

# Ventilação mecânica em pediatria: conceitos básicos

## *Mechanical ventilation in pediatrics: basic concepts*

Carlos Alfredo Fonseca Júnior<sup>1</sup>, Danúbia Campos Frizzone<sup>1</sup>, Pedro Felipe de Souza Xavier<sup>1</sup>, Ana Cláudia Mota Bonisson<sup>2</sup>

DOI: 10.5935/2238-3182.20140121

### RESUMO

O emprego da ventilação mecânica em Pediatria implica riscos próprios e sua aplicação deve ser cercada de cuidados específicos. Dentro da sala cirúrgica, a anestesia pode produzir diferentes graus de depressão respiratória, sendo necessário o uso de vários modos ventilatórios. A partir do melhor entendimento da fisiologia respiratória e da ampliação do conhecimento acerca do tema, inovações tecnológicas permitiram sensível melhoria na assistência ventilatória prestada aos pacientes pediátricos. O objetivo do presente artigo é revisar conceitos a respeito da fisiologia respiratória da criança, dos sistemas de ventilação em anestesia pediátrica e dos modos ventilatórios mais utilizados nesse grupo de pacientes – os quais possibilitam reduzir os índices de complicações relacionadas à ventilação mecânica.

**Palavras-chave:** Ventilação Mecânica; Pediatria; Anestesia.

### ABSTRACT

*The use of pediatric mechanical ventilation involves inherent risks, and its application should be surrounded by specific care. In the operating room, anesthesia can produce different degrees of respiratory depression and the use of various ventilation modes is required. From a better understanding of respiratory physiology and the expansion of the knowledge about this subject, technological innovations have enabled a significant improvement in ventilatory assistance to pediatric patients. The purpose of this article is to review concepts on respiratory physiology of the child, the ventilation systems in pediatric anesthesia and ventilation modes often used in this group of patients – all these enable us to reduce the rate of complications related to mechanical ventilation.*

**Key words:** Mechanical Ventilation; Pediatrics; Anesthesia.

### INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) garante oxigenação alveolar, poupando em graus variados o trabalho dos músculos respiratórios. O avanço tecnológico e a ampla utilização dos ventiladores permitiram melhorias nas técnicas de ventilação artificial, possibilitando mais interação entre paciente e máquina – fato que reduziu a ocorrência de complicações relacionadas à VM e aperfeiçoou a assistência ventilatória.<sup>1</sup>

Muitos pacientes pediátricos submetidos a procedimentos cirúrgicos têm-se beneficiado da assistência ventilatória no pós-operatório. E, para além do ambiente da unidade de terapia intensiva (UTI), o apoio ventilatório na sala de cirurgia melhorou consideravelmente nas últimas décadas. Isso foi possível graças aos incrementos tecnológicos nos ventiladores integrados aos aparelhos de anestesia e ao aprofundamento dos estudos acerca da VM em Pediatria.

<sup>1</sup> Médico. Residente em Anestesiologia. Fundação Benjamin Guimarães – Hospital da Baleia. Belo Horizonte, MG – Brasil.  
<sup>2</sup> Médica Anestesiologista. Coordenadora da residência médica em Anestesiologia da Fundação Benjamin Guimarães – Hospital da Baleia. Belo Horizonte, MG – Brasil.

*Instituição:*  
Fundação Benjamin Guimarães – Hospital da Baleia  
Belo Horizonte, MG – Brasil

*Endereço para correspondência:*  
Ana Cláudia Mota Bonisson  
E-mail: anaclaudiabonisson@yahoo.com.br

Ainda, todavia, a compreensão de conceitos básicos é imprescindível para a melhor aplicação dos nossos conhecimentos e tecnologias disponíveis em VM em Pediatria.

