor de água no circuito do ventilador para que as leituras não sejam falsamente elevadas;

- manter o sensor próximo ao tubo orotraqueal;

- calibrar o equipamento de 12 em 12 horas, para maior fidedignidade da leitura.

Na oximetria de pulso:

- monitorizar constantemente a saturação de oxigênio que deve ser mantida igual a (ou maior do que) 95%;

- escolher o local adequado de acordo com o tipo do sensor (digital ou auricular);

- manter oximetria fidedigna, observando as condições que podem interferir na leitura: sensor em local inadequado, luminosidade, movimentação ou tremores do paciente, vasoconstrição, hipotermia, uso de esmalte, hiperbilirrubinemia, hiperpigmentação da pele do paciente, hipotensão;

- observar constantemente se o sensor está conectado ao paciente;

- avaliar o grau de perfusão periférica (cianose), descrevendo se leve, moderada ou intensa;

- realizar o rodízio do local do sensor;

- observar sinais vitais, pois taquicardia e taquipnéia são parâmetros indicativos de hipóxia;

- proceder à ausculta pulmonar, observando ruídos adventícios.

Em razão da não-ventilação dos pulmões, a conduta de emergência recomendada é a pronta desconexão do paciente do ventilador e a instalação da ventilação manual com ressuscitador, desde que não seja em decorrência de alteração da complacência pulmonar ou por aumento na resistência de vias aéreas.

### Observação dos sinais neurológicos

A evolução do nível de consciência, os sinais oculares como miose, midríase, fotomotricidade e simetria, o reflexo córneo-palpebral, as respostas neuromusculares aos estímulos dolorosos, os reflexos da tosse e os movimentos respiratórios devem ser constantes e criteriosamente observados.

As alterações do nível de consciência, tais como agitação, inquietação ou depressão, podem ser sinais de hipoventilação provocada pela retenção de gás carbônico e diminuição da perfusão cerebral relacionada com o aumento da pressão intratorácica.

### Aspiração de secreções pulmonares

A obstrução das vias aéreas por aumento de secreções estimula a tosse, gerando pressão intrapulmonar aumentada, à qual se apoiará a pressão preestabelecida do ventilador, diminuindo o volume corrente.

Início: após atendidas as condições de estabilidade clínica e as condições hemodinâmicas, funcionais respiratórias, gasométricas e eletrolíticas.

Opção favorável à utilização do PSV de forma isolada ou associada à CPAP. O desmame com técnica do tubo em T também pode ser usado, visto que ainda não há consenso quanto à superioridade entre as técnicas (ver subcapítulo de Desmame).

## 9. Papel da Enfermagem na Assistência ao Paciente em Ventilação Mecânica

### Coordenadoras

Elane Passos  
Vânia Gislene Castilho

### Relatadora colaboradora

Elane Passos

### Discutidoras

Ana Teresa Mendonça Nolêto  
Eliana Brito

Kathiane Silva de Andrade  
Ligia Márcia Contrin Minto  
Rosângela Louissette Conceição  
Andréa Canuto  
Elvira Cavalcante de Souza  
Jacinta Alves da Rocha  
Jane Mary Rosa Azevedo  
Jumara Coutrin  
Lolita Dopico  
Margareth Brito Trabuco  
Sayonara de Fátima F. Barbosa

A ventilação mecânica é uma forma de tratamento ventilatório artificial utilizada em unidades de cuidados intensivos para promover a oxigenação e a ventilação do paciente portador de insuficiência respiratória de qualquer etiologia, pelo tempo que for necessário para a reversão do quadro.

O uso clínico de ventiladores mecânicos iniciou-se com os ventiladores a pressão negativa. Posteriormente, as dificuldades de ventilar pacientes críticos, a necessidade de proporcionar um sistema mais seguro e mais flexível na ventilação mecânica, que permitisse, inclusive, uma interface maior com o paciente e suas necessidades, levaram ao desenvolvimento de aparelhos mais sofisticados, como os aparelhos a pressão positiva.

A partir de 1980, houve a introdução da nova geração de ventiladores mecânicos, cujas unidades são controladas por microprocessadores. Estas unidades permitem uma grande diversidade na metodologia do fornecimento de gases e proporcionam extensa capacidade de monitorização paciente/equipamento.

