

Valéria Cabral Neves<sup>1</sup>, Adriana Koliski<sup>2</sup>, Dinarte José Giraldi<sup>3</sup>

## A manobra de recrutamento alveolar em crianças submetidas à ventilação mecânica em unidade de terapia intensiva pediátrica

*Alveolar recruitment maneuver in mechanic ventilation pediatric intensive care unit children*

1. Fisioterapeuta da Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica do Hospital de Clínicas e Pós-graduanda (Mestrado) em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal do Paraná—UFPR - Curitiba (PR), Brasil.
2. Mestre em Pediatria, Médica da Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná – UFPR - Curitiba (PR), Brasil.
3. Professor Titular do Departamento de Pediatria da Universidade Federal do Paraná – UFPR - Curitiba (PR), Brasil.

Recebido do Departamento de Pediatria da Universidade Federal do Paraná – UFPR - Curitiba (PR), Brasil.

Submetido em 5 de Outubro de 2009  
Aceito em 24 de Dezembro de 2009

### Autor para correspondência:

Valéria Cabral Neves  
Av. General Carneiro, 181 - Bairro Alto da Glória  
CEP: 80060-900 - Curitiba (PR), Brasil.  
Fone: (41) 3360-1824  
E-mail: ftvaleria@ufpr.br

### RESUMO

Recentes mudanças foram introduzidas na forma de ventilar crianças com doenças que determinam o quadro de insuficiência respiratória aguda hipoxêmica. Há evidências que estratégias ventilatórias menos agressivas, melhoram a sobrevida de pacientes com grave lesão pulmonar. Estudos experimentais evidenciaram relação entre modalidades ventilatórias inapropriadas e retardo na melhora e até mesmo piora da lesão pulmonar aguda. A partir desta concepção, surge uma estratégia ventilatória protetora, combinada à manobra de recrutamento alveolar. Acredita-se, que esta associação na prática clínica, determina importante redução da morbidade e mortalidade, bem como, prevenção das lesões induzidas pela ventilação mecânica. Sua indicação relaciona-se com quadros de lesão pulmonar aguda, geralmente decorrente de pneumonia ou sepse, que cursam com grave hipoxemia. Suas principais contra-indicações são instabilidade hemodinâmica, presença de pneumotórax e hipertensão intracraniana. Estudos experimentais demonstraram efeitos benéficos

da manobra sobre a oxigenação e colapso alveolar. Estudos em adultos demonstraram melhora da função pulmonar e reversão da hipoxemia. Em crianças, a manobra demonstrou significativa redução da fração inspirada de oxigênio e do colapso alveolar, menor dependência ao oxigênio, melhora da complacência pulmonar e menor índice de displasia broncopulmonar. Porém, os estudos em pediatria são limitados. Faz-se necessária maior investigação sobre o tema e evidências de sua aplicação clínica. Foi realizada revisão da literatura, com pesquisa de livros-texto e nas bases de dados da MEDLINE, Pubmed, *Cochrane library*, SciELO e Ovid, no período de 1998 até 2009, em português e inglês. Foram incluídas publicações acerca da manobra de recrutamento alveolar em adultos e crianças, artigos de revisão, estudos experimentais e ensaios clínicos utilizando as palavras-chave: estratégia ventilatória protetora, manobra de recrutamento alveolar, pediatria e ventilação mecânica.

**Descritores:** Unidades de terapia intensiva; Respiração artificial/efeitos adversos; Mecânica respiratória; Criança

### INTRODUÇÃO

A utilização da ventilação mecânica (VM) é considerada de grande valor no tratamento da insuficiência respiratória e na redução da mortalidade do paciente crítico. Recentes mudanças foram introduzidas na forma de ventilar crianças com doenças que determinam o quadro de insuficiência respiratória aguda hipoxêmica. No entanto, estudos experimentais evidenciaