

José Roberto Fioretto¹, Celso Moura Rebello²

Ventilação oscilatória de alta frequência em pediatria e neonatologia

High-frequency oscillatory ventilation in pediatrics and neonatology

1. Livre-docente, Professor Adjunto do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Botucatu (SP), Brasil.

2. Doutor, Professor Assistente do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - USP – São Paulo (SP), Brasil.

Recebido do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Botucatu (SP), Brasil.

Submetido em 1 de Julho de 2008

Aceito em 24 de Dezembro de 2008

Autor para correspondência:

José Roberto Fioretto
Departamento de Pediatria - Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP
Distrito de Rubião Júnior
CEP:18618-000 – Botucatu (SP), Brasil.
Fone/Fax: +55 (14) 3811-6274.
E-mail: jrf@fmb.unesp.br

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo rever a literatura e descrever a utilização da ventilação oscilatória de alta frequência em crianças e recém-nascidos. Revisão bibliográfica e seleção de publicações mais relevantes sobre ventilação de alta frequência utilizando as bases de dados MedLine e SciElo publicadas nos últimos 15 anos. As seguintes palavras-chave foram utilizadas: ventilação oscilatória de alta frequência, ventilação mecânica, síndrome do desconforto respiratório agudo, crianças e recém-nascidos. Descreveu-se o emprego da ventilação oscilatória de alta frequência em crianças com síndrome do desconforto respiratório agudo, síndrome de escape de ar e doença pulmonar obstrutiva. Avaliou em recém-nascidos, síndrome do desconforto respiratório, displasia broncopulmonar, hemorragia peri-intraventricular, leucoencefalomalácia e extravasamento de ar. Também, abordou a transição da ventilação mecânica convencional para a ventilação de alta frequência e o manuseio

específico da ventilação de alta frequência quanto à oxigenação, eliminação de gás carbônico, realização de exame radiológico, realização de sucção traqueal e utilização de sedação e bloqueio neuromuscular. Foram abordados o desmame deste modo ventilatório e as complicações. Em crianças maiores a ventilação oscilatória de alta frequência é uma opção terapêutica, principalmente na síndrome do desconforto respiratório agudo, devendo ser empregada precocemente. Também pode ser útil em casos de síndrome de escape de ar e doença pulmonar obstrutiva. Em recém-nascidos, não há evidências que demonstrem superioridade da ventilação oscilatória de alta frequência em relação à ventilação convencional, sendo a síndrome de escape de ar a única situação clínica em que há evidência de melhores resultados com este modo ventilatório.

Descritores: Ventilação oscilatória de alta frequência; Ventilação mecânica; Síndrome do desconforto respiratório agudo; Criança; Recém-nascidos

INTRODUÇÃO

O controle seguro da função ventilatória obtido por meio da ventilação mecânica (VM) constitui-se em um dos pilares do tratamento intensivo em pediatria e neonatologia. Apesar de ser procedimento salvador de vidas, há evidências crescentes de que a ventilação mecânica convencional (VMC) pode piorar a função pulmonar e contribuir para o desenvolvimento de disfunção orgânica múltipla, na tentativa de garantir troca gasosa normal durante falência respiratória aguda.⁽¹⁻⁴⁾

Diversas publicações alertaram para a lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica (LPIVM). A idéia que predomina atualmente é a de que o emprego de altos volumes correntes, que geram altas pressões inspiratórias durante

VM de pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), determina lesão estrutural em áreas de pulmão até então saudáveis, reproduzindo as lesões anatomo-patológicas da SDRA nestas áreas, agravando a hipoxemia e piorando a evolução dos pacientes.^(5,6)

Assim, a LPIVM pode ser definida como lesão que simula a lesão pulmonar aguda e que ocorre em pacientes submetidos à VM. Superdistensão repetitiva dos pulmões e o conseqüente desenvolvimento de atelectasia contribuem para a lesão pulmonar, a qual se origina do padrão ventilatório utilizado para o suporte da oxigenação e da ventilação. Mudança cíclica no volume pulmonar parece ser causa importante de LPIVM, sugerindo que uma estratégia ventilatória que evite grandes variações no volume pulmonar pode ser benéfica.^(7,8)

Baseado no conhecimento de LPIVM surgiu o conceito de ventilação mecânica protetora, definida como ventilação que minimiza o volume corrente, mantém o pico de pressão inspiratória baixo, oferece pressão expiratória final positiva (PEEP) suficiente para manter a abertura alveolar, evitando o colapso alveolar e a abertura e fechamento cíclicos das unidades alveolares, utiliza concentrações não tóxicas de oxigênio e permite a hipercapnia.^(5,7)

Embora a VMC seja efetiva para a maioria das crianças, há um número significativo de pacientes com insuficiência respiratória grave nos quais a VMC pode não garantir a oxigenação e a ventilação. Nestes casos, quando a utilização de ventilação protetora é mandatória, a ventilação oscilatória de alta frequência (VOAF) passa ser uma alternativa atraente.⁽⁹⁾