## FISIOLOGIA BÁSICA DA VENTILAÇÃO

Em condições normais, o ciclo respiratório consiste de inspiração – um processo ativo em que a contração da musculatura respiratória gera uma pressão negativa intratorácica, deslocando o ar para dentro dos pulmões – e de expiração – que acontece passivamente quando a força elástica dos pulmões e da caixa torácica movimenta o ar em direção à atmosfera. O volume de gás que entra nos pulmões durante a inspiração depende da complacência e da resistência das vias aéreas.<sup>2,3</sup>

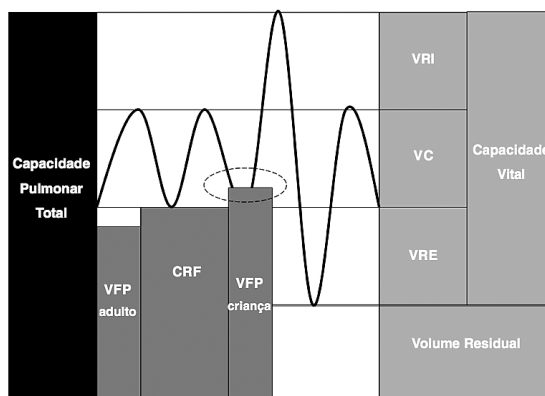
A complacência representa a capacidade elástica dos pulmões e da caixa torácica, sendo definida como a variação do volume pulmonar gerada por uma variação de pressão.<sup>2</sup>

A resistência é dada pela dificuldade na passagem do ar pelas vias aéreas (isto é, a variação de pressão necessária para produzir certo fluxo).<sup>2</sup>

Constante de tempo (CT) é o tempo necessário para que as pressões entre as vias aéreas e os alvéolos se equilibrem, sendo representado pelo produto da resistência pela complacência. Uma CT varia de 0,15 segundo na criança até 0,3 segundo no adulto. De maneira geral, 1 CT equilibra 63% dos alvéolos; 3 CTs, 95%; 5 CTs, 99%. Daí o tempo inspiratório ser ajustado para algo em torno de 0,45 a 0,75 segundo na criança.<sup>2,4</sup>

O trabalho respiratório representa o esforço feito para vencer a complacência e a resistência do sistema respiratório.<sup>2,5</sup>

O volume corrente (VC) expressa o volume de ar que entra e sai dos pulmões a cada ciclo respiratório. A capacidade residual funcional (CRF) é o ar que permanece dentro dos pulmões após uma expiração normal. E o volume de fechamento pulmonar (VFP) significa o volume a partir do qual começa a ocorrer colapso das unidades alveolares<sup>2</sup> (Figura 1). Em crianças, o VFP costuma ser maior do que a CRF, o que favorece o colapamento dos alvéolos e a formação de atelectasia. Naqueles pacientes, portanto, o uso de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) previne o colapso alveolar e auxilia a reexpansão dos pulmões.<sup>2,3,5</sup>



**Figura 1** - Representação gráfica dos volumes pulmonares durante a respiração normal, inspiração e expiração forçadas. O círculo tracejado mostra como o volume de fechamento pulmonar é atingido durante a respiração normal em crianças. VFP: volume de fechamento pulmonar, CRF: capacidade residual funcional, VRI: volume de reserva inspiratório, VC: volume corrente, VRE: volume reserva expiratório. Disponível em: Medicina (Ribeirão Preto) 2012;45(2): 185-96. <http://www.fmrp.usp.br/revista>

## INDICAÇÕES

A falência respiratória é a indicação primária para o uso de assistência ventilatória. Dentro da sala cirúrgica, a anestesia pode produzir diferentes graus de depressão respiratória, sendo necessário o uso de variados modos ventilatórios que garantam adequada ventilação, oxigenação alveolar e proteção ao aparelho respiratório.<sup>2,6,7</sup>

Além disso, outras situações externas à sala de cirurgia podem requerer assistência ventilatória, tais como: doenças graves do parênquima pulmonar (doença da membrana hialina, síndrome do desconforto respiratório agudo, pneumonia, atelectasia pulmonar); doenças das vias aéreas (asma e bronquiolite); alterações da complacência pulmonar (queimaduras extensas de parede torácica e ascite volumosa); redução da capacidade de sustentar o trabalho respiratório (doenças neuromusculares e distúrbios eletrolíticos); alterações do controle da respiração (traumatismo cranioencefálico, apneia da prematuridade, doenças neurológicas graves); necessidade de controle da ventilação (hipertensão intracraniana, cardiopatias congênitas, choque).<sup>2</sup>