A ventilação mecânica é um procedimento usual em terapia intensiva e a abordagem adequada dos métodos ventilatórios é fundamental para a recuperação de pacientes críticos. A utilização de protocolos visando à manutenção do rigor técnico no controle das rotinas relacionadas à técnica pode, sem dúvida, atuar na prevenção das complicações, na diminuição dos custos e no sucesso do desmame.

### Principais complicações relacionadas ao uso de ventiladores mecânicos

Apesar dos inúmeros benefícios, a utilização de ventilação mecânica pode acarretar complicações. A instituição de ventilação mecânica em qualquer paciente altera a mecânica pulmonar e a função respiratória, podendo, além de afetar outros órgãos, causar grande morbidade ou mortalidade.

Buscando-se prevenir complicações e acidentes, os profissionais devem conhecer os aspectos anatômicos

fundamentais das estruturas envolvidas, a fisiologia de tais estruturas e as alterações patológicas.

Entre as principais complicações e intercorrências, destacam-se as seguintes:

### **Diminuição do débito cardíaco**

A ventilação mecânica sob pressão positiva aumenta a pressão intratorácica média e, desta forma, reduz o retorno venoso e a pré-carga ventricular direita, principalmente com a utilização da PEEP. A distensão pulmonar, pela ventilação mecânica, associada ou não à PEEP, também aumenta a resistência vascular pulmonar (RVP). Ressalte-se que ambos os efeitos diminuem o débito cardíaco, principalmente em pacientes hipovolêmicos.

### **Alcalose respiratória aguda**

É uma das ocorrências mais comuns. Pode prejudicar a perfusão cerebral, predispor à arritmia cardíaca, além de ser razão freqüente para insucesso do desmame. Comumente secundária à dispnéia, dor ou agitação, a hiperventilação alveolar também pode resultar de uma regulação inadequada do ventilador e ser corrigida por ajustes da freqüência respiratória, do volume corrente, de acordo com as necessidades do paciente.

### **Elevação da pressão intracraniana**

A ventilação com pressão positiva na presença de pressão intracraniana (PIC) elevada pode prejudicar o fluxo sanguíneo cerebral, principalmente quando se utilizam altos níveis de PEEP, devido à diminuição do retorno venoso do território cerebral e o conseqüente aumento da PIC.

### **Meteorismo (distensão gástrica maciça)**

Pacientes sob ventilação mecânica, principalmente aqueles com baixa complacência pulmão-tórax, podem desenvolver distensão gasosa gástrica e/ou intestinal. Isto, presumivelmente, ocorre quando o vazamento do gás ao redor do tubo endotraqueal ultrapassa a resistência do esfíncter esofágico inferior. Este problema pode ser resolvido ou aliviado pela introdução de uma sonda nasogástrica ou ajustando-se a pressão do balonete.

### **Pneumonia**

O desenvolvimento da pneumonia associada à ventilação mecânica requer uma fonte de microrganismos

infectantes, geralmente os bacilos Gram-negativos, e a transmissão destes microrganismos para os hospedeiros. Nos hospedeiros, os microrganismos colonizam as vias respiratórias superiores gastrointestinais, inferiores ou ambas. Sabe-se que estes microrganismos penetram nas vias respiratórias inferiores em conseqüência da aspiração de pequenas quantidades de conteúdo hipofaríngeo.

Uma epidemia de pneumonia nosocomial acompanhou o surgimento da ventilação mecânica. Constatou-se que esta situação deveu-se primariamente aos nebulizadores contaminados por flora polimicrobiana, e que os bacilos Gram-negativos eram geralmente os predominantes. O reconhecimento do problema, a implementação de rotinas de troca e cuidados com os circuitos e nebulizadores, além da adequada desinfecção de alto nível ou esterilização dos mesmos, diminuíram a incidência de tal complicação.

A maioria dos ventiladores atuais de UTI utiliza umidificadores que não aerossolizam bactérias, ao contrário dos nebulizadores. Entretanto, os nebulizadores de pequeno volume, utilizados para a administração de broncodilatadores ou outras medicações, podem ser fontes de infecção quando não são manuseados, esterilizados ou trocados adequadamente.

