

# VENTILAÇÃO MECÂNICA: COMO INICIAR

Felipe Dominguez Machado  
Guilherme Lemos Eder  
Cynthia Rocha Dullius  
Sérgio Baldisserotto

## UNITERMOS

RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL; UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA; SERVIÇOS MÉDICOS DE EMERGÊNCIA.

## KEYWORDS

*RESPIRATION, ARTIFICIAL; INTENSIVE CARE UNITS; EMERGENCY MEDICAL SERVICES.*

## SUMÁRIO

O conhecimento dos conceitos básicos e da utilização prática da ventilação mecânica (VM) é indispensável para médicos que pretendem trabalhar nas áreas de emergência e medicina intensiva. Este artigo de revisão tem como objetivo explicar de forma simplificada os conceitos iniciais, as indicações de VM e o ajuste dos parâmetros iniciais.

## SUMMARY

*The knowledge of the basic concepts and practical use of mechanical ventilation is essential for physicians who intend to work in the areas of emergency and intensive care medicine. The objective of this review article is to explain in simplified form the initial concepts, indications and the general settings of mechanical ventilation.*

## INTRODUÇÃO

Em emergências e UTIs é frequente o uso de ventiladores mecânicos como ferramenta indispensável em muitos casos. O conhecimento dos conceitos básicos e ajustes iniciais são essenciais aos médicos que trabalham nestas áreas.

A ventilação mecânica (VM) substitui ou auxilia a ventilação espontânea. Está indicada tanto em casos de insuficiência respiratória hipercápnica quanto hipoxêmica (ex: DPOC descompensado, crise de asma grave, edema agudo de pulmão, etc). A VM pode ser não invasiva (VNI), com uso de máscaras faciais, ou invasiva (VMI), através de tubo endotraqueal ou cânula de traqueostomia.

A VM tem o objetivo de melhorar as trocas gasosas, diminuir trabalho respiratório (WOB:work of breathing), aumentar os níveis de oxigenação, diminuir a hipercapnia e a acidose respiratória e permitir melhora da relação ventilação/perfusão (V/Q) pulmonar.

## **CONCEITOS BÁSICOS**

### ***Fração inspirada de oxigênio (FiO<sub>2</sub>)***

Representa a proporção de oxigênio no ar inspirado. Uma FiO<sub>2</sub> de 1,0 (100%) deve ser usada inicialmente para recuperar a hipoxemia decorrente da instalação do aparelho e ajustes iniciais, sendo diminuída gradualmente para valores que permitam uma pressão parcial de oxigênio arterial (PaO<sub>2</sub>) acima de 60mmHg e uma saturação de oxiemoglobina arterial (SaO<sub>2</sub>) entre 93 e 97%.

Valores de FiO<sub>2</sub> acima de 0,6 estão relacionados a risco aumentado de complicações como lesão das vias aéreas por toxicidade direta do O<sub>2</sub>, atelectasias e piora da hipercapnia.

Quando não é possível alcançar os níveis desejados de PaO<sub>2</sub> e SaO<sub>2</sub> com altos valores de FiO<sub>2</sub> devem ser utilizadas manobras como aumento do tempo inspiratório, uso de pressão positiva ao final da expiração (PEEP) e manobras de recrutamento alveolar, para melhorar a oxigenação diminuindo a fração de "shunt" intrapulmonar.

### ***Volumes e frequência respiratória***

Volume corrente (VT: Tidal volume) corresponde a quantidade de ar ofertada pelo ventilador a cada ciclo ventilatório. O volume corrente comumente utilizado em ajustes inicial varia de 6 a 10 mL/Kg de peso predito (Peso predito homens(kg)= 50+2,3[(altura(cm)x0,394)-60]; Peso predito mulheres(kg)= 45,5+2,3[(altura(cm)x0,394)-60]).

Em casos de síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) volumes correntes menores que 6 mL/Kg e ventilação prona demonstraram diminuição da mortalidade.

Volume minuto (VM) é o produto do VT pela frequência respiratória (FR), seus valores normais variam de 5 a 10 L/min. Representa o principal determinante da PCO<sub>2</sub> - o aumento do VM corresponde à diminuição dos níveis de CO<sub>2</sub>.