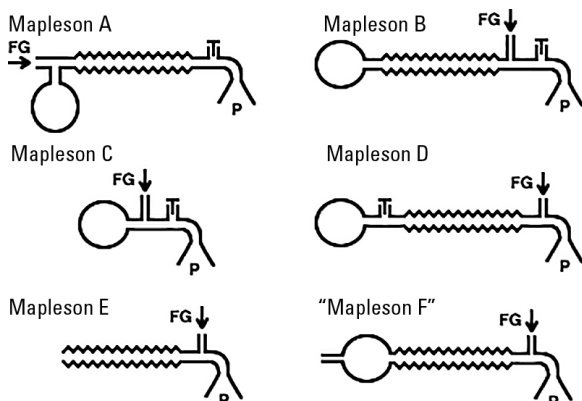
## SISTEMAS DE VENTILAÇÃO EM ANESTESIA PEDIÁTRICA

Os sistemas de ventilação em Pediatria podem variar de um simples T (o famoso “T” de Ayre) até sofis-

ticados sistemas ventilatórios interligados a ventiladores.<sup>8</sup> Em geral, são classificados segundo a presença ou não de válvulas (valvulados e avalvulados) e de acordo com a existência ou não de sistema absorvedor de CO<sub>2</sub>. Além disso, atualmente tem-se considerado a presença de válvulas de escape (“pop-off” ou “APL”) no sistema.

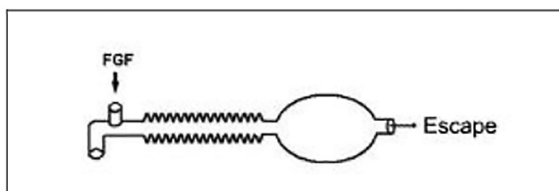
A sofisticação dos sistemas objetiva reduzir o consumo de gases, diminuir a reinalação de dióxido de carbono, proporcionar aquecimento e umidificação da mistura inalada e prevenir a ocorrência de barotrauma.

O sistema proposto por Ayre (em “T”), em 1937, propiciou o desenvolvimento de diversas outras configurações, que podem variar segundo a bolsa-reservatório, onde entra o fluxo de gás fresco (FGF).<sup>8-14</sup> Por convenção, adota-se a classificação de Mapleson para diferenciar um sistema do outro<sup>15</sup> (Figura 2).



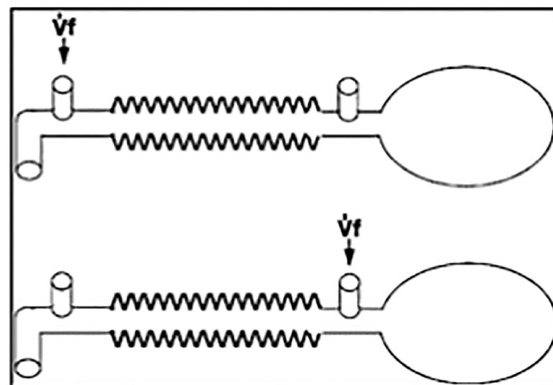
**Figura 2** - Sistemas de Mapleson A, B, C, D, E, F. FG – Fluxo de gás; P – Paciente. Disponível em <http://www.creaghbrown.co.uk/anae/bc.htm>

Rees, em 1960, ao adicionar uma bolsa-reservatório com um escape, acoplada ao ramo expiratório do “T” de Ayre, obteve melhor controle da ventilação (inclusive com melhor monitoração visual do volume corrente)<sup>16</sup> (Figura 3).



**Figura 3** - Sistema de Jackson Rees. Vf – Fluxo de gás. Disponível em: [http://www.clasa-anestesia.org/revistas/brasil/HTML/BraAvaliao\\_Do\\_Fluxo\\_De\\_Admisso\\_De\\_G.htm](http://www.clasa-anestesia.org/revistas/brasil/HTML/BraAvaliao_Do_Fluxo_De_Admisso_De_G.htm)

Em seguida, Baraka incluiu um segundo “T” ao sistema de Rees, possibilitando a aplicação de uma pressão positiva adicional ao sistema (quando o orifício de escape é fechado com o dedo)<sup>16</sup> (Figura 4).