O condensado que se acumula no circuito expiratório é contaminado por microrganismos das vias respiratórias do paciente e, se não for manuseado adequadamente, pode servir como fonte de infecção nosocomial. Outra importante fonte de disseminação infecciosa, na unidade de terapia intensiva, são as mãos dos médicos, enfermeiras e outras pessoas da equipe de saúde; esta fonte pode ser bastante reduzida pelo hábito de lavar as mãos e pela utilização adequada de luvas.

### **Atelectasia**

As causas de atelectasias relacionadas à ventilação mecânica estão associadas à intubação seletiva, presença de rolhas de secreção no tubo traqueal ou nas vias aéreas e hipoventilação alveolar.

### **Barotrauma**

As situações como pneumotórax, pneumomediastino e enfisema subcutâneo traduzem a situação de ar extra-alveolar. A existência de pressões ou de volumes correntes muito elevados foi correlacionada ao barotrauma nos pacientes em ventilação mecânica.

## Fístula broncopleurale

O escape broncopleurale persistente de ar, ou fístula broncopleurale (FBP), durante a ventilação mecânica, pode ser conseqüente à ruptura alveolar espontânea ou à laceração direta da pleura visceral. A colocação de um sistema de sucção conectado ao dreno de tórax aumenta o gradiente de pressão através do sistema e pode prolongar o vazamento, principalmente se o pulmão não se expandir completamente.

É desconhecida a freqüência de desenvolvimento de FBP como complicação direta da ventilação mecânica.

Um estudo demonstrando a heterogeneidade do padrão de comprometimento pulmonar na síndrome da angústia respiratória do adulto (SARA) reforça a antiga noção de que o barotrauma pode ser mais uma manifestação da doença do que de seu tratamento, principalmente quando ocorre tardiamente na evolução da síndrome e quando existe sepse associada.

## Complicações relacionadas com o uso de tubos orotraqueais (TOT) ou de traqueostomias (TQT) Extubação acidental

Além da má fixação do tubo, outros fatores que levam à extubação acidental são os quadros de agitação psicomotora e as mudanças de decúbito. Verifica-se que os pacientes com intubação orotraqueal serão os mais propensos à extubação acidental.

## Lesões de pele e/ou lábios

Estas ulcerações ocorrem devido ao modo de fixação do tubo, ao tipo de material utilizado (esparadrapos) e à falta de mobilização da cânula em intervalos de tempos regulares.

## Lesões traqueais

Estas lesões podem ser provocadas por fatores como a alta pressão do cuff ou o tracionamento dos TOT ou TQT. Pressões elevadas do balonete levam à diminuição de atividade do epitélio ciliado, isquemia, necrose até fístulas traqueais.

## Equipamentos de assistência ventilatória

Embora a maior parte da assistência de enfermagem esteja centrada no cuidado direto ao paciente, vale ressaltar que também é de responsabilidade desta equipe o cuidado com os materiais utilizados nos circuitos respiratórios.

Este cuidado engloba a desinfecção dos mesmos, pois a intubação e a ventilação mecânica aumentam ainda mais o risco de infecção, por agredirem as defesas de primeira linha do paciente. A seguir, as rotinas preconizadas pelo Center for Disease Control and Prevention (CDC) e as do Ministério da Saúde para o controle de infecção hospitalar, no que se refere a limpeza, desinfecção e esterilização destes equipamentos:

- proceder ao máximo desmonte do circuito, de forma que a maioria dos seus componentes possa ser submersa em água e detergente enzimático, permitindo limpeza mecânica adequada. Deixar estes materiais nesta solução para a retirada da matéria orgânica existente, de acordo com a indicação do fabricante, inclusive no que diz respeito à troca da solução e ao tempo de exposição indicado;

- fazer escovação manual ou através de máquina automática de lavar, em central de material, para remover resíduos das superfícies internas e externas das diferentes partes;

- enxaguá-los com água corrente, secá-los com compressa limpa;

- encaminhá-los para processamento de desinfecção ou esterilização de acordo com as rotinas da instituição.

## Desinfecção de alto nível por meio químico líquido

Glutaraldeído a 2%:

Indicado para artigos semicríticos e críticos termossensíveis. A solução germicida deve ser colocada em recipiente plástico opaco.

O tempo de exposição é de 30 minutos.

O enxágüe deve ser com água estéril para prevenir contaminação com microrganismos resistentes que existem na água.

