

ALGORITMO - Ventilação Mecânica Convencional

No dia-a-dia da UTI neonatal, para a maioria dos recém-nascidos que cursa com insuficiência respiratória basta o recurso da ventilação convencional. Apesar do surgimento de novas técnicas convencionais e não convencionais a estratégia ventilatória mais utilizada, ainda, é a ventilação mandatória intermitente (IMV) através dos aparelhos de fluxo contínuo, ciclados a tempo e limitados a pressão.

1. **Checkar o funcionamento do aparelho:** oclua totalmente a via de saída para o paciente no "Y" do circuito e observe o movimento do mostrador de pressão gerada pelo respirador. Caso não se observe movimento desse mostrador ou se a velocidade com que a pressão sai da linha de base até o limite estabelecido é lenta ou se o limite de pressão não é atingido, cheque os seguintes problemas: escape de gás pelo circuito ou pelo jarro-umidificador, válvula exalatória mal ajustada ou furada, sistema elétrico desligado, rede de gases com pressão insuficiente para a ciclagem do respirador, defeito interno do respirador por problemas na parte hidráulica ou no sistema de microprocessamento dos ajustes do aparelho. Nesses casos, procure corrigir o eventual problema ou, se necessário, troque de aparelho.
2. **Estabelecer metas da ventiloterapia:** adote uma estratégia ventilatória que vise a otimização do volume pulmonar evitando tanto a atelectasia como a hiperinsuflação, tolerando hipercapnia moderada e mantendo os valores de oxigenação arterial dentro de limites estritos, além de adotar uma atitude agressiva em reduzir o suporte ventilatório tendo sempre em mente a extubação traqueal. Coloque em prática os seguintes princípios de proteção pulmonar durante a ventilação mecânica:
 - Procure sempre individualizar a estratégia ventilatória.
 - Utilize sempre o menor pico de pressão inspiratória possível.
 - Limite o tempo de uso de FiO₂ acima de 0,60.
 - Não esqueça do PEEP e previna a ocorrência do auto-PEEP.
 - Aceite a acidose respiratória na fase aguda da doença – "hipercapnia permissiva" (PaCO₂ máxima de 65mmHg).
 - Nunca retarde o início da retirada do respirador.
 - Procure sempre que possível utilizar terapias auxiliares, como o surfactante exógeno e óxido nítrico inalatório.
3. **Princípios para o ajuste dos parâmetros ventilatórios:** a escolha dos parâmetros iniciais do ventilador depende da extensão da doença do parênquima pulmonar e das vias aéreas, do comprometimento da musculatura respiratória e do controle da respiração em nível do sistema nervoso central. Desta forma, procure direcionar o ajuste dos parâmetros ventilatórios considerando-se três situações-padrão: diminuição da complacência pulmonar (síndrome do desconforto respiratório, pneumonias, atelectasias, edema e hemorragia alveolar e hipoplasia pulmonar), aumento da resistência de vias aéreas (síndrome de aspiração de mecônio, síndrome do pulmão úmido ou taquipnéia transitória, displasia broncopulmonar, secreção em vias aéreas e edema intersticial) e alterações no controle da respiração seja no nível da musculatura respiratória seja no nível do sistema nervoso central (apnéia da prematuridade, encefalopatia hipóxico-isquêmica, drogas depressoras do sistema nervoso central, malformações neurológicas, entre outras). Procure lembrar dos seguintes princípios:
 - O ajuste do limite de pressão inspiratória (PIP) determina o volume corrente que se deseja administrar ao paciente. Assim, nas situações onde prevalece a diminuição da complacência pulmonar ou aumento da resistência das vias aéreas, o ajuste do limite de pressão deverá ser maior e vice-versa. Tais ajustes devem ser monitorados constantemente através da observação clínica do movimento do tórax e, se disponível, do volume corrente. A PIP mínima e adequada deve ser aquela que promova uma amplitude de movimento torácico de cerca de 0,5cm em nível do terço médio do esterno ou um volume corrente entre 4 a 6 mL/kg (considere sempre o volume corrente expirado).
 - A PEEP estabiliza o volume pulmonar durante a expiração, evitando a formação de atelectasias e tornando o recrutamento alveolar mais homogêneo durante a inspiração. Diminuindo, dessa forma, o desequilíbrio entre ventilação e perfusão. Teoricamente, a PEEP a ser selecionada deverá ser o suficiente para manter o volume dos pulmões no nível da capacidade residual funcional, ou seja, entre os pontos de inflexão inferior e superior na curva PV. Na prática, procure ajustar os níveis de PEEP de acordo com avaliações periódicas do grau de desconforto respiratório e do volume pulmonar na radiografia de tórax. Com a otimização do volume pulmonar, espera-se que haja melhora no desconforto com a redução do trabalho respiratório. Tal efeito é indicado através da diminuição das retrações na caixa torácica durante a respiração espontânea. Considerar o volume pulmonar apropriado através da radiografia de tórax quando a cúpula diafragmática direita alcançar entre oito a nove costelas posteriores na linha hemiclavicular. Ajuste gradativamente os níveis da pressão até o encontro desses sinais.
 - A escolha do tempo inspiratório (Ti) deve sempre levar em consideração a constante de tempo do sistema respiratório. Assim, para que a pressão aplicada nas vias aéreas proximais se equilibre em toda área pulmonar são necessários cerca de cinco constantes de tempo. Esse tempo é necessário para que ocorra o enchimento completo dos alvéolos, otimizando, assim, as trocas gasosas. Como a constante de tempo é o produto da complacência e da resistência pulmonar, o ajuste do Ti varia de acordo com a doença de base que indicou a ventilação mecânica. Dessa forma, nas situações de diminuição de complacência tempos curtos, entre 0,2 e 0,3 segundo, serão suficientes. Por outro lado, quando houver aumento da resistência serão necessários tempos mais prolongados por volta de 0,5 segundo. Ajustes finos do Ti só será possível se dispuser da curva de fluxo. Ou seja, escolha valores de Ti para manter o fluxo inspiratório em zero por um mínimo de tempo possível.
 - A escolha do tempo expiratório (Te) também deve levar em consideração a constante de tempo do sistema respiratório. Recomenda-se que o Te dure, no mínimo, 3 a 5 constantes de tempo para que o alvéolo se esvazie