**Figura 4** - Sistema de Rees-Baraka. Vf – Fluxo de gás. Disponível em: [http://www.clasa-anestesia.org/revistas/brasil/HTML/BraAvaliao\\_Do\\_Fluxo\\_De\\_Admisso\\_De\\_G.htm](http://www.clasa-anestesia.org/revistas/brasil/HTML/BraAvaliao_Do_Fluxo_De_Admisso_De_G.htm)

Nos sistemas avalvulados, o fluxo de gás fresco (FGF) é determinante para reinalação da mistura expirada. No sistema de Rees-Baraka, o FGF pode ser calculado baseando-se no estudo de Jreige *et al.*:<sup>8,12</sup>

- para o fluxo com entrada distal (isto é, próximo da bolsa):  

$$FGF = (VC - 1/3VC) \times FR + V_{BOLSA}$$
- para o fluxo com entrada proximal (isto é, próximo do paciente):  

$$FGF = (VC - 1/3VC) \times FR + V_{BOLSA} + DM.$$

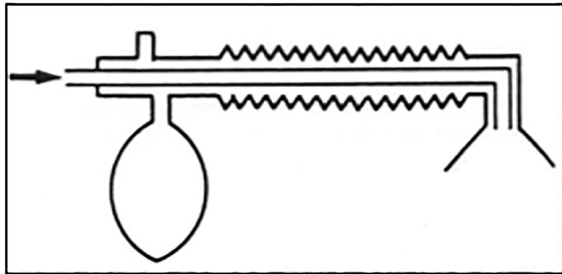
Sendo:

VC o volume corrente, FR a frequência respiratória, V<sub>BOLSA</sub> o volume da bolsa reservatório, DM o volume-minuto do espaço morto mecânico (ou seja, da boca do paciente até a saída próxima à bolsa).<sup>8</sup>

Como medida adjuvante, pode-se usar a monitoração da capnometria para regulagem do menor fluxo possível sem reinalação. Nesses casos, é importante lembrar que o uso do sistema aspiratório (*sides-tream*) aspira um volume de 150-300 mL/min (o que deve ser considerado no cálculo do FGF).

O sistema coaxial, proposto por Bain e Spoerel, em 1972, é funcionalmente semelhante ao Mapleson D. Todavia, o sistema de Bain é caracterizado pelo tubo do FGF no interior do tubo corrugado, o qual carrega os gases expirados. O fluxo já sai proximalmente ao paciente. Essa construção produz um sistema leve, ideal para manipulação à

distância (como nas cirurgias de cabeça e pescoço).<sup>8</sup> É recomendável que o sistema seja montado com peças transparentes, o que permite o exame dos componentes internos (garantindo que não estejam avariados). Esse sistema exige o uso de fluxos altos para manutenção de níveis adequados de  $\text{ETCO}_2$  (entre 70 e 150 mL/kg/min).<sup>8</sup> Por fim, a disposição do “tubo sobre tubo” permite o (teórico) aquecimento dos gases inalados pela mistura exalada (Figura 5).<sup>17</sup>



**Figura 5** - Sistema coaxial.

Disponível em: [http://www.anesthesia2000.com/physics/Chemistry\\_Physics/physics14.htm](http://www.anesthesia2000.com/physics/Chemistry_Physics/physics14.htm)

A ventilação manual é utilizada em determinados momentos, especialmente durante a indução anestésica e quando se tem alguma dúvida acerca da eficácia da ventilação. Ela ainda permite ao anestesiológista “sentir” a complacência do sistema respiratório e corrigir as suas alterações. Além disso, a ventilação manual é mais adequada para retirar dúvidas durante a ausculta pulmonar e para verificação da expansibilidade torácica.<sup>9</sup>

Os sistemas com absorvedores de  $\text{CO}_2$ , em geral valvulados, podem ser usados com segurança em crianças maiores e adolescentes. Entretanto, tais sistemas não costumam ser bem adaptados à ventilação de recém-nascidos e crianças menores. Parte do volume liberado pelo aparelho pode ser perdida por distensão dos tubos, compressibilidade dos gases na fase inspiratória, aspiração de amostra pelo analisador de gases e por vazamentos (ao redor do tubo endotraqueal sem balonete e de conexões do próprio sistema).

Para reduzir tais perdas, é desejável o uso de tubos, conectores e canisters apropriados para a idade e o peso. Além disso, ajustes frequentes nos parâmetros da ventilação podem evitar a hipoventilação dos pacientes pediátricos.

Atenção especial deve ser dada ao uso de fluxos de “oxigênio direto” em crianças. Esse volume adicio-

nal será somado ao volume administrado pelo fole, aumentando o risco de ocorrência de barotrauma.