A secagem dos artigos submetidos ao processo deve ser realizada com compressa limpa e seca ou ar comprimido. O material deve ser acondicionado em invólucro de papel grau cirúrgico ou em recipientes limpos, desinfetados, secos e fechados.

## Desinfecção por meio físico líquido

Máquinas automáticas com água quente (sanitadoras) a 60-90°C.

Indicada para descontaminação e desinfecção de artigos críticos.

Recomendações de uso:

- conforme recomendado pelo fabricante;

- validade do processamento conforme orientação do fabricante.

### Esterilização por meio químico líquido

Glutaraldeído a 2%:

- O processo é o mesmo já descrito anteriormente, porém o que varia, neste caso, é o tempo de exposição do material em solução, que passa a ser de oito a 10 horas, dependendo do produto utilizado.

### Esterilização por meio físico

Autoclaves.

Submeter o artigo a máquina esterilizadora.

Observar e registrar temperatura e pressão.

Monitorar tempo de exposição conforme orientação do fabricante, se esterilização por gravidade, por alto vácuo ou vácuo e vapor.

### Esterilização por meio químico gasoso

Óxido de Etileno

É o éter mais simples, com alta reatividade, que apresenta-se como gás incolor.

Utilizado para esterilização de artigos termossensíveis (portaria interministerial - Ministério da Saúde e do Trabalho nº 4, Diário Oficial, 31/7/91, Brasília).

Plasma de Peróxido de Hidrogênio - STERRAD

Portanto, a enfermagem deve:

- aspirar secreções sempre que necessário, utilizando técnica asséptica, acompanhada pela oximetria de pulso, respeitando o tempo de aspiração, a escolha do calibre da sonda, a seqüência no ato de aspirar e a oxigenação prévia a 100%, de acordo com o protocolo de cada serviço;

- proceder à ausculta pulmonar antes e após aspiração;

- investigar áreas de resistência ou obstrução do tubo endotraqueal;

- caso a obstrução seja devida ao acúmulo de secreções, tentar desobstruir injetando água destilada estéril/soro fisiológico de acordo com protocolo do serviço e aspirar em seguida;

- observar e registrar: características da secreção: tipo, cor e odor pois são elementos indicativos de infecção pulmonar ou fístula traqueoesofágica; secreção espessa em grande quantidade quase sempre indica má aspiração e má umidificação.

Em pacientes neonatais, o tempo da aspiração não deverá ultrapassar 10 segundos. A aspiração prolongada causando oclusão do tubo traqueal é uma das causas de barotrauma. É preferível fazer aspiração de curta duração,

observando sempre o nível de saturação pelo oxímetro de pulso. Vale salientar que, quanto mais próximo o sensor do oxímetro estiver da área pulmonar, mais fidedigna será a leitura.

Os neonatos em uso de pronga nasal deverão ser submetidos periodicamente (a cada duas horas) a instilação com soro fisiológico e, logo após, à aspiração das narinas, para que as mesmas estejam sempre desobstruídas.

Obs.: Existem dois sistemas de aspiração, sendo um aberto e outro fechado. No sistema aberto, são utilizadas sondas flexíveis, tipo nelaton ou tubo de PVC siliconizado. No sistema fechado são utilizadas sondas mais rígidas e longas. Estudos comparando os dois sistemas, apesar do pequeno número de pacientes envolvidos até hoje, não demonstram diferença em relação ao nível de contaminação do cateter e/ou pneumonia.

### Observar sinais de hiperinsuflação

Observar programação do ventilador quanto ao volume corrente predeterminado. Observar a quantidade de oxigênio oferecida (FIO<sub>2</sub>).

### Higiene oral, fixação, mobilização do TOT e troca do TQT

A higiene oral deve ser realizada de quatro em quatro horas com solução anti-séptica.

A troca do posicionamento e a fixação do TOT implicam, preferencialmente, a presença de dois profissionais, com a finalidade de evitar o risco de extubação acidental ou de mobilização do TOT da posição correta, que pode provocar intubação seletiva.

A troca da fixação faz-se necessária, tendo em vista a limpeza e a prevenção de escara na rima bucal e região auricular. Deve ser feita diariamente e sempre que necessário.

A fixação do TOT deve ser preferencialmente centralizada, pois, desta forma, diminui o risco de erosão da comissura labial.