até o volume determinado pela capacidade residual funcional. Quando se ventila com tempos expiratórios inferiores a 3 a 5 constantes de tempo, a expiração é incompleta e há aprisionamento de gás no interior dos alvéolos ao término da expiração, sendo este fenômeno denominado de auto-PEEP. A superdistensão alveolar decorrente do auto-PEEP desencadeia queda da complacência pulmonar e do volume corrente, além de compressão dos capilares alveolares, com hipoxemia e hipercapnia.

- A frequência respiratória (FR) é um dos principais determinantes do volume minuto e, portanto, da ventilação alveolar. Dessa maneira, a seleção da FR relaciona-se diretamente com a manutenção da pressão parcial de gás carbônico alveolar e arterial. Após os ajustes do volume corrente através da PIP, do volume pulmonar através da PEEP e do tempo de enchimento alveolar através do Ti, a escolha da FR depende dos valores da PaCO₂ obtidos na gasometria. A frequência escolhida durante a ventilação mecânica neonatal deve ser o suficiente para manter os níveis de PaCO₂ entre 40 e 65mmHg.

4. Condução da ventiloterapia após ajustes iniciais: uma vez ajustados os parâmetros do respirador, é fundamental verificar se eles estão adequados ao paciente em questão. A manipulação racional dos parâmetros ventilatórios para otimizar o suporte ventilatório só é possível com uma monitoração contínua e adequada do paciente, principalmente dos gases sanguíneos e, se possível da mecânica pulmonar. Logo após conectar o RN ao respirador, avalie as seguintes condições:

- Verifique periodicamente os níveis de umidificação e aquecimento dos gases e as condições da cânula traqueal, como permeabilidade, fixação e posição da sua ponta nas vias aéreas.
- Sinais clínicos de aumento do trabalho respiratório (agitação e retrações da caixa torácica) e cianose.
- Estado hemodinâmico: pulsos, perfusão periférica, pressão arterial, débito urinário e frequência cardíaca.
- A análise dos gases sanguíneos, aliada aos parâmetros clínicos, ainda, é o melhor indicador da necessidade de modificações do suporte ventilatório. Procurar atingir os seguintes limites gasométricos:
 - pH > 7,20 nas primeiras seis horas de vida e, a seguir, acima de 7,25.
 - PaCO₂ entre 40 e 65mmHg.
 - PaO₂ entre 50 e 70mmHg ou SatO₂ entre 89 e 95%.
 - Atente para os locais de coleta, se em sítios pré ou pós-ductais.
- Radiografia de tórax: observe se a ponta da cânula traqueal está entre a 1^a e a 3^a vértebras torácicas, o volume pulmonar (VP) atinge entre 8 a 9 costelas posteriores ao nível da linha hemiclavicular direita e verifique a presença de complicações como enfisema intersticial (EIP), pneumotórax (Ptx) e atelectasias.
- Volume corrente: ajuste os parâmetros ventilatórios (PIP, PEEP e tempo inspiratório) para manter o volume corrente expirado entre 4 a 6 mL/kg.

5. RN não melhora: o que fazer quando o RN não vai bem?

- RN persiste com sinais de aumento do trabalho respiratório, apesar da correção da hipoxemia e da hipercapnia:
 - Verifique a permeabilidade das vias aéreas: posicionamento da cânula traqueal e secreção.
 - Institua protocolo de manipulação mínima.
 - Avalie a necessidade de administrar analgésicos. fentanil (1 a 2 mcg/kg por hora, EV contínuo. Pode-se aumentar a dose, se necessário, a cada 3 dias, até o máximo de 4 mcg/kg por hora) ou morfina (dose de ataque: 100 mcg/kg, EV e após uma hora, 10 a 15 mcg/kg por hora EV contínuo).
 - Avalie a necessidade de associar sedativos: midazolam (1 a 5 mcg/kg por hora, EV contínuo).
 - Considere o uso da ventilação sincronizada: assistida/controlada (A/C) ou ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV).
- RN mantém hipoxemia (SatO₂ < 89% ou PaO₂ < 50mmHg):
 - Considere uso do surfactante exógeno, se evidências de comprometimento do parênquima pulmonar.
 - Ajuste o PEEP através da avaliação do volume pulmonar pela radiografia de tórax. Se volume pulmonar inferior a 8 costelas aumente o PEEP em 1 a 2 pontos por vez. Procure não utilizar níveis acima de 8 cmH₂O, devido ao risco de baro/volutrauma e às repercussões hemodinâmicas.
 - Se após o ajuste do PEEP, não houver melhora do quadro aumente a FiO₂. Evite uso prolongado de concentrações acima de 60% em virtude dos riscos de atelectasia por lavagem de nitrogênio e de lesão pulmonar por excesso de radicais livres.
 - Se necessário ajuste o PIP, até obter volume corrente entre 4 a 6 mL/kg ou uma elevação da caixa torácica de cerca de 0,5 cm.
 - Se, apesar dos ajustes acima, o RN mantém hipoxemia, afaste hipertensão pulmonar persistente neonatal, persistência do canal arterial, enfisema intersticial e pneumotórax. Considere uso de estratégias alternativas como a ventilação de alta frequência oscilatória (VAFO) e a aplicação do óxido nítrico inalatório (NOi). Caso não disponha dessas terapias pode-se aumentar o tempo inspiratório até no máximo de 1,0 segundo.
- RN mantém hipercapnia (PaCO₂ > 65mmHg):
 - Verifique a permeabilidade das vias aéreas: posicionamento da cânula traqueal, oclusão ou semi-occlusão da cânula por secreção.
 - Afaste as seguintes condições: edema pulmonar por persistência do canal arterial (PCA), enfisema intersticial e pneumotórax.
 - Ajuste o PIP até a adequação da expansibilidade torácica e do volume corrente.
 - Se volume pulmonar acima de 9 costelas à radiografia de tórax, diminua o PEEP em 1 a 2 pontos.