### ***Pressão positiva ao final da expiração (PEEP) e Pressão de platô (PPlatô)***

Existe fisiologicamente uma pressão positiva ao final da expiração, que é ocasionada pelo fechamento da epiglote e represamento de ar no sistema respiratório. Esta pressão, de normalmente 2 a 4 cmH<sub>2</sub>O, impede que ocorram

atelectasias. Em pacientes intubados ou com traqueostomia, ocorre a perda deste mecanismo, sendo assim necessário que o VM forneça uma PEEP.

Considera-se adequado um valor de 5 cmH<sub>2</sub>O para o ajuste inicial da PEEP. Valores maiores podem ser usados com a finalidade de diminuir edema pulmonar e em manobras de recrutamento alveolar (abertura de alvéolos colapsados). O aumento da pressão intratorácica pode levar a consequências como aumento da pressão intracraniana, diminuição do retorno venoso e do débito cardíaco. Além disso, está associado a eventos gastrointestinais como úlceras de estresse e diminuição da motilidade.

O represamento de ar, com aumento das pressões pulmonares, gera uma pressão maior que PEEP desejada, a qual denominamos auto-PEEP. Isso ocorre principalmente em paciente com obstrução das vias aéreas, como em paciente com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), asma e em paciente com broncoespasmo. Pode ser ocasionada também por grandes volumes correntes, altas frequências respiratórias e baixos fluxos inspiratórios, por inversão da relação inspiração/expiração (I:E) para valores menores que 1:2. Embora a PEEP seja essencialmente benéfica para o paciente, o aumento da pressão intrapulmonar associada o auto-PEEP acarreta elevado risco de complicações hemodinâmicas, assincronias ventilatórias, barotrauma e aumento do espaço morto (regiões ventiladas, porém não perfundidas – piora da hipercapnia).

Em VMI deve-se ter atenção ao aumento de pressão nas vias aéreas no sentido de minimizar a possibilidade de lesão induzida pela ventilação mecânica (VILI: ventilator induced lung injury). Deve-se manter a pressão de platô (pressão de pausa inspiratória em modo volume controlado) menor que 30cm H<sub>2</sub>O e a pressão de distensão alveolar (pressão de platô menos a PEEP em modo volume controlado ou pressão sobre PEEP quando em modo pressão controlada) menor do que 15 cm H<sub>2</sub>O, para minimizar o "strain" e "strech" alveolares.

### ***Fluxo inspiratório***

O fluxo inspiratório corresponde a velocidade com que o volume corrente é ofertado. O ajuste do pico de fluxo inspiratório pode determinar uma modificação no tempo inspiratório e da relação I:E. Geralmente são utilizados valores entre 40 a 60 L/min, procurando não exceder pressões de pico maiores que 40 cmH<sub>2</sub>O. No entanto, em determinados casos, como DPOC e asma, são necessários valores maiores para redução do tempo inspiratório e conseqüente aumento da relação I:E. Desta forma, ocorre melhora da hipercapnia e diminuição do risco de auto-PEEP.

### ***Relação I:E***

A relação entre o tempo inspiratório e expiratório fisiológico corresponde a 1:2 e 1:3. Nos ventiladores mais modernos esta relação pode ser alterada diretamente. Nos demais, devemos regular o fluxo inspiratório, frequência respiratória, pausa ao final da inspiração e volume corrente, para ajustar indiretamente a relação I:E.

O tempo inspiratório pode ser calculado pela divisão do volume corrente pelo fluxo inspiratório. Assim, diminuindo o VT ou aumentando o fluxo inspiratório, ocorre diminuição do tempo inspiratório. Uma relação I:E de 1:4 ou 1:5 é necessária em doenças que cursam com obstrução das vias aéreas. Em oposição, uma relação I:E de 1:1 ou 1:0,8 pode ser necessária em situações de baixa complacência pulmonar, como a SDRA.

### ***Sensibilidade (Disparo/Triggers)***

Os aparelhos de VM podem ser programados para disparar/iniciar uma inspiração de acordo com a sensibilidade ajustada. Dependendo do modo ventilatório utilizado, podemos configurar o aparelho de VM para iniciar um novo ciclo ventilatório de acordo com variações no fluxo ou pressão nas vias aéreas, geradas pelo esforço respiratório do paciente.

Ao ajustar o ventilador para disparo por pressão, utiliza-se usualmente uma pressão de  $-2\text{cmH}_2\text{O}$ . Para disparo por fluxo, uma sensibilidade de 1 a 5 L/min é adequada.