A VOAF é um modo ventilatório que utiliza volume corrente menor do que o volume do espaço morto anatómico (1–3 mL/Kg) com frequência bem acima da fisiológica (5–10 Hertz, ou seja, 300–600 ciclos/minuto). Esta forma de ventilação vem sendo utilizada com sucesso para o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória grave quando a VMC falha. Além disso, há relatos de que quando a VOAF é utilizada precocemente, em conjunto com uma estratégia protetora, ocorre redução na lesão pulmonar aguda e crônica em pacientes com SDRA.^(5,10,11)

O ventilador 3100A da *SensorMedics*® é aprovado pelo FDA (*Food and Drug Administration*) para ser utilizado em crianças até 35 Kg. Trata-se de um aparelho de ventilação pulmonar mecânica com fluxo contínuo de gás que é capaz de eliminar o CO₂ e manter constante a pressão da via aérea. O ventilador é dotado de um pistão eletromagnético capaz de gerar oscilação de alta frequência sobre o fluxo aéreo, determinando a amplitude de oscilação da pressão. Em contraste com a VMC, na VOAF o volume corrente é inversamente relacionado à frequência e tanto a inspiração

como a expiração são ativas. A pressão de amplitude é maior no circuito do ventilador e na porção proximal da traquéia, diminuindo progressivamente ao longo da via aérea, resultando em baixa pressão de amplitude nos alvéolos.

Revisão bibliográfica e seleção de publicações mais relevantes sobre ventilação de alta frequência utilizando as bases de dados MedLine e SciELO publicadas nos últimos 15 anos. As seguintes palavras-chave foram utilizadas: ventilação oscilatória de alta frequência, ventilação mecânica, síndrome do desconforto respiratório agudo, crianças e recém-nascidos.

APLICAÇÕES CLÍNICAS DA VOAF EM PEDIATRIA

Lesão pulmonar aguda e síndrome de desconforto respiratório agudo

A combinação de baixa variação de volume e pressão e manutenção de pressão média de vias aéreas (MAP) constante tornam atrativo o uso da VOAF na SDRA. A manutenção do volume pulmonar, evitando-se tanto superdistensão pulmonar quanto o aparecimento de atelectasia em pacientes com SDRA e seu padrão de fluxo, pode melhorar a relação ventilação-perfusão.^(1,12)

O sucesso no tratamento de pacientes com SDRA requer o uso da estratégia de manter os pulmões abertos (*open lung approach*). Recrutamento de alvéolos colapsados diminui o shunt intrapulmonar, permitindo redução da fração inspirada de oxigênio (FiO₂) para concentrações menos tóxicas. Foi demonstrado em crianças com SDRA melhora significativa na oxigenação, redução da incidência de barotrauma e melhora da evolução com o uso da VOAF,⁽⁹⁾ sem influência sobre a mortalidade. Em adultos com SDRA foi descrita melhora imediata e sustentada da relação pressão parcial de oxigênio (PaO₂)/FiO₂ quando os pacientes foram submetidos à VOAF combinada à manobras de recrutamento alveolar.⁽¹³⁾ Como efeito benéfico adicional, foi demonstrado redução de mediadores inflamatórios em amostras de lavado broncoalveolar de pacientes sob VOAF quando comparado com a VMC.^(1,6) Também, nestes estudos em adultos, não foi observada diferença estatística quanto a mortalidade comparando a VOAF com VMC. Cabe o destaque de que estes estudos alertaram para a introdução precoce da VOAF na SDRA, quando os benefícios podem ser mais facilmente demonstrados.

Em resumo, nos casos de SDRA, a VOAF é recurso terapêutico importante e, apesar de não ter sido demonstrada redução de mortalidade com o emprego deste modo ventilatório, estudos enfocando sua utilização precoce devem ser implementados.

Síndrome de escape de ar

Pneumotórax, enfisema de mediastino e ar intersticial pulmonar são observados em lesão pulmonar aguda como resultado tanto da doença de base como da terapia ventilatória. A VOAF tem sido usada com sucesso nestes pacientes,^(14,15) enfatizando-se que a estratégia deve compreender baixa MAP e utilização da amplitude de pressão em valores mais baixos necessários para manter adequada ventilação alveolar, permitindo a resolução do escape de ar. Nestes casos deve-se permitir FiO_2 alta por curtos intervalos de tempo, aceitando-se saturação arterial de oxigênio (SaO_2) > 85% desde que a liberação de oxigênio seja adequada, que não ocorra acidose láctica e o paciente esteja hemodinamicamente estável.^(1,12) A diminuição da MAP e da amplitude de pressão levam a hipercapnia e, para manter adequada a eliminação de gás carbônico (CO_2), a frequência pode ser diminuída. Entretanto, é importante aceitar a hipercapnia uma vez que o ajuste da frequência respiratória para normalizar o CO_2 aumenta o volume corrente com piora do escape de ar.^(1,14)

Doença pulmonar obstrutiva

O emprego da VOAF em situações de aumento da resistência de vias aéreas é assunto controverso.^(1,12) Durante alguns anos a VOAF foi contra-indicada em doença pulmonar obstrutiva devido ao alto risco de aprisionamento de ar e hiperinsuflação dinâmica.^(1,16) Entretanto, tem sido relatado sucesso com a utilização de VOAF em crianças com mal asmático e bronquiolite.⁽¹⁵⁾ Isto se deve, provavelmente, a característica única deste modo ventilatório que é a expiração ativa. Nesta condição o ar é ativamente removido dos pulmões sem risco de aprisionamento.⁽¹⁶⁾ Assim é que, nas condições descritas anteriormente, a VOAF pode ser considerada como alternativa quando ocorre acidose respiratória refratária causada por ventilação alveolar inadequada.