A troca da posição do TOT deve ser feita, no mínimo, a cada 12 horas, evitando-se, assim, lesões em língua e lábios.

É interessante marcar a altura do TOT ao nível da comissura labial, reposicionando-o, se necessário.

Evitar tracionamento do TOT/TQT para que não ocorram lesões traqueais com a mobilização do balão cuff insuflado.

Evitar manipulação excessiva da cabeça, atentar para reflexo exacerbado da deglutição, tosse e agitação psicomotora.

Em caso de TQT, realizar palpação em região cervical e torácica, pois, nas primeiras 48 a 72 horas, pode haver formação de enfisema subcutâneo, hemorragias e lesões cervicais pela fixação inadequada.

Não se recomenda a troca periódica do TQT, exceto na existência de problemas mecânicos que possam interferir na ventilação.

Nos pacientes neonatais, o tubo traqueal deverá ser introduzido, sempre que possível, por via nasal, pois isto facilita a fixação. Esta fixação deverá ser trocada diariamente pelo enfermeiro ou quando se fizer necessário, anotando o número correspondente do tubo em relação à asa do nariz e colocando esta numeração de forma visível no leito do paciente. Quando for processada a fixação, deve-se proteger a pele do paciente com tintura de benjoim e colocar fita hipoalergênica antes de fixar o tubo com esparadrapo comum, pois evita-se, assim, a escarificação da pele ao retirá-lo, evitando também mais uma porta de entrada aos microrganismos. O tubo deverá ser ajustado confortavelmente dentro da narina, sem que haja pressão excessiva sobre a asa do nariz para evitar necrose.

### Controle de pressão do balonete

Um dos mais importantes riscos da intubação traqueal prolongada é a lesão da laringe e da traquéia. O balonete insuflado pode acarretar necrose da mesma ou, ainda, fístula traqueoesofágica. Na tentativa de minimizar esta ocorrência, algumas medidas podem ser tomadas pela enfermagem, tais como:

- insuflar o balonete com volume de ar suficiente para impedir escape de ar e movimentação do tubo na traquéia. A insuflação do cuff deve ser verificada, no mínimo, a cada 12 horas. Em casos de escape de ar, o balonete pode estar danificado ou furado, devendo ser providenciada imediatamente a troca do mesmo;

- manter e conferir a pressão no interior do balonete, que deve ser inferior a 25 mmHg;

- atentar para sinais e sintomas de extubação inadvertida, que incluem: vocalização, disparo do alarme de pressão baixa, alterações na ausculta respiratória e distensão gástrica;

- atentar continuamente para sinais e sintomas de tubo traqueal mal posicionado, que incluem: dispnéia, desvio da traquéia, agitação, mudanças unilaterais na ausculta, esforço respiratório aumentado, expansão torácica assimétrica e evidência radiológica da extremidade distal

do tubo endotraqueal a menos de 2 cm ou a mais de 8 cm acima da carina.

### Monitorização do balanço hidroeletrólítico e peso corporal

Na tentativa de estabelecer um controle, é importante pesar o paciente sempre que possível. O peso é demonstrativo do balanço hídrico do paciente. É comum encontrar ganho de peso no paciente em ventilação mecânica.

Deve-se estar atento aos níveis de potássio, cálcio, magnésio, sódio e fósforo, pois estes eletrólitos influenciam diretamente na estabilidade hemodinâmica e na força da musculatura respiratória.

### Controle do nível nutricional

Como a ingestão nutricional está limitada pela intubação, atenção extra deve ser dada a ela para garantir uma nutrição enteral e parenteral adequada. A associação entre o estado nutricional e a função pulmonar está bem estabelecida, na medida em que a nutrição inadequada diminui a massa muscular do diafragma, reduzindo o desempenho da função pulmonar e aumentando os requisitos de ventilação mecânica.

À enfermagem cabe:

- manter a cabeceira elevada a 45° (graus), se não houver contra-indicação;

- obedecer rigorosamente aos horários de administração das dietas, garantindo a sua ingestão de forma adequada;

- cuidados especiais aos balonetes das cânulas devem ser observados neste momento, certificando-se da insuflação dos mesmos durante a administração das dietas.

### Umidificação e aquecimento do gás inalado

Gás seco é altamente prejudicial para as vias aéreas, pois causa ressecamento e inflamação da mucosa.