### ***Ciclo ventilatório***

O início da ventilação pode ocorrer por disparo, através do ajuste da sensibilidade (por pressão ou fluxo), ou por tempo, dependendo da frequência respiratória.

O ventilador gera a inspiração de acordo com variáveis pré-determinadas. O volume, a pressão e o fluxo inspiratório podem ser programados para se manterem constantes durante a inspiração e não ultrapassarem valores determinados, sendo denominados de variáveis de limite. A mudança da fase inspiratória para a expiratória (ciclagem) ocorre de acordo com a variável de ciclagem. A ventilação pode ser ciclada a volume, tempo inspiratório, fluxo ou pressão. Ao final da inspiração, anteriormente ao início da expiração, pode-se instituir uma pausa, útil para maximizar as trocas gasosas.

A fase expiratória ocorre de forma passiva, dependendo das qualidades elásticas pulmonares.

## Modos ventilatórios

Os modos ventilatórios podem ser controlados/mandatórios (quando o ventilador fornece o ciclo de acordo os parâmetros ajustados, sem participação do paciente), assistidos (o paciente inicia os ciclos respiratórios através de ajuste da sensibilidade, porém o ventilador controla e finaliza a inspiração) e de suporte (quando o ventilador gera uma pressão positiva para auxiliar a respiração; a pressão pode ser contínua – CPAP, ou bifásica - BIPAP).

Alguns modos associam duas possibilidades das citadas anteriormente, como o modo assistido-controlado (combina um mecanismo misto de disparo, programado por sensibilidade à pressão ou a fluxo, dependendo do paciente para deflagrar a inspiração, e por tempo, dependendo da frequência respiratória configurada, servindo como um mecanismo de segurança e gerando um novo ciclo apenas quando não ocorre disparo pela sensibilidade) e ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV - ciclos espontâneos gerados pelo paciente são intercalados por ciclos mandatórios controlados pelo ventilador, a recomendação é evitar seu uso, pois está associado a maior demora na retirada da VM).

O modo ventilatório deve ser escolhido de acordo com a experiência do médico, não havendo evidências de que um modo seja superior a outros em relação a desfechos.

**Tabela 1 - Resumo dos modos de ventilação mecânica.**

Assisto-controlados	
Ciclado a Volume	Limitado a pressão
Disparo: -Tempo/FR (controlado), ou -Fluxo ou pressão (assistido)	Disparo: -Tempo/FR (controlado), ou -Fluxo ou pressão (assistido)
Variável limitante -Fluxo inspiratório	Variável limitante: -Pressão inspiratória
Ciclagem: -VT pré-determinado	Ciclagem: -Tempo inspiratório
Alarmes: -Ppico <40cmH <sub>2</sub> O	Alarmes: -VM mínimo e máximo
OBS: neste modo a pressão nas vias aéreas não é constante, necessitando de monitorização para que as Ppico e Pplatô não excedam valores prejudiciais (risco de barotrauma, instabilidade hemodinâmica).	OBS: Neste modo o VT não é constante, assim cuidados devem ser tomados para que o paciente receba um VT adequado. Este modo permite maior controle da pressão nas vias aéreas.
SMIV	
Ciclos controlados: -Ciclados a volume -Limitados a pressão	Ciclos espontâneos: -Devem ser associados a PSV
OBS: os ciclos controlados iniciam quando o paciente não dispara a ventilação no tempo pré-determinado pela FR.	
Pressão de suporte (PSV)	
Disparo: - Pressão ou fluxo (paciente)	
Variável limitante: - Pressão inspiratória	
Ciclagem: - Queda do fluxo inspiratório (geralmente a 25% do Fluxo inspiratório)	
OBS: em ventilações assistidas ou espontâneas é considerado o modo preferencial.	

Não invasiva (com máscara facial)	
CPAP -Ciclos espontâneos É mantida uma pressão positiva constante nas vias aéreas.	BIPAP É utilizada uma pressão inspiratória (IPAP) para ventilar o paciente, associada a uma pressão expiratória (EPAP).

## INICIANDO A VENTILAÇÃO MECÂNICA

### *Suporte ventilatório não invasivo (VNI)*

A VNI utiliza uma pressão constante em vias aéreas (CPAP) ou pressões bifásicas (BIPAP) para auxiliar a ventilação do paciente através do uso de máscaras. O paciente indicado a VNI é aquele que com esforço respiratório (FR >24mrpm, tiragens intercostais e furcular), que apresenta PaCO<sub>2</sub> >45mmHg e <50mmHg, pH <7,35 e >7,25, está consciente e cooperativo, e não apresenta contraindicações.