Um dos maiores estudos realizados em um único centro, que incluiu 53 pacientes, sendo que 17 apresentavam doença obstrutiva, aplicou a técnica de “*open airway*”⁽¹⁷⁾ titulando cuidadosamente a MAP na VOAF para abrir as vias aéreas e adequar a ventilação⁽¹⁸⁾ obteve sucesso com essa terapêutica.

Em resumo, em situações de doença pulmonar obstrutiva é sempre prudente pesar risco e benefício para a introdução da VOAF.

APLICAÇÕES CLÍNICAS DA VOAF EM NEONATOLOGIA

Desde a introdução da VM na neonatologia na década de 60, foi observada tanto redução dramática da mortalidade⁽³⁾ como o estabelecimento de uma nova categoria de

doenças, as lesões induzidas pelo ventilador,⁽⁴⁾ incluindo a displasia broncopulmonar (DBP) e a ocorrência de extravasamento de ar (pneumotórax, pneumomediastino etc). Para reduzir a ocorrência de DBP várias modificações nas estratégias ventilatórias foram realizadas, implementando-se estratégia menos agressiva de VM. Neste aspecto, o uso da VOAF em neonatologia, como descrito anteriormente para crianças de mais idade, se apresenta como importante técnica de proteção pulmonar.

Desde a sua introdução na neonatologia em 1981, incluindo 8 recém-nascidos com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), vários estudos têm sido realizados para avaliar a eficácia e segurança da VOAF em relação a VMC no prematuro. Estes estudos apresentam grande variabilidade de resultados. Desde o início foi bem estabelecido que, da mesma forma que em adultos e em crianças maiores, a MAP aplicada durante a VOAF tinha correlação direta com a oxigenação, de forma que valores elevados de MAP possibilitavam a ventilação com baixa FiO_2 ,⁽¹⁹⁾ não sendo observadas repercussões hemodinâmicas de maior magnitude. Foi identificado que em prematuros era possível manter uma determinada MAP necessária para obter e manter a expansão alveolar, que os impulsos oscilatórios reabriam áreas atelectásicas de maneira mais eficiente do que a mesma pressão média mantida de forma estática, e que os pequenos volumes, gerados a uma frequência respiratória de 10 a 15 Hz, permitiam obter boa margem de segurança para evitar a superdistensão de áreas normais do pulmão.⁽²⁰⁾

É importante lembrar que os benefícios da VOAF em prematuros se tornaram evidentes após o estabelecimento de uma estratégia ventilatória baseada em recuperação do volume pulmonar, visando a reversão precoce das áreas de atelectasia por meio do uso mais agressivo da MAP e obtendo-se redução da FiO_2 antes da redução das pressões.⁽²¹⁾

Um segundo aspecto de fundamental importância observado nos estudos que compararam a eficácia e a segurança da VOAF em relação a VMC em neonatologia é a estratégia utilizada na VMC, onde frequentemente a PEEP utilizada é relativamente baixa, permitindo o colapamento alveolar ao final da expiração, embora a MAP se mantenha em níveis pouco abaixo da utilizada na VOAF. Isto ocorre porque esta última modalidade tem a vantagem intrínseca de manter o pulmão em pressões acima da zona de colapamento alveolar, em vista da pequena amplitude de volume corrente utilizado, facilitando a manutenção do pulmão em pressões acima do ponto de inflexão inferior da curva pressão-volume, o que é muito mais difícil de se obter na VMC. Pelo contrário, particularmente nos estudos mais antigos, não havia a preocupação de se utilizar valores baixos de volume corrente associados a níveis adequados de PEEP.⁽²¹⁾

Após a realização de quase duas dezenas de estudos comparando a VOAF com a VMC em neonatologia, foi demonstrado que ambos tratamentos são comparáveis em relação à mortalidade. Inicialmente, alguns estudos sugeriram que a VOAF estaria associada a maior incidência de hemorragia peri-intraventricular,^(22,23) resultando em alguma resistência à introdução de VOAF como rotina em prematuros extremos. Entretanto, nos últimos cinco anos, surgiram fortes evidências de que a VOAF e a VMC são equivalentes em relação ao risco de evolução para hemorragia intracraniana em prematuros.^(24,25)