- Caso não haja melhora após os ajustes acima, aumente a FR. Atente para os limites mínimos dos tempos inspiratório e expiratório a fim de evitar a hipoventilação e o aparecimento do fenômeno do auto-PEEP. Caso o ajuste da FR fique acima de 80 cpm, diminua o PEEP para 2 cmH₂O.
- Se, apesar dos ajustes acima, o RN mantém hipercapnia, considere uso da ventilação de alta frequência oscilatória.
- RN apresenta piora súbita do estado cardiorrespiratório (hipoxemia, bradicardia, palidez, má perfusão, agitação e apnéia):
 - Interrompa imediatamente a ventilação mecânica e inicie a ventilação manual com balão auto-inflável e oxigênio a 100%. A seguir investigue a causa da piora.
 - Afaste os problemas clínicos que levam à deterioração aguda, como hipoventilação, obstrução parcial ou total da cânula traqueal, deslocamento da cânula traqueal (extubação ou intubação seletiva), enfisema intersticial, pneumotórax e complicações clínicas extrapulmonares, como sepse, choque e hemorragia periintra-ventricular (HPIV).
 - Verifique o funcionamento do aparelho, ocluindo totalmente a via de saída para o paciente e observando o movimento do mostrador das pressões geradas pelo respirador. Caso não se observe o movimento desse mostrador, cheque os seguintes problemas: escape de gás pelo circuito ou pelo jarro-umidificador, válvula exalatória mal ajustada ou furada, sistema elétrico desligado, rede de gases com pressão insuficiente para a ciclagem do respirador, defeito interno do respirador por problemas na parte fluidica ou no sistema de microprocessamento dos ajustes do aparelho. Nesses casos, procure corrigir o eventual problema ou, se necessário, troque de aparelho.

6. RN melhora: o que fazer quando o RN responde à ventiloterapia?

A ventilação mecânica no período neonatal é um processo dinâmico, no qual os ajustes devem ser feitos com a mesma intensidade não só quando o paciente não vai bem, mas também quando há melhora da insuficiência respiratória. À medida que o paciente melhora do quadro respiratório, procure diminuir os parâmetros ventilatórios para evitar a hiperventilação. Muitas vezes a demora na correção da hipocapnia ou hiperóxia pode ser mais lesiva do que a persistência de hipoxemia ou hipercapnia moderadas. Ao reduzir o suporte ventilatório, dê preferência às mudanças pequenas e constantes do que a decréscimos grandes e esporádicos dos parâmetros do respirador. Normalize o processo de retirada da ventilação pulmonar mecânica. Sugerimos as seguintes coordenadas:

- Policie constantemente os sinais de hiperventilação. A seguir listamos os parâmetros de alerta e os ajustes do suporte ventilatório:
 - Expansibilidade torácica acima de 0,5 cm: ↓ PIP
 - Volume corrente acima de 6 mL/kg: ↓ PIP
 - Volume pulmonar na radiografia torácica acima de 9 costelas: ↓ PEEP
 - PaO₂ acima de 70mmHg: ↓ FiO₂ e a seguir ↓ PEEP
 - SatO₂ pela oximetria de pulso acima de 95%: ↓ FiO₂ e a seguir ↓ PEEP
 - PaCO₂ abaixo de 40mmHg: ↓ PIP, ↓ FR e a seguir ↓ PEEP
- RN mantém hiperóxia (SatO₂ > 95% ou PaO₂ > 70 mmHg):
 - Afaste hiperventilação, observando a expansibilidade torácica, volume corrente e volume pulmonar na radiografia de tórax.
 - Se FiO₂ > 0,60, diminua a concentração de oxigênio em cerca de 10%, a cada 15 a 30 minutos. Evite reduções abruptas da FiO₂, pois pode desencadear vasoconstrição pulmonar e hipoxemia de difícil reversão (efeito “flip-flop”).
 - Se FiO₂ < 0,60 e PaCO₂ entre 40 e 60mmHg, reduza o PEEP em 1 a 2 pontos por vez, a cada 15 a 30 minutos, até o mínimo de 3 cmH₂O.
 - Se FiO₂ < 0,60 e PaCO₂ < 40mmHg, reduza a PIP em 1 a 2 pontos por vez, a cada 15 a 30 minutos, até cerca de 15 cmH₂O. Se a expansibilidade torácica estiver adequada, diminua a FR em 2 a 4 pontos por vez a cada 15 a 30 minutos e continue com a diminuição da FiO₂ sempre que possível.
 - Se FiO₂ < 0,60 e PaCO₂ entre 40 e 60mmHg, uma vez ajustados o PEEP e a PIP, continue a redução na concentração de oxigênio em cerca de 10% por vez a cada 15 a 30 minutos, até 30 a 40%.
- RN mantém hipocapnia (PaCO₂ < 40mmHg):
 - Afaste hiperventilação, observando a expansibilidade torácica, volume corrente e volume pulmonar na radiografia de tórax.
 - Se PIP > 25 cmH₂O, expansibilidade pulmonar normal ou excessiva e SatO₂ > 95% ou PaO₂ > 50mmHg, diminua a pressão em cerca de 1 a 2 cmH₂O por vez a cada 15 a 30 minutos, até atingir uma pressão entre 20 a 25 cmH₂O ou até que atinja um volume corrente entre 4 e 6 mL/kg.
 - Se PIP < 25 cmH₂O, expansibilidade pulmonar normal e SatO₂ entre 89 e 95% ou PaO₂ entre 50 e 70mmHg, reduza a FR em 2 a 4 pontos por vez a cada 15 a 30 minutos, até 10 a 20 movimentos por minuto.
 - Se PIP entre 20 e 25 cmH₂O, FR < 20 ciclos por minuto, expansibilidade pulmonar normal ou excessiva e SatO₂ > 95% ou PaO₂ > 50mmHg, diminua a PIP em cerca de 1 a 2 cmH₂O por vez a cada 15 a 30 minutos, até uma pressão mínima de cerca de 15 cmH₂O ou até que atinja um volume corrente entre 4 e 6 mL/kg.
- Falha na retirada da IMV: em alguns pacientes, especialmente, os RN abaixo de 1000 gramas, à medida que se procede a redução da FR do aparelho observa-se episódios de queda de saturação e bradicardia. Tais episódios ocorrem quando a frequência é ajustada abaixo de 20 cpm. A principal causa é o aumento do trabalho

resistivo imposta pela cânula traqueal. Nessas situações considere o uso das modalidades sincronizadas A/C, SIMV ou SIMV associada a pressão de suporte (PS).

7. Como proceder a extubação traqueal?

Procure estabelecer um protocolo para a extubação traqueal. Sugerimos as seguintes coordenadas:

- Considere a extubação traqueal se o RN mantém o quadro respiratório estável, por no mínimo 6 horas, com os seguintes parâmetros ventilatórios:
 - FR entre 15 a 20 cpm
 - PIP entre 15 a 20 cmH₂O
 - PEEP abaixo de 4 cmH₂O
 - FiO₂ abaixo de 0,40
- Além disso, o paciente deve estar estável em relação aos seguintes sistemas:
 - Hemodinâmico: PA, perfusão periférica e FC devem situar-se nos limites da normalidade sem suporte ou sob infusão mínima de drogas vasoativas.
 - Infecçioso: se o paciente apresenta o diagnóstico de sepse e/ou meningite e/ou enterocolite necrosante, estas infecções devem estar controladas.
 - Hematológico: o RN deve ter um hematócrito mínimo de 35% para preservar a capacidade carreadora de oxigênio.
 - Metabólico: o paciente deve estar euglicêmico e com níveis normais de sódio, potássio, cálcio e magnésio.
 - Neurológico: verificar se o RN é capaz de manter a respiração espontânea de maneira rítmica e regular. Se o paciente é portador de alguma lesão cerebral, a extensão da afecção não deve comprometer o funcionamento do centro respiratório. Além disso, o neonato não deve estar em uso de drogas que levem à depressão respiratória ou estes medicamentos devem estar em fase de retirada.
- Não aconselhamos a aplicação da triagem com o CPAP através da cânula traqueal antes da extubação, mesmo que seja por curto período de tempo, especialmente em RN prematuros de muito baixo peso.
- Utilize as xantinas para estímulo do centro respiratório e aumento da contratilidade da musculatura respiratória nas seguintes condições:
 - Indique nos RN com peso ao nascer inferior a 1000 gramas.
 - Se optar pelo citrato de cafeína, realize o ataque de 20 a 40 mg/kg por via oral ou endovenosa, 24 horas antes da extubação. A seguir, 24 horas após o ataque, inicie com dose de manutenção de 5 a 8 mg/kg por dia, por via oral ou endovenosa.
 - Se optar pela aminofilina, realize o ataque de 4 a 6 mg/kg por via oral ou endovenosa em 30 minutos, 24 horas antes da extubação. A seguir, 12 horas após o ataque, inicie com dose de manutenção de 1,5 a 3,0 mg/kg por dose, por via oral ou endovenosa lenta, a cada 12 horas. É importante manter a concentração sérica da droga entre 7 e 12 mcg/mL.
- Administre corticosteróide para prevenir o edema de laringe e/ou subglótico nas seguintes situações:
 - Nos RN que permaneceram intubados por períodos superiores a 2 semanas ou que apresentaram falha na extubação devido a obstrução de vias aéreas.
 - Inicie com dexametasona 0,1 mg/kg por dose, 3 doses, sendo a primeira cerca de 4 horas antes da extubação e, as duas subseqüentes a cada 8 horas após a extubação. Nos casos de extubação não planejada, ministre a primeira dose logo após a extubação e as duas doses subseqüentes a cada 8 horas.