Nos ventiladores que usam água, a água dos umidificadores deverá ser trocada diariamente, e sempre que for preciso para manter o nível adequado. É importante ressaltar que o nível da água não deve ser complementado, e sim completamente substituído. A água dos ventiladores pode tornar-se um meio de cultura para microrganismos resistentes. A adequação do nível da água no umidificador é necessária para não ocorrer ressecamento ou hiperidratação das secreções.

Deve-se estar atento à temperatura de aquecedores e alarmes. A temperatura do vapor úmido, ao chegar à cânula, deve ser em torno de 30-32°C, pois é a temperatura fisiológica protetora da mucosa ciliada e de outras estruturas.

No caso de utilização de filtros de barreira, a escolha é feita com base no peso corporal do paciente e no tipo de secreção, estando contra-indicado para o caso de secreção espessa e hipersecreção. Estes filtros devem ser trocados a cada 24 horas e sempre que necessário.

### Observação do circuito do ventilador

À enfermagem cabe:

- esvaziar a água condensada no circuito, sempre que necessário; ela aumenta a resistência, a PEEP e a contaminação;
- evitar adaptações nos circuitos; elas podem promover o escape aéreo, o que sugere inadequação na quantidade e no fluxo oferecido ao paciente, causando hipoventilação;
- trocar os circuitos dos ventiladores sempre que necessário.

(Consultar o subcapítulo de Complicações Infecciosas.)

### Observação dos alarmes do ventilador

Para avaliação e conduta adequadas, nos casos de disfunção do ventilador é importante determinar o motivo do disparo dos vários alarmes existentes nos ventiladores mecânicos, bem como conhecer os parâmetros utilizados.

### Nível de sedação do paciente e utilização de bloqueadores neuromusculares

Os pacientes em uso de ventilação mecânica geralmente utilizam bloqueadores neuromusculares e sedativos, e a enfermagem deve:

- observar e controlar o fluxo da droga prescrita;
- avaliar a eficácia da terapêutica implementada (evidenciada por um sincronismo paciente x ventilador);
- atentar para possíveis efeitos colaterais, tais como tremores, taquicardia e hipertensão ou hipotensão arterial.

### Observação do sincronismo entre o paciente e a máquina

A falta de sincronismo pode ocorrer em algumas situações, como o paciente ventilado em modo controlado ou assistido sem uma adequada sedação.

Erro de programação de fluxo no aparelho.

### Orientação de exercícios

Orientar a execução de movimentos no leito.

Realizar mudança de decúbito, propiciando melhor ventilação alveolar e facilitando as trocas gasosas.

### Comunicação e apoio emocional ao paciente

É muito importante que seja estabelecida uma comunicação efetiva entre a equipe de enfermagem e o paciente. O mesmo deve ser esclarecido quanto a todas as dúvidas que possam surgir, inclusive as relacionadas à sua localização no tempo e no espaço; além disso, deve ser explicada, sempre que possível, a função dos equipamentos de monitorização, do tubo orotraqueal (TOT) e do ventilador. Isto é extremamente importante, pois os pacientes mais orientados tendem a ser mais colaborativos, o que influencia a sua adaptação à ventilação mecânica.

Deve ser permitido ao paciente expressar-se, através de gestos ou da escrita. Para isto, a equipe deve prover meios alternativos de comunicação, seja com o uso de gestos, cartões ou lápis e papel.

O profissional da equipe de enfermagem deve transmitir conforto e segurança ao paciente, comunicando-se com ele, mesmo se ele estiver inconsciente.

### Controle de infecção no paciente em ventilação mecânica

O paciente entubado perde suas barreiras naturais de defesa das vias aéreas superiores. Além disso, a equipe de saúde, através das suas mãos e do equipamento respiratório, constitui a maior fonte de contaminação exógena.

Cuidados de enfermagem:

- lavar as mãos;
- utilizar corretamente as precauções básicas de barreira;
- utilizar técnicas corretas de aspiração traqueal;
- providenciar esterilização adequada dos circuitos respiratórios;
- proteger a extremidade distal do circuito respiratório ao desconectar do paciente;
- fazer acompanhamento do resultado de culturas.

### Preenchimento de formulários de controle

Anotar, registrar, prescrever são funções importantes do enfermeiro.