A segurança e a eficácia da VOAF foi revista em 2007 em uma meta-análise reunindo 3.585 crianças em 15 estudos que compararam este modo ventilatório com a VMC.⁽²⁶⁾ Os autores concluíram que não há evidências de que a VOAF utilizada como estratégia inicial apresente vantagem em comparação a VMC, no que se refere à eficácia da ventilação ou à mortalidade com 28 – 30 dias de idade ou à idade equivalente ao termo. No entanto, os autores encontraram pequena redução na incidência de doença pulmonar crônica com 36-37 semanas de idade gestacional corrigida entre os sobreviventes, com o uso da VOAF. Porém, esta evidência é enfraquecida pela inconsistência dos resultados ao longo dos 15 estudos e da significância limítrofe (RR 0,89; 95% I.C.: 0,81-0,99). Foi observado a partir de análises de subgrupos que houve redução da doença pulmonar crônica quando a VOAF foi realizada com estratégia de alto volume corrente, quando osciladores a pistão foram utilizados para a realização da VOAF, quando estratégias protetoras para VMC não foram utilizadas, quando a aleatorização ocorreu entre duas e seis horas de vida, e quando uma relação inspiração/expiração de 1:2 foi utilizada para a VOAF. Parte da inconsistência destes resultados se deve à variabilidade de estratégias utilizadas tanto de VOAF (volume elevado ou volume reduzido) como de VMC ao longo do tempo.

É importante salientar que no momento atual em que é rotina o uso pré-natal de corticóides para a indução da maturidade pulmonar no prematuro, o uso de surfactante exógeno e de técnicas de VMC mais protetoras, qualquer benefício da VOAF em relação a VMC provavelmente só será demonstrado em recém-nascidos com doença pulmonar mais importante. Por exemplo, Courtney et al.⁽²⁴⁾ demonstraram que o benefício do uso da VOAF em relação a VMC apenas foi observado quando se restringiu a inclusão de recém-nascidos de muito baixo peso que atingissem critério de maior gravidade, baseado na FiO_2 e MAP após a administração de surfactante.

Embora a metanálise⁽²⁶⁾ tenha demonstrado aumento da incidência de hemorragia intraventricular e de leucoen-

cefalomalácia com a VOAF em alguns estudos, este efeito não foi significativo no geral (hemorragia intraventricular: RR1,05; 95% I.C. 0,96-1,15 – leucoencefalomalácia: RR1,10; 95% I.C. 0,85-1,43).

Ao contrário do uso da VOAF como primeira forma de tratamento na SDRA, seu uso como terapêutica de resgate foi relatado em apenas dois estudos controlados,^(27,28) não havendo evidências de melhor evolução a longo prazo em recém-nascidos, seja na evolução para doença pulmonar crônica, ocorrência de complicações neurológicas ou melhora da sobrevida.

Finalmente, a única situação em que a VOAF demonstra resultados superiores a VMC no período neonatal é em relação ao manejo de ar extrapulmonar. Os poucos estudos que compararam a VOAF com a VMC nesta situação demonstraram que a perda de ar pelo dreno de tórax é menor com o uso da VOAF,^(29,30) fato confirmado em um relato de caso⁽³¹⁾ e em um estudo experimental,⁽³²⁾ em que foi demonstrado benefício com o uso da VOAF na situação de fístula traqueoesofágica ou broncopleural.

Em resumo, até o momento os dados disponíveis na literatura confirmam que a VOAF é uma modalidade ventilatória segura e disponível para uso em neonatologia, porém não há evidências que demonstrem claro benefício ou vantagem da VOAF em relação a VMC em recém-nascidos, seja na forma de terapia inicial ou de resgate. A única situação clínica em que há evidência de melhores resultados com a VOAF é o ar extrapulmonar, particularmente na fístula broncopleural.

TRANSIÇÃO DA VENTILAÇÃO CONVENCIONAL PARA A VENTILAÇÃO DE ALTA FREQUÊNCIA

O paciente a ser transferido para a VOAF deve estar devidamente monitorizado no que se refere a oximetria de pulso, relação PaO_2/FiO_2 e capnografia. Do ponto de vista cardiovascular, é preciso garantir adequado volume intravascular baseado na perfusão periférica, enchimento capilar, pressão arterial e frequência cardíaca. O tubo endotraqueal deve estar corretamente posicionado e, de preferência, deve haver sistema fechado de sucção do tubo traqueal. A sedação deve ser otimizada e, em alguns casos, a curarização será necessária.

Como descrito anteriormente, muita atenção tem sido dada à utilização precoce da VOAF.^(24,33,34) Assim é que quando a SaO_2 for menor do que 90%, em FiO_2 maior do que 0,6 com pressão inspiratória (PIP) de 30-32 cmH_2O e PEEP maior do que 10-12 cmH_2O , em crianças depois do período neonatal e com SDRA, recomenda-se a transferência do paciente da ventilação convencional para a VOAF.