8. Quais os cuidados pós-extubação?

- Mantenha o jejum oral por cerca de 2 horas após o procedimento.
- Realize inalação com 1,0 mL da solução milesimal de L-adrenalina pura, imediatamente após a extubação e depois a cada 2 a 4 horas, conforme indicação clínica. Monitore o paciente cuidadosamente em relação aos efeitos sistêmicos da adrenalina como taquicardia, arritmias cardíacas e hipertensão arterial, entre outros.
- Utilize os seguintes suportes ventilatórios após a extubação traqueal:
 - Se peso inferior a 1500 gramas, coloque o RN em CPAP nasal com pressão de 4 a 6 cmH₂O e FiO₂ suficiente para manter a SatO₂ entre 89 e 95%.
 - Se peso superior a 1500 gramas, opte por CPAP nasal ou HALO ou oxigênio em incubadora ou cateter nasal, de acordo com a evolução da doença de base, o grau de desconforto respiratório, as alterações gasométricas e o estado hemodinâmico.

BIBLIOGRAFIA - LEITURAS SUGERIDAS

1. Clark NH, Gerstmann DR, Jobe AH, Moffitt ST, Slutsky AS, Yoder BA. Lung injury in neonates: Causes, strategies for prevention, and long-term consequences. *J Pediatr* 2001; 139:478-86.
2. Miyoshi MH, Guinsburg R. Ventilação Pulmonar Mecânica Convencional no Período Neonatal. In: Kopelman BI, Santos AM, Goulart AL, Almeida MFB, Miyoshi MH, Guinsburg R ed. *Diagnóstico e Tratamento em Neonatologia*, São Paulo, Editora Atheneu, 2004, pag.:149-59.
3. Miyoshi MH. Insuficiência Respiratória no Período Neonatal – Recursos Terapêuticos. In: Procianny RS, Leone CR ed. *Programa de Atualização em Neonatologia (PRORN) – Sociedade Brasileira de Pediatria*. Artmed/Panamericana Editora Ltda, Porto Alegre – RS, Módulo 4, Ciclo 2, 2005.
4. Sinha SK, Donn SM. Weaning newborn from mechanical ventilation. *Semin Neonatol* 2002; 7:421-28.

5. Thome UH & Carlo WA. Permissive hypercapnia. Semin Neonatol 2002; 7:409-19.
6. Wood BR. Physiologic principles. In: Goldsmith JP, Karotkin EH, editors. Assisted ventilation of the neonate. 4th ed. Philadelphia: WB Saunders 2003; p.15-40.

Prof. Dr. Milton Harumi Miyoshi

Professor Assistente da Disciplina de Pediatria Neonatal da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP/EPM

Diretor Clínico do Hospital das Clínicas Luzia de Pinho Melo – Mogi das Cruzes/SP

Consultor Médico da UTI Neonatal do Hospital e Maternidade Santa Joana – SP

e-mail: miltonmiyoshi@yahoo.com.br