

## CAPÍTULO 73

# Ventilação de Alta Frequência em pediatria

---

*Mário José da Conceição, MSc, TSA\**

A ventilação de alta frequência (VAF) é uma forma radical de ventilação, diferente da ventilação pulmonar convencional. Durante a ventilação com alta frequência, trabalha-se com frequências acima de 2 Hz (2 a 100 Hz) e volumes muito inferiores aos do espaço morto anatômico. Sua utilização tem se mostrado útil em recém-nascidos prematuros com síndrome de angústia respiratória e pacientes com outros graves problemas respiratórios. Até o momento se desconhece um protocolo claro que indique a forma mais efetiva de ventilação mecânica em relação ao dano pulmonar nesses pacientes. A razão prioritária para o uso da ventilação de alta frequência são os pequenos volumes respiratórios empregados que reduzem os grandes movimentos pulmonares, observados nas técnicas de ventilação convencionais, em contrapartida reduzindo a distensão da parede alveolar e aliviando o dano induzido pelo estiramento(1).

Os modelos matemáticos tem ajudado no entendimento dos efeitos mecânicos da ventilação pulmonar e reforçam a necessidade de tal protocolo. Na síndrome de angústia respiratória, o comprometimento pulmonar não ocorre de forma homogênea, havendo áreas com complacência próxima do normal. A consequência é a diminuição progressiva do volume pulmonar, com “endurecimento” ou “diminuição” dos pulmões. Apesar da ventilação mecânica ser fundamental na manutenção da vida desses pacientes, o dano ao parênquima pulmonar provocado pelos respiradores permanece um problema insolúvel e não existe ainda o padrão ideal de ventilação definido. Dependendo do padrão ventilatório adotado, podem ocorrer lesões pulmonares progressivas. A técnica utilizada para ventilar áreas de “baixa complacência” pode não ser apropriada para ventilar áreas com complacência “normal”(2,3). Assim essas regiões são susceptíveis a sofrer dano pulmonar, tais como: barotrauma por pressão excessiva utilizada durante a ventilação mecânica (pneumotórax,

---

\* Professor de Técnicas Cirúrgicas e Anestésicas  
Fundação Universidade Regional de Blumenau  
Co-responsável do CET Integrado da Secretaria de Saúde do Estado de Santa Catarina

enfisema intersticial, penumo-mediastino); volutrauma quando o volume corrente administrado distende preferentemente áreas de complacência normal ou aumentada, ocasionando estiramento e ruptura tecidual, seguida de extravasamento capilar, edema alveolar, distúrbios na produção e distribuição do surfactante; atelectrauma é a lesão pulmonar relacionada com a abertura e fechamento de unidades alveolares e nesses casos os pulmões são ventilados usando baixos volumes correntes, inferiores ao ponto de inflexão da curva pressão –volume e/ou pressão no final da expiração incapaz de manter os alvéolos distendidos com o progressivo colapso pulmonar, requerendo pressões maiores para reabrir esses alvéolos; biotrauma é o dano celular imposto pelo colapso, estiramento ou ruptura tecidual e aumento dos mediadores inflamatórios(4,5). Tem-se buscado formas e técnicas protetoras de ventilação mecânica em pacientes com síndrome de angústia respiratória, com a finalidade de reduzir a prevalência de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica.

Em recém-nascidos portadores de síndrome da angústia respiratória é comum se observar disfunção do surfactante, com acentuada instabilidade das unidades alveolares, favorecendo o respectivo colapso(6). A estratégia nessa situação quase sempre, baseia-se em aumentar o volume expiratório pulmonar (normalmente com pressão positiva no final de expiração –peep), utilizar baixos volumes correntes para evitar a hiperinsuflação pulmonar, com a consequente distensão alveolar, administração de surfactante exógeno, além de outras(7).

Apesar de ter sido desenvolvida há mais de cinquenta anos, a VAF é um método de ventilação mecânica onde se administra aos pulmões pequenos volumes correntes, com pressão média constante nas vias aéreas, em elevadas frequências ventilatórias (> 2 Hz), contrapondo-se à ventilação mecânica tradicional, onde grandes volumes respiratórios são administrados a baixas frequências (<0,25 Hz). Os pulmões estariam assim protegidos das lesões potenciais provocadas por essa ventilação tradicional(8). A VAF tem se mostrado útil na transferência de gases em recém-nascidos prematuros e crianças sofrendo de insuficiência respiratória em consequência de uma série de doenças pulmonares e vem sendo reconhecida como uma alternativa eficaz para ser empregada nesses pacientes. Apesar dos seus benefícios teóricos, os estudos clínicos em humanos continuam controversos e sem um consenso, impedindo seu uso de forma rotineira(9).