Instalação da VOAF

Os parâmetros iniciais empregados na VOAF são:^(1,2)

- FiO_2 suficiente para manter a $\text{SaO}_2 \geq 90\%$ (100% no momento da transição da VMC para a VOAF);

- tempo inspiratório de 33% do ciclo oscilatório;

- frequência de 10 Hz para lactentes e de 5 a 8 Hz para crianças maiores ou de acordo com o peso do paciente: < 10Kg = 10-12Hz; 11-20Kg = 8-10Hz; 21-40Kg = 6-10Hz; > 40Kg = 5-8Hz. Para recém-nascido de termo = 12 ou 15 Hz e para recém-nascido prematuro/muito baixo peso = 15 Hz;

- o fluxo deve ficar entre 15 e 20 L/min, dependendo do tamanho do paciente e da MAP requerida. Em recém-nascidos utilizar fluxo entre 8 e 15 L/min;

- MAP de 2 a 4 cmH_2O acima da empregada na VMC. A MAP pode posteriormente ser aumentada para obter $\text{SaO}_2 \geq 90\%$ com $\text{FiO}_2 \leq 0,6$. Para recém-nascido com doença alveolar difusa ou síndrome de escape de ar utilizar MAP 3 -5 cmH_2O acima da VMC. Pode-se realizar intervenção precoce de resgate em recém-nascidos empregando-se MAP de 10 - 14 cmH_2O . Tanto em recém-nascidos como em crianças maiores, se a SaO_2 cair rapidamente abaixo de 90%, recrutar com ventilação manual e aumentar MAP gradativamente.

- a amplitude de pressão (ΔP) será aquela suficiente para atingir movimentação da parede torácica perceptível (movimentação da raiz da coxa, a qual é mais facilmente visualizada), podendo ser modificada para ajustar os níveis de ventilação desejados pela avaliação da PaCO_2 . Mudanças na frequência também determinam alterações na PaCO_2 e, contrariamente ao que ocorre na VMC, na VOAF há queda da PaCO_2 quando a FR é diminuída. Em recém-nascidos de termo a ΔP pode ser $\geq 25 \text{ cmH}_2\text{O}$ e nos prematuros/muito baixo peso pode ser $\geq 16 \text{ cmH}_2\text{O}$.

MANUSEIO VENTILATÓRIO

Oxigenação

Os critérios para transferir o paciente da VMC para a VOAF variam de acordo com a experiência da equipe. Geralmente, a transferência baseia-se no julgamento clínico, índice de oxigenação, pico de pressão que vem sendo necessário na VMC e progressão da doença.^(1,2)

Como existe estreita relação entre volume pulmonar e área de superfície de troca gasosa, praticamente toda a oxigenação na VOAF depende da MAP e da FiO_2 . Quando a MAP é aumentada, os volumes pulmonares são recrutados e a oxigenação melhora até um ponto ótimo além do qual os pulmões tornam-se muito expandidos. Havendo superdistensão, os capilares alveolares são comprimidos com diminuição da área

de troca gasosa e da PaO_2 . Além disso, pode haver comprometimento hemodinâmico mais significativo.⁽¹⁾

A habilidade de atingir oxigenação adequada em FiO_2 não tóxica é o principal indicador de que a MAP está adequada. Geralmente é preciso realizar radiografia de tórax para avaliar o grau de expansão pulmonar, sendo a presença de nove ou mais espaços intercostais indicador de superdistensão. A MAP pode ser reduzida quando o recrutamento alveolar for considerado satisfatório e uma pressão transpulmonar mais baixa for requerida para manter o pulmão aberto. A verificação do nível de recrutamento pulmonar inclui a avaliação da eficiência da troca gasosa (índice de oxigenação), necessidade de oxigênio e exame radiológico de tórax.^(1,2)

Resumidamente, a MAP pode ser aumentada de 1 a 2 cmH_2O até obter-se $\text{FiO}_2 < 0,6$ com SaO_2 entre 88-92% em casos de SDRA. Em se tratando de síndrome de escape de ar é permitida a utilização de FiO_2 mais elevadas (entre 80% e 100%), especialmente nas primeiras 12-24 horas, para minimizar a MAP enquanto adequada SaO_2 é obtida.

Eliminação de gás carbônico

Os ajustes na ventilação são obtidos pelo aumento da amplitude de pressão ou por diminuição da frequência, embora a eliminação do CO_2 esteja mais relacionada à amplitude e menos com a frequência. Modificação do tempo inspiratório e aumento do fluxo são outras manobras que podem melhorar a ventilação. A amplitude pode ser modificada por meio de um botão que controla a movimentação do pistão eletromagnético. O aumento da amplitude resulta em aumento do volume corrente. Inversamente, a diminuição da amplitude fornece volume corrente mais baixo e diminui a ventilação minuto. Aumentos da ΔP de 2-5 cmH_2O modificam a PaCO_2 em 3-5 mmHg e aumento da ΔP de mais de 5 cmH_2O modificam a PaCO_2 de 5-10 mmHg. É conveniente diminuir a frequência respiratória apenas se a pressão arterial de gás carbônico (PaCO_2) for refratária às modificações da ΔP .^(1,2)

A escolha de uma amplitude adequada é primariamente resultante da inspeção clínica visual do grau de movimentação da parede torácica do paciente e da medida dos gases sanguíneos. Uma das características da VOAF é que a intensidade da movimentação do pistão é inversamente relacionada à frequência, ou seja, com aumento da frequência há diminuição da movimentação do pistão com diminuição da amplitude de pressão efetiva e do volume corrente liberado. O aumento do tempo inspiratório leva ao aumento do volume corrente e pode melhorar a eliminação de CO_2 e a oxigenação.⁽¹⁾

O fluxo é determinante da MAP e interfere com a re-

moção do CO_2 . Tipicamente, o fluxo necessário para obter adequada pressão média de vias aéreas e manter ventilação minuto apropriada está entre 20 e 40 L/min.