## VENTILADORES E SEUS MODOS VENTILATÓRIOS

A simples adaptação dos ventiladores convencionais para ventilar crianças não costuma ser medida adequada. Entretanto, diante da realidade que nos assola, o conhecimento dos diversos modos ventilatórios e o seu domínio prático podem auxiliar na obtenção de melhores condições para a ventilação dos pacientes pediátricos.

Durante a ventilação com pressão positiva, a diferença de pressão gerará um fluxo inversamente proporcional à resistência das vias aéreas, movimentando determinado volume corrente segundo a complacência do aparelho respiratório. O ciclo respiratório será composto de quatro fases distintas: início da inspiração (ou disparo), inspiração, virada para expiração (ou ciclagem) e expiração propriamente dita.<sup>2,3</sup>

O disparo pode ser feito a tempo (a partir de um tempo predeterminado) e à pressão ou a fluxo (“percebido” como variação de pressão ou fluxo, respectivamente, pelo ventilador).

A inspiração, caracterizada por fornecer fluxo de ar aos pulmões, deverá acontecer até que seja atingido um limite preestabelecido (em geral, um valor de pressão, de volume ou de fluxo).

Na ciclagem, a inspiração se encerra e a fase expiratória é iniciada. Quando a inspiração é encerrada após um tempo prefixado, diz-se que a ciclagem se dá por tempo. Se a inspiração é encerrada ao atingir-se determinado volume ou pressão, trata-se de ciclagem a volume ou à pressão, respectivamente.<sup>2</sup>

Durante a expiração, a válvula expiratória do ventilador é aberta, deixando sair passivamente o ar dos pulmões.

Assim, os modos ventilatórios podem ser classificados segundo a forma com que eles operam nas três primeiras fases do ciclo. Os modos ventilatórios mais comumente utilizados são os seguintes:

### Ventilação controlada

Neste modo, os ciclos são disparados a tempo e o ventilador não responde aos esforços inspiratórios

do paciente. Assim, essa opção deve ser reservada aos pacientes sob anestesia geral (em apneia).<sup>2-4,7,13</sup> É possível regular o volume ou a pressão, o que caracteriza os modos controlados a volume (VCV) ou à pressão (PCV), respectivamente.

Na ventilação controlada a volume (VCV), o fluxo é constante (habitualmente com forma quadrada de onda), alcançando os alvéolos em um tempo inspiratório prefixado (a partir da frequência respiratória e da relação I:E); aqui, via de regra, há a possibilidade de limitar também a pressão inspiratória de pico (PIP), servindo como medida auxiliar de segurança contra barotrauma.

Na ventilação controlada à pressão (PCV), o fluxo é desacelerado e a forma de onda, descendente – o que tende a distribuir melhor o fluxo para os alvéolos com diferentes CTs.<sup>14</sup>

É importante, em ambos os modos, que o tempo inspiratório (TI) seja prolongado o suficiente para que o fluxo zere ao final da inspiração. Isso protege os pulmões do fenômeno do alçapamento de gás, evitando o surgimento de autoPEEP. Para isso, pode ser necessário o acréscimo de pausa inspiratória ao TI.

## Ventilação assistida

Na ventilação assistida, o disparo pode ser à pressão ou a fluxo, ou seja, os ciclos são iniciados pelo esforço inspiratório do paciente. Nesse modo, o paciente interage de forma mais intensa com o ventilador, controlando, inclusive, sua frequência respiratória.<sup>7</sup> Recém-nascidos e crianças menores podem não ter força suficiente para deflagrar os ciclos de ventilação assistida em algumas máquinas, sobretudo nos ventiladores integrados aos aparelhos de anestesia, os quais, em geral, são projetados para ventilar pacientes com mais de 10 kg naquele modo ventilatório.

## Ventilação assistocontrolada

Este modo é uma combinação dos dois anteriores, podendo os ciclos ser disparados pelo esforço inspiratório do paciente. Contudo, caso este atinja um período de apneia predeterminado, o ventilador respalda a ventilação com ciclos controlados.