No registro devem constar:

- modalidade ventilatória;
- valores de oxicapnografia;
- PEEP e auto-PEEP;
- número de dias de intubação.

## Desmame

Deve ser iniciado quando atendidas as exigências de estabilidade clínica, hemodinâmica, funcional respiratória e gasométrica.

À enfermagem cabe:

- observar o nível de consciência e colaboração do paciente;
- avaliar valores de oxicapnografia e hemogasometria;
- padrão respiratório.

## Cuidados na extubação

Suspender dieta enteral

Manter cabeceira elevada a 45°

Fazer aspiração na seqüência tráqueo-naso-oral antes da retirada do TOT/TQT

Após retirada do TOT/TQT, observar padrão respiratório e oximetria de pulso

Fazer acompanhamento hemogasométrico

Fazer verificação e registro, de 15 em 15 minutos, da FR, FC e SaO<sub>2</sub> nas duas primeiras horas após a extubação traqueal

## Assistência de enfermagem em ventilação não-invasiva

Este tipo de ventilação é realizado sem a necessidade de instituição de intubação endotraqueal, podendo ser por pressão positiva ou negativa.

A aplicação desta técnica utiliza máscaras faciais e bocais específicos.

As indicações mais freqüentes envolvem os pacientes portadores de insuficiência respiratória restritiva e DPOC.

Os cuidados de enfermagem ainda são incipientes com relação a esta técnica, destacando-se os seguintes aspectos:

- orientar o paciente quanto ao procedimento, que pode ser incômodo;
- atentar para as lesões de pele devido à fixação da máscara facial;
- observar o escape durante a aplicação do método;
- acompanhar padrão respiratório e oximetria de pulso;
- verificar o procedimento de desinfecção e esterilização do equipamento utilizado.

## Assistência de enfermagem em ventilação mecânica domiciliar

A assistência ventilatória pode e deve ser instituída em domicílio nos pacientes com patologias crônicas.

Porém, no momento, utilizamos as mesmas rotinas hospitalares com relação aos cuidados de enfermagem nos pacientes e equipamentos.

Na ventilação mecânica domiciliar, o enfermeiro, além das atribuições inerentes aos cuidados específicos, elege e treina um cuidador (membro da família) para colaborar com o tratamento proposto.

Entendemos que existe a necessidade de formulação de rotinas domiciliares próprias, no que se refere ao controle de infecção, considerando-se que a flora domiciliar difere da hospitalar.

## Conclusões

Aprimorar a prática de enfermagem na atenção a pacientes em uso de suporte ventilatório é questão que deve merecer discussões e reflexões entre enfermeiros intensivistas, de tal modo que se busque essencialmente definir os fatores envolvidos na melhoria da qualidade da assistência de enfermagem relacionada a este procedimento técnico.

Em nosso meio, a assistência de enfermagem em UTI só pode ser prestada por enfermeiros e técnicos de enfermagem, cabendo ao enfermeiro, além da execução, a coordenação e a supervisão das atividades de enfermagem.

Tal característica de atuação profissional do enfermeiro exige que ele se prepare adequadamente, de forma a fortalecer sua competência para atuar com mais objetividade nas tarefas de observar, refletir, interpretar, decidir, orientar, interagir e avaliar.

Vários estudiosos na área de enfermagem têm direcionado seus estudos na tentativa de compreender o papel assistencial do enfermeiro intensivista, dando ênfase à busca de uma assistência de enfermagem sistematizada e, conseqüentemente, de melhor qualidade. Aliás, a assistência de enfermagem sistematizada pode ser vista como um modo de organizar e inter-relacionar as ações de enfermagem, propiciando uma intervenção individualizada dentro do contexto das necessidades do paciente e não como prática prescrita pelo médico. Então, na busca da excelência da assistência de enfermagem a pacientes submetidos à ventilação mecânica, além de estudar, questionar e reavaliar as medidas assistenciais usuais neste procedimento, deve-se buscar um consenso, que indique caminhos para uma intervenção eficaz e sistematizada.

## BIBLIOGRAFIA

A bibliografia pesquisada para a elaboração do presente Consenso é muito extensa para ser incluída neste volume. Ela pode ser acessada na página da AMIB ([amib.com.br](http://amib.com.br)), onde será permanentemente atualizada.