Exame radiológico

Deve ser obtido uma ou duas horas após início e tão freqüentemente quanto 6 ou 8 horas até estabilização. Posteriormente, a radiografia de tórax deve ser realizada diariamente e após significantes mudanças de parâmetros. O número ideal de espaços intercostais é de oito a nove.^(1,2)

Sucção do tubo traqueal

A sucção do tubo traqueal deve ser limitada ao máximo, especialmente nas primeiras 24 horas. O procedimento deve ser considerado se a PaCO_2 estiver aumentando progressivamente. Considerar manobra de recrutamento após.^(1,2)

Sedação e bloqueio neuromuscular

Os pacientes devem estar profundamente sedados no começo da VOAF, utilizando-se para tanto a associação de benzodiazepínicos e opióides. Bloqueio neuromuscular pode ser necessário e, quando utilizado, deve ser interrompido diariamente para avaliar a necessidade de sua manutenção. Lembrar que pequenos esforços respiratórios que alteram a MAP menos de 5 cmH_2O não exigem aprofundamento da sedação e/ou do bloqueio neuromuscular a menos que oxigenação ou ventilação estejam comprometidas.^(1,2)

Desmame da VOAF

A ΔP deve ser reduzida aos poucos enquanto uma PaCO_2 adequada estiver sendo mantida. A MAP pode dever ser reduzida em 1 a 2 cmH_2O para níveis entre 15 e 20 cmH_2O com boa recuperação após sucção.^(1,2)

Em recém-nascidos a ΔP também deve ser reduzida aos poucos, lembrando que a respiração espontânea pode aumentar o volume corrente. Da mesma forma que as crianças maiores, nos recém-nascidos a MAP deve ser reduzida em 1 a 2 cmH_2O . Os recém-nascidos de termo e prematuros devem voltar a VMC quando a MAP estiver em 10 – 12 cmH_2O .^(1,2)

Complicações da ventilação oscilatória de alta frequência

As principais complicações da VOAF estão abaixo descritas.

- Barotrauma e comprometimento hemodinâmico: são complicações decorrentes da utilização de altas pressões médias de vias aéreas. Mehta et al.⁽³⁵⁾ relataram prevalência de 21,8% de pneumotórax e em 26% dos pacientes foi preciso

descontinuar a VOAF por problemas hemodinâmicos. Entretanto, em dois estudos randomizados e controlados^(36,37) que compararam VOAF com VMC a prevalência de pneumotórax e hipotensão foram comparáveis entre os grupos.

É também importante destacar que o reconhecimento de pneumotórax é desafiador em pacientes sob VOAF, devendo-se avaliar a redução ou assimetria na vibração do corpo em resposta as ondas de pressão, ou um aumento na ΔP .⁽¹⁰⁾

- Aumento de pressão venosa central e pressão de oclusão da artéria pulmonar: decorrentes de aumento da MAP e decréscimo de retorno venoso. Tais fatores fazem com que seja importante prestar atenção na reposição volêmica de pacientes que passarão da VMC para a VOAF.⁽¹⁾

- Sedação profunda e, às vezes, curarização: estas condições podem levar ao prolongamento do tempo de ventilação mecânica e do tempo de internação, além da poli-neuropatia inerente a curarização.^(38,39)

- Obstrução de vias aéreas e tubo traqueal por secreções: complicações que ocorrem com frequência de 4% a 5%,⁽⁴⁰⁾ sendo importante promover adequada umidificação devido ao alto fluxo de gás e ventilação minuto.

ABSTRACT

This article intends to review literature on high frequency oscillatory ventilation and describe its main clinical applications for children and neonates. Articles from the last 15 years were selected using MedLine and SciElo databases. The following key words were used: high frequency oscillatory ventilation, mechanical ventilation, acute respiratory distress syndrome, children, and new-born. The review describes high frequency oscillatory ventilation in children with acute respiratory distress syndrome, air leak syndrome, and obstructive lung disease. Respiratory distress syndrome, bronchopulmonary dysplasia, intracranial hemorrhage, periventricular leukomalacia, and air leak syndrome were reviewed in neonates. Transition from conventional mechanical ventilation to high frequency ventilation and its adjustments relating to oxygenation, CO_2 elimination, chest radiography, suctioning, sedatives and use of neuromuscular blocking agents were described. Weaning and complications were also reported. For children, high frequency oscillatory ventilation is a therapeutic option, particularly in acute respiratory distress syndrome, and should be used as early as possible. It may be also useful in the air leak syndrome and obstructive pulmonary disease. Evidence that, in neonates, high frequency oscillatory ventilation is superior to conventional mechanical ventilation is lacking. However there is evidence that better results are only achieved with this ventilatory mode to manage the air leak syndrome.