A ventilação assistocontrolada é especialmente útil em pacientes com variação do nível de consciência ou da força muscular (como no caso de pacientes recuperando-se de anestesia geral).<sup>1-4,7,13</sup>

## Ventilação mandatória intermitente (IMV)

Este modo, disparado a tempo, é semelhante ao modo controlado (embora o paciente possa respirar espontaneamente nos intervalos entre os ciclos mecânicos). Para que o paciente consiga iniciar um ciclo de forma espontânea, um fluxo é liberado pelo aparelho em resposta ao esforço do paciente.<sup>2-4,7,13</sup>

## Ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV)

A SIMV é similar à IMV, exceto pelo fato de que os ciclos controlados são disparados de maneira sincronizada aos esforços do paciente.<sup>2</sup> Aqui também, caso o paciente não apresente ciclos espontâneos, o ventilador disparará um ciclo mecânico (disparo a tempo). Esse modo proporciona melhor interação entre paciente e máquina, garantindo conforto na transição da anestesia para o despertar.<sup>2-4,7,13</sup>

## Ventilação com pressão de suporte (PSV)

A PSV consiste em ciclos respiratórios disparados e limitados à pressão: o paciente apresenta esforço inspiratório, o aparelho detecta-o e fornece uma pressão constante no circuito (até que o fluxo de ar caia a uma fração do inicial, marcando o fim da inspiração).<sup>2-4,7,13</sup> Aqui, a ciclagem a fluxo permite que o paciente controle o tempo inspiratório e o volume corrente.

Pode ser usado no transoperatório de pacientes que apresentem *drive* respiratório, diminuindo o seu trabalho, e também durante o despertar da anestesia geral.<sup>1</sup>

## Ventilação de alta frequência (HFV)

Apesar de pouco usual, ainda pode ser utilizada em cirurgias traqueais e brônquicas.

Existem três modalidades disponíveis: com pressão positiva, em jato e oscilatória (HFOV). As duas primeiras foram abandonadas pelos pobres resultados. Contudo, a HFOV apresenta as seguintes vantagens teóricas: manutenção de vias aéreas abertas, troca gasosa com baixas pressões nas vias aéreas, estabilidade hemodinâmica e pouca alteração na produção de surfactante.

## AJUSTES DO VENTILADOR

A frequência respiratória (FR) deve ser ajustada de acordo com a idade do paciente:

- recém-nascidos: 30-40 irpm;
- lactentes: 20-30 irpm;
- pré-escolares: 15-25 irpm;
- escolares: 12-20 irpm;
- adolescentes: 10-15 irpm.<sup>2,3</sup>

Em geral, inicia-se a VM com frequência mais alta, reduzindo-a com a melhora da capacidade respiratória do paciente.<sup>2,3</sup>

O volume corrente (VC), nos modos limitados a volume, deve ser ajustado para valores de 6-8 mL/kg (como tentativa de se praticar uma ventilação protetora das vias aéreas).<sup>2</sup> Posteriormente, o valor deve ser ajustado conforme parâmetros de capacidade respiratória e de capnometria. Além disso, volumes maiores podem ser necessários em casos de vazamentos ou de compressibilidade do sistema.

Nos ventiladores em que seja possível limitar a pressão inspiratória de pico (PIP) como medida de segurança, aquele valor não deve ultrapassar 30-35 cmH<sub>2</sub>O.

Nos modos limitados à pressão, é importante garantir pressão inspiratória de pico (PIP) suficiente para produzir volume corrente de 6-8 mL/kg.<sup>2,13</sup> Via de regra, nos pacientes previamente hígidos (submetidos à VM em decorrência da apneia induzida pela anestesia geral), inicia-se com PIP mais alta, ajustando o seu valor segundo parâmetros de oxigenação e capnometria.

Em alguns ventiladores, é possível ajustar o tempo inspiratório (TI). Quando essa medida não for permitida, pode-se calcular o tempo de cada ciclo dividindo-se 60/FR; assim, a partir da relação I:E, consegue-se determinar o TI.