O uso da VNI em DPOC e edema agudo de pulmão demonstrou diminuição da mortalidade e da necessidade de intubação endotraqueal. Após a extubação, a VNI reduziu a necessidade de reintubação e taxas de mortalidade.

Nos casos de edema agudo de pulmão utiliza-se habitualmente CPAP com valores próximos a 10 cmH<sub>2</sub>O. Em casos de DPOC, em modo BIPAP, uma pressão expiratória (EPAP) de 4 a 6 cmH<sub>2</sub>O e uma pressão inspiratória de 10 a 15 cmH<sub>2</sub>O, deve ser o suficiente para melhorar o desconforto respiratório e diminuir a FR. Nos paciente hipoxêmicos uma CPAP de 8 a 10 cmH<sub>2</sub>O ou BIPAP, com EPAP de 8 a 10 cm e IPAP suficiente para gerar um VT de 7 a 10ml/Kg de peso ideal, deve melhorar os parâmetros respiratórios do paciente.

O médico deve ficar atento a descompensação ou manutenção do quadro respiratório, avaliando o paciente de 30 minutos a 2 horas do início da VNI. Caso seja identificado insucesso, a VNI deve ser descontinuada e o paciente precisa ser prontamente intubado para início da ventilação mecânica invasiva.

**Tabela 2 - Contraindicações de VNI**

Absolutas
Necessidade de intubação de emergência
Parada cardiorrespiratória
Relativas
Instabilidade hemodinâmica (choque, arritmias graves, IAM)
Secreções abundantes em vias aéreas
Rebaixamento do nível de consciência
Incapacidade de cooperar
Obstrução de vias aéreas superiores
Trauma, queimadura ou cirurgia facial
Alto risco de aspiração (comprometimento dos mecanismos de tosse e deglutição)
Anastomose de esôfago recente

### **Ventilação mecânica invasiva (VMI)**

A VMI é indicada para casos de insuficiência respiratória grave. Nestes casos os pacientes podem se apresentar com FR > 35mrpm, uso da musculatura acessória, PaO<sub>2</sub> < 60mmHg e/ou PaCO<sub>2</sub> > 55, pH < 7,25, SaO<sub>2</sub> < 90% apesar do uso de O<sub>2</sub> suplementar. Algumas situações indicam o uso de intubação endotraqueal e o uso de VM como o rebaixamento do nível de consciência (Glasgow <8), o desconforto respiratório associado a instabilidade hemodinâmica, a obstrução de vias aéreas superiores (edema de glote, epiglotite, queimadura de face, etc), as situações com aumento de risco de aspiração (doenças neurológicas, síndrome de Guillain-Barré, miastenia gravis), a ressuscitação cardiopulmonar prolongada, a fadiga da musculatura respiratória, entre outros.

A causa de base da insuficiência respiratória deve ser identificada, uma vez que parâmetros ventilatórios são ajustados de acordo. Exames complementares são necessários na avaliação do paciente em VM, como hemograma, eletrólitos, radiografia de tórax, ECG e gasometria arterial (quando houver necessidade, outros exames devem ser solicitados). O paciente deve ser monitorado com oximetria de pulso contínua, aferições da pressão arterial frequentes e monitor cardíaco quando disponível.

**Tabela 3. Ajustes iniciais da VMI em modo A/C ciclado a volume.**

Situações	Padrão	Asma/DPOC	SDRA
VT	6 mL/Kg	<8mL/Kg	4-6mL/Kg
Fluxo	40-60 L/min	80-100L/min	50-70L/min
FR	12-16mrpm	< 12mrpm	12-26mrpm (Suficiente para PaO <sub>2</sub> >60mmHg ou SatO <sub>2</sub> > 89%)
Relação I:E	1:2, 1:3	1:3, 1:4,1:5	1:1
PEEP	3-5cmH <sub>2</sub> O		10-20 cmH <sub>2</sub> O*
PPlatô	Até 35cmH <sub>2</sub> O	<30cmH <sub>2</sub> O	<30cmH <sub>2</sub> O
Índices	PaO <sub>2</sub> , SatO <sub>2</sub> e PaCO <sub>2</sub>	pH, PaO <sub>2</sub> e SatO <sub>2</sub>	pH, PaO <sub>2</sub> e SatO <sub>2</sub>
Observações	Alarme de Pressão máxima na vias aéreas = 40cmH <sub>2</sub> O	A retenção de CO <sub>2</sub> nestes pacientes pode ser tolerada em virtude da priorização do tempo expiratório. Cuidar risco de auto-PEEP.	Retenção de CO <sub>2</sub> é aceitável. Aumentar VT se pH < 7,15.