Keywords: High frequency oscillatory ventilation; Mechanical ventilation; Acute respiratory distress syndrome; Child; Infant, newborn

REFERÊNCIAS

1. Lia Graciano A, Freid EB. High-frequency oscillatory ventilation in infants and children. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2002;15(2):161-6.
2. Arnold JH. High-frequency oscillatory ventilation in pediatric patients [Intrnet]. [cited 2008 Jan 1]. Available from: http://www.pedsanesthesia.org/meetings/2006winter/pdfs/A4_Arnold%20Neonatal%20Ventilation.pdf
3. Henderson-Smart DJ, Wilkinson A, Raynes-Greenow CH. Mechanical ventilation for newborn infants with respiratory failure due to pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002;(4):CD002770.
4. Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;157(1):294-323.
5. Chan KP, Stewart TE. Clinical use of high-frequency oscillatory ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med.* 2005;33(3 Suppl):S170-4.
6. Arnold JH. High-frequency ventilation in the pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2000;1(2):93-9.
7. Imai Y, Slutsky AS. High-frequency oscillatory ventilation and ventilator-induced lung injury. *Crit Care Med.* 2005;33(3 Suppl):S129-34.
8. Malarkkan N, Snook NJ, Lumb AB. New aspects of ventilation in acute lung injury. *Anaesthesia.* 2003;58(7):647-67.
9. Arnold JH, Hanson JH, Toro-Figuero LO, Gutiérrez J, Berens RJ, Anglin DL. Prospective, randomized comparison of high-frequency oscillatory ventilation and conventional ventilation in pediatric respiratory failure. *Crit Care Med.* 1994;22(10):1530-9. Comment in: *Crit Care Med.* 1994;22(10):1521-4. *Crit Care Med.* 1995;23(8):1443-5. *Crit Care Med.* 1995;23(8):1445-6. *Crit Care Med.* 1995;23(9):1606.
10. Chan KP, Stewart TE, Mehta S. High-frequency oscillatory ventilation for adult patients with ARDS. *Chest.* 2007;131(6):1907-16. Review.
11. Matsuoka T, Kawano T, Miyasaka K. Role of high-frequency ventilation in surfactant-depleted lung injury as measured by granulocytes. *J Appl Physiol.* 1994;76(2):539-44.
12. Bouchut JC, Godard J, Claris O. High-frequency oscillatory ventilation. *Anesthesiology.* 2004;100(4):1007-12.
13. Mehta S, Lapinsky SE, Hallett DC, Merker D, Groll RJ, Cooper AB, et al. Prospective trial of high-frequency oscillation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med.* 2001;29(7):1360-9.
14. Seller L, Mullahoo K, Liben S, Lands LC. Weaning to extubation directly from high-frequency oscillatory ventilation in an infant with cystic lung disease and persistent air leak: a strategy for lung protection. *Respir Care.* 2001;46(3):263-6.
15. Duval EL, van Vught AJ. Status asthmaticus treated by high-frequency oscillatory ventilation. *Pediatr Pulmonol.* 2000;30(4):350-3.
16. Kneyber MC, Markhorst DG, van Heerde M, Sibarani-Ponsen R, Plötz FB. Lessons from pediatric high-frequency oscillatory ventilation may extend the application in critically ill adults. *Crit Care Med.* 2007;35(10):2472-3; author reply 2473. Comment on: *Crit Care Med.* 2007;35(7):1649-54.
17. Kneyber MC, Plötz FB, Sibarani-Ponsen RD, Markhorst DG. High-frequency oscillatory ventilation (HFOV) facilitates CO₂ elimination in small airway disease: the open airway concept. *Respir Med.* 2005;99(11):1459-61.
18. Slee-Wijffels FY, van der Vaart KR, Twisk JW, Markhorst DG, Plötz FB. High-frequency oscillatory ventilation in children: a single-center experience of 53 cases. *Crit Care.* 2005;9(3):R274-9.
19. Marchak BE, Thompson WK, Duffy P, Miyaki T, Bryan MH, Bryan AC, Froese AB. Treatment of RDS by high-frequency oscillatory ventilation: a preliminary report. *J Pediatr.* 1981;99(2):287-92.
20. Byford LJ, Finkler JH, Froese AB. Lung volume recruitment during high-frequency oscillation in atelectasis-prone rabbits. *J Appl Physiol.* 1988;64(4):1607-14.
21. Gerstmann DR, deLemos RA, Clark RH. High-frequency ventilation: issues of strategy. *Clin Perinatol.* 1991;18(3):563-80.
22. High-frequency oscillatory ventilation compared with conventional mechanical ventilation in the treatment of respiratory failure in preterm infants. The HIFI Study Group. *N Engl J Med.* 1989;320(2):88-93.
23. Moriette G, Paris-Llado J, Walti H, Escande B, Magny JF, Cambonie G, et al. Prospective randomized multicenter comparison of high-frequency oscillatory ventilation and conventional ventilation in preterm infants of less than 30 weeks with respiratory distress syndrome. *Pediatrics.* 2001;107(2):363-72.
24. Courtney SE, Durand DJ, Asselin JM, Hudak ML, Aschner JL, Shoemaker CT; Neonatal Ventilation Study Group. High-frequency oscillatory ventilation versus conventional mechanical ventilation for very-low-birth-weight infants. *New Engl J Med.* 2002;347(9):643-52. Comment in: *N Engl J Med.* 2002;347(9):630-1. *N Engl J Med.* 2002;347(9):682-4. *N Engl J Med.* 2003;348(12):1181-2; author reply 1181-2. *N Engl J Med.* 2003;348(12):1181-