É importante garantir que o TI corresponda a pelo menos 3 CTs – caso contrário, deve-se reduzir a FR ou aumentar a relação I:E. De maneira geral, pode-se usar como referência inicial para o TI o que se segue: recém-nascidos (0,4-0,6s); lactentes (0,5-0,7s); pré-escolares (0,7-0,9s); escolares (0,8-1s); adolescentes (1-1,5s).<sup>2,7</sup>

Nos modos em que os ciclos podem ser disparados pelo paciente, é necessário o ajuste da sensibilidade (isto é, o nível de esforço que deve ser entendido pelo aparelho como esforço inspiratório do paciente). Em geral, sensibilidade de 2-3 cmH<sub>2</sub>O

(para disparo à pressão) ou de 2-4 L/min (para disparo a fluxo) costuma ser adequada para a iminência do despertar.<sup>2</sup>

A fração inspirada de oxigênio (FiO<sub>2</sub>) deve ser inicialmente ajustada para 1, sendo progressivamente reduzida (ao mínimo suficiente para garantir uma SatO<sub>2</sub> ≥ 94% com uma PaO<sub>2</sub> ≥ 60 mmHg).<sup>2,3</sup>

O ajuste da pressão positiva ao final da expiração (PEEP) pode ser auxiliado pela análise da curva pressão *versus* volume (e dos valores de complacência). Em geral, valores iniciais de 5 cmH<sub>2</sub>O costumam ser satisfatórios.<sup>2,3</sup>

Os ajustes adicionais devem ser guiados pela avaliação clínica do paciente (exame físico, oximetria de pulso), pelos níveis de capnometria e por exames complementares (como a gasometria arterial).

## COMPLICAÇÕES DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

São complicações decorrentes da ventilação mecânica:

- **barotrauma:** relacionado à pressão inspiratória de pico, sendo raro quando ela é inferior a 25 cmH<sub>2</sub>O;
- **volutrauma:** distensão pulmonar ocasionada por altas pressões nas vias aéreas, podendo gerar edema pulmonar, alterações da permeabilidade e lesão alveolar difusa;
- **alterações de órgãos e sistemas:** diminuição da perfusão cerebral devido à hiperventilação; diminuição do débito urinário e do *clearance* de creatinina e aumento dos níveis de hormônio antidiurético (ADH); redução do débito cardíaco secundário ao aumento da pressão intratorácica;
- **toxicidade pelo oxigênio:** diminuição da atividade ciliar e redução da depuração do muco das vias aéreas;
- **infecção das vias aéreas:** sobretudo quando do uso prolongado de ventilação mecânica;
- **hipoventilação:** decorrente de volume-minuto insuficiente;
- **hiperventilação:** devido a volume-minuto aumentado;
- **biotrauma:** mecanismo de lesão do parênquima pulmonar produzido por infiltração celular e liberação de mediadores inflamatórios;
- **atelectasia por reabsorção:** geralmente associado a altas frações inspiradas de oxigênio, o qual apresenta índices de reabsorção mais altos do que o nitrogênio presente no ar.

## VENTILAÇÃO PROTETORA

Em situações especiais (como no caso de lesão pulmonar aguda ou doença da membrana hialina) ou mesmo nos casos comuns do dia-a-dia, pode-se lançar mão de estratégias ventilatórias ditas “protetoras”. Essas medidas consistem em tolerar limites mais amplos de alguns valores (como de  $ETCO_2$ ,  $PaCO_2$ ,  $PaO_2$  e pH arterial). Desse modo, é possível evitar complicações relacionadas a altos volumes, pressões e  $FiO_2$  (como barotrauma, pneumotórax e baixo débito cardíaco) e reduzir a incidência e a gravidade das lesões pulmonares agudas (LPAs) induzidas pela VM.<sup>2,3,13</sup>

A redução do volume-minuto (graças à diminuição do VC ou da PIP) pode precipitar a ocorrência de hipercapnia.<sup>2,7</sup> A chamada hipercapnia permissiva tolera níveis de  $PaCO_2$  de até 50-55 mmHg (desde que com pH arterial > 7,2);

na hipoxemia permissiva, o uso de baixa  $FiO_2$  evita os efeitos tóxicos do oxigênio. Nessa situação, para garantir  $satO_2 > 90\%$  pode-se utilizar uma PEEP tão alta quanto 15 cmH<sub>2</sub>O. Além disso, menores frações inspiradas de  $O_2$  diminuem o risco de colapamento alveolar (pelos maiores índices de reabsorção alveolar do oxigênio quando comparado ao nitrogênio presente no ar).

## CONCLUSÃO

O ventilador ideal seria aquele que fornecesse ciclos ventilatórios sincronizados com a respiração espontânea do paciente, mantendo volume-minuto adequado e consistente, com baixas pressões e que pudesse responder às rápidas mudanças da mecânica respiratória.