Existem na verdade três modelos de VAF: a) HFPPV – ventilação de alta frequência com pressão positiva; b) HFJV – ventilação de alta frequência tipo ventilação em jato (“jet ventilation”); c) HFOV – ventilação de alta frequência oscilatória. As duas primeiras modalidades foram abandonadas pelos seus resultados pouco convincentes em estudos controlados, comparando-os com as técnicas tradicionais de ventilação. No momento a modalidade usada é a ventilação de alta frequência oscilatória.(VAFO)(9). Os respiradores funcionam como uma bomba em vai-e-vém, ou então por mecanismo semelhante ao núcleo de um alto falante, induzido por um oscilador eletrônico. O volume corrente é administrado através de tubos traqueais normais e tanto a inspiração quanto a expiração são ativas e com igual poder, em uma relação 1:1. Um fluxo de gas auxiliar é utilizado para evacuar o dióxido de carbono e fornecer gas fresco ao sistema. As curvas de ventilação fornecidas por esses sistemas são do tipo sinusoidal. Como os volumes administrados são muito menores do que o necessário para encher os pulmões, levanta-se a questão de como a VAF pode ventilar afinal. Há um número razoável de mecanismos propostos para explicar o aparente paradoxo da troca gasosa durante a VAFO: ventilação alveolar direta, perfis de velocidade assimétricos, dispersão de Taylor, mistura cardiogênica, difusão acelerada e um vazamento de gas de uma unidade alveolar para outra vizinha durante o ciclo ventilatório chamada de “pandeluft”(10,11). Parece que todos atuam juntos e individualmente. A dispersão convectiva do gas nos brônquios devido aos perfis assimétricos do fluxo aéreo durante a inspiração e a expiração e intrincados modelos matemáticos, envolvendo inclusive uma analogia entre estrutura alveolar e circuitos elétricos são propostas para justificar o

funcionamento da VAFO(12,13). Em princípio a descrição matemática do fluxo aéreo através dos pulmões é possível no sentido de que podemos escrever equações que explicam a dinâmica fluidica do ar, a mecânica das paredes da via aérea e a interação entre esses fatores. Entretanto a complexidade geométrica do pulmão inviabiliza uma solução apenas numérica para a explicação do que ocorre fisiologicamente(14).

As vantagens teóricas da VAFO seriam:

1. manter a abertura das vias aéreas
2. menor volume e pressão em cada fase respiratória
3. troca gasosa em pressões significativamente mais baixas
4. menor efeito sobre o sistema cardiovascular
5. menor depleção do surfactante endógeno.

Em alguns estudos tem se demonstrado em recém-nascidos prematuros com síndrome de angústia respiratória e em recém-nascido hipóxicos uma melhora importante da oxigenação, porém os dados publicados ainda são limitados(6).

### Referências Bibliográficas

1. H. K. Chang - Mechanisms of gas transport during ventilation by high-frequency oscillation, *J. Appl. Physiol.*, 56 (1984), pp. 553–563.
2. C. Darquenne and M. Paiva - Two- and three-dimensional simulations of aerosol transport and deposition in alveolar zone of human lung, *J. Appl. Physiol.*, 80 (1996), pp. 1401–1414.
3. B. L. K. Davey and J. H. T. Bates, Regional lung impedance from forced oscillations through alveolar capsules, *Respir. Physiol.*, 91 (1993), pp. 165–182.
4. Froese AB: High-frequency oscillatory ventilation for adult respiratory distress syndrome: let's get it right this time. *Crit Care Med* 1997, **25**:906-908.
5. R. H. Clark, D. R. Gerstmann, D. M. Null, et al - Pulmonary interstitial emphysema treated by high-frequency oscillatory ventilation, *Crit. Care Med.*, 14 (1986), pp. 926–930.
6. Arnold JH, Hanson JH, Toro-Figuero LO et al - Prospective, randomized comparison of high-frequency oscillatory ventilation and conventional mechanical ventilation in pediatric respiratory failure. *Crit Care Med* 1994, **22**:1530-1539.
7. Arnold JH, Anas NG, Luckett P et al: High-frequency oscillatory ventilation in pediatric respiratory failure: a multicenter experience. *Crit Care Med* 2000, **28**:3913-3919.
8. Duval EL, Markhorst DG, Gemke RJ et al: High-frequency oscillatory ventilation in pediatric patients. *Neth J Med* 2000, **56**:177-185.
9. Watkins SJ, Peters MJ, Tasker RC: One hundred courses of high frequency oscillatory ventilation: what have we learned? *Eur J Pediatr* 2000, **159**:134.
10. H. Fukaya, C. Martin, A. Young, and S. Katsura, Mechanical properties of alveolar walls, *J. Appl. Physiol.*, 25 (1968), pp. 689–695.
11. K. C. High, J. S. Ultman, and S. R. Karl, Mechanically induced pendelluft flow in a model airway bifurcation during high frequency oscillation, *J. Biomech. Eng.*, 113 (1991), pp. 342–347.
12. E. Denny and R. C. Schroter, The mechanical behavior of a mammalian lung alveolar duct model, *J. Biomech. Eng.*, 117 (1995), pp. 254–261.
13. J. J. Fredberg and A. Hoenig, Mechanical response of the lungs at high frequencies, *J. Biomech. Eng.*, 100 (1977), pp. 57–66.
14. J. J. Fredberg and D. Stamenovic, On the imperfect elasticity of lung tissue, *J. Appl. Physiol.*, 67 (1989), pp. 2408–2419.