\*PEEP de acordo com FiO<sub>2</sub> necessária.

### **SEDAÇÃO E ANALGESIA**

A administração de sedação e analgesia é indicada em durante a VMI para auxiliar no controle da ansiedade, dor e agitação, melhorando assim a tolerância à VMI e procedimentos realizados. Os agentes mais utilizados para sedação são midazolam, propofol e dexmedetomidina, e para analgesia são usados com maior frequência fentanil, morfina e remifentanil.

Um esquema comumente utilizado na iniciação de VM é a administração de Midazolam, na dose de 0,01 a 0,05mg/Kg IV (ampola de 5mg/5ml), associado

a Fentanil, na dose de 50 a 100mcg IV (ampola de 50mcg/ml). O bloqueio neuromuscular com cisatracúrio está indicado nos casos de SARA com relação  $PaO_2/FiO < 120$ , na dose de inicial de 15mg, seguido de infusão contínua a 37,5mg/h.

## COMPLICAÇÕES EM VM

Diversas complicações podem ser desencadeadas com uso da VM com pressão positiva em vias aéreas. Deve-se monitorar o paciente de forma contínua e estar atento para alterações, como diminuição do débito cardíaco e hipotensão, barotrauma e pneumotórax, auto-PEEP, aumento da pressão intracraniana, lesão pulmonar por toxicidade pelo  $O_2$  e atelectasias por reabsorção.

## CONCLUSÃO

Tendo em vista a importância do uso de VM, o médico deve dominar os conceitos básicos e os modos ventilatórios tradicionais, escolhendo o modo que mais se adequa às necessidades do paciente e à experiência do profissional.

Objetivando a melhora clínica e o momento do desmame, deve-se estar atento para a monitorização e avaliação a partir de exames complementares, visando evitar as complicações da VM e/ou a manutenção do quadro disfuncional.

## REFERÊNCIAS

1. Forum de Diretrizes de Ventilação Mecânica 1. Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica 2013. São Paulo: AMIB; 2013.
2. Hess DR. Noninvasive Ventilation for Acute Respiratory Failure. *Respir Care*. 2013 Jun;58(6):950-72.
3. De Backer D. The effects of positive end-expiratory pressure on the splanchnic circulation. *Intensive Care Med*. 2000 Apr;26(4):361-3.
4. Levine S, Nguyen T, Taylor N, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med*. 2008 Mar 27;358(13):1327-35.
5. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med*. 2000 May 4;342(18):1301-8.
6. Jakob SM, Ruokonen E, Grounds RM, et al. Dexmedetomidine vs midazolam or propofol for sedation during prolonged mechanical ventilation. *JAMA*. 2012 Mar 21;307(11):1151-60.
7. Tobin MJ. Mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1994 Apr 14;330(15):1056-61.
8. Courey AJ, Hyzy RC. Overview of mechanical ventilation. [Database on internet]. 2014 [updated 2014; cited 2014 Jul 30]. In: UpToDate. Available: [http://www.uptodate.com/contents/overview-of-mechanical-ventilation?source=search\\_result&search=MOverview+of+mechanical+ventilation&selectedTitle=1~150](http://www.uptodate.com/contents/overview-of-mechanical-ventilation?source=search_result&search=MOverview+of+mechanical+ventilation&selectedTitle=1~150)
9. Hou P, Baez AA. Mechanical ventilation of adults in the emergency department. [Database on internet]. 2014 [updated 2014; cited 2014 Jul 30]. In: UpToDate. Available: [www.uptodate.com/contents/mechanical-ventilation-of-adults-in-the-emergency-department?source=search\\_result&search=Mechanical+ventilation+of+adults+in+the+emergency](http://www.uptodate.com/contents/mechanical-ventilation-of-adults-in-the-emergency-department?source=search_result&search=Mechanical+ventilation+of+adults+in+the+emergency).