A maioria dos aparelhos de anestesia disponíveis no Brasil possui ventiladores ciclados a volume ou à pressão com volume interno superior a 2 litros, tornando-os impróprios para recém-nascidos e crianças menores, pela considerável variação dos parâmetros ventilatórios. Esse volume interno do sistema é comprimido durante cada inspiração, sequestrando parcial ou totalmente o volume calculado para o paciente (Lei de Boyle-Mariotte).

A assistência ventilatória em crianças deve ser utilizada de acordo com a doença de base, a idade e o peso do paciente, a fim de se promover melhor oxigenação celular e redução do trabalho respiratório. Sendo assim, faz-se necessário o conhecimento dos tipos, modos e parâmetros ventilatórios específicos,

permitindo ao anestesiológista oferecer tratamento adequado e com menos riscos de complicações.

## REFERÊNCIAS

1. Conceição MJ. Novos conceitos na ventilação artificial do paciente pediátrico. *Rev Bras Anesthesiol*. 1998; 45(5):400-7.
2. Carmona F. Ventilação mecânica em crianças. *Medicina (Rio de Janeiro)*. 2012; 45(2):185-96.
3. Prabhakaran P, Sasser W, Borasino S. Pediatric mechanical ventilation. *Minerva Pediatr*. 2011; 63(5):411-24.
4. Tilelli JA. Ventilator considerations. *In: Baren JM, Rothrock SG, Brennan J, Brown L, editors. Pediatric emergency medicine*. 1<sup>st</sup> ed. Philadelphia: Elsevier; 2008. p. 1177-83.
5. Schmidt GA, Hall JB. Management of the ventilated patient. *In: Hall JB, Schmidt GA, Wood LDH, editors. Principles of Critical Care*. 3<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill; 2005.
6. Carpenter TC, Dobyns EL, Grayck EN, Mourani PM, Stenmark KR. Critical care. *In: Hay Jr. WW, Levin MJ, Sondheimer JM, Deterding RR, editors. Current Diagnoses & Treatment: Pediatrics*. 19<sup>th</sup> ed. Columbus: McGraw-Hill Professional; 2009. p. 339-374.
7. Danzl D, Vissers R. Tracheal Intubation and mechanical ventilation and mechanical ventilation. *In: Tintinalli J, editor. Emergency medicine: a comprehensive study guide*. 6<sup>th</sup> Ed. New York: McGraw-Hill; 2004.
8. Carrareto AR, Val HR. Ventilação pulmonar em anestesia pediátrica [Internet]. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Anestesiologia; [atualizado em 2007]; [Citado em 2014 ago 28]. Disponível em: [http://www.sba.com.br/conhecimento/ced\\_aulaasp?id=59&curso=1](http://www.sba.com.br/conhecimento/ced_aulaasp?id=59&curso=1)
9. Steward DJ. The “not-so-educated hand” of the pediatric anesthesiologist. *Anesthesiology*. 1991; 75(4):555-6.
10. Ayre P. The T-piece technique. *Br J Anaesth*. 1956; 28(11):520-3.
11. Rees GJ. Pediatric anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1960; 32:132.
12. Jreige MM, Sobreira DP, Saraiva RA. Avaliação do fluxo de admissão de gases no sistema Rees-Baraka. *Rev Bras Anesthesiol*. 1996; 46(2):95-102.
13. Luria JW. Introduction to conventional mechanical ventilation. *In: King C, Henretig FM, editors. Textbook of pediatric emergency procedures*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 807-815.
14. Ajnhorn F. Comparação entre dois modos ventilatórios em anestesia pediátrica: ventilação controlada a volume versus ventilação controlada a pressão [dissertação]. Porto Alegre (RS). Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2006.
15. Breathing circuits. [Citado em 2014 ago 28]. Disponível em <http://www.creaghbrown.co.uk/anae/bc.htm>
16. Jreige MM, Sobreira DP, Saraiva RA. Avaliação do fluxo de admissão de gases no sistema Rees-Baraka. *Rev Bras Anesthesiol*. 1996; 46(2):95-102.
17. Eisenkraft JB. Anesthesia Delivery Systems. *In: Longnecker DE, Tinker JH, Morgan Jr GE, editors. Principles and practice of anesthesiology*. 2. ed. St Louis: Mosby; 1998. p. 1001-63.