- 2; author reply 1181-2.
25. Johnson AH, Peacock JL, Greenough A, Marlow N, Limb ES, Marston L, Calvert SA; United Kingdom Oscillation Study Group. High-frequency oscillatory ventilation for the prevention of chronic lung disease of prematurity. *New Engl J Med.* 2002;347(9):633-42. Comment in: *Evid Based Nurs.* 2003;6(2):41. *N Engl J Med.* 2002;347(9):630-1. *N Engl J Med.* 2002;347(9):682-4. *N Engl J Med.* 2003;348(12):1181-2; author reply 1181-2.
 26. Henderson-Smart DJ, Cools F, Bhuta T, et al. Elective high frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007;(3):CD000104. Review.
 27. Clark RH, Yoder BA, Sell MS. Prospective, randomized comparison of high-frequency oscillation and conventional ventilation in candidates for extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr.* 1993;124(3):447-54. Comment in: *J Pediatr.* 1994;124(3):427-30.
 28. Engle WA, Yoder MC, Andreoli SP, Darragh RK, Langefeld CD, Hui SL. Controlled prospective randomized comparison of high-frequency jet ventilation and conventional ventilation in neonates with respiratory failure and persistent pulmonary hypertension. *J Perinatol.* 1997;17(1):3-9.
 29. Gonzalez F, Harris T, Black P, Richardson P. Decreased gas flow through pneumothoraces in neonates receiving high-frequency jet versus conventional ventilation. *J Pediatr.* 1987;110(3):464-6.
 30. Donn SM, Zak LK, Bozynski ME, Coran AG, Oldham KT. Use of high-frequency jet ventilation in the management of congenital tracheoesophageal fistula associated with respiratory distress syndrome. *J Pediatr Surg.* 1990;25(12):1219-21. Comment in: *J Pediatr Surg.* 1991;26(6):753-4.
 31. Bloom BT, Delmore P, Park YI, Nelson RA. Respiratory distress syndrome and tracheoesophageal fistula: management with high-frequency ventilation. *Crit Care Med.* 1990;18(4):447-8.
 32. Orlando R 3rd, Gluck EH, Cohen M, Mesologites CG. Ultra-high-frequency jet ventilation in a bronchopleural fistula model. *Arch Surg.* 1988;123(5):591-3.
 33. Hemmila MR, Napolitano LM. Severe respiratory failure: advanced treatment options. *Crit Care Med.* 2006;34(9 Suppl):S278-90.
 34. Higgins J, Estetter B, Holland D, Smith B, Derdak S. High-frequency oscillatory ventilation in adults: respiratory therapy issues. *Crit Care Med.* 2005;33(3 Suppl):S196-203.
 35. Mehta S, Granton J, MacDonald RJ, Bowman D, Matte-Martyn A, Bachman T, et al. High-frequency oscillatory ventilation in adults: the Toronto experience. *Chest.* 2004;126(2):518-27.
 36. Derdak S. High-frequency oscillatory ventilation for acute respiratory distress syndrome in adult patients. *Crit Care Med.* 2003;31(4 Suppl):S317-23. Review.
 37. Bollen CW, van Well GT, Sherry T, Beale RJ, Shah S, Findlay G, et al. High frequency oscillatory ventilation compared with conventional mechanical ventilation in adult respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial [ISRCTN24242669]. *Crit Care.* 2005;9(4):R430-9. Comment in: *Crit Care.* 2005;9(4):339-40.
 38. Brook AD, Ahrens TS, Schaiff R, Prentice D, Sherman G, Shannon W, Kollef MH. Effect of a nursing-implemented sedation protocol on the duration of mechanical ventilation. *Crit Care Med.* 1999;27(12):2609-15. Comment in: *Crit Care Med.* 1999;27(12):2824-5.
 39. Latronico N, Peli E, Botteri M. Critical illness myopathy and neuropathy. *Curr Opin Crit Care.* 2005;11(2):126-32. Review.
 40. Fort P, Farmer C, Westerman J, Johannigman J, Beninati W, Dolan S, Derdak S. High-frequency oscillatory ventilation for adult respiratory distress syndrome - a pilot study. *Crit Care Med.* 1997;25(6):937-47. Comment in: *Crit Care Med.* 1997;25(6):906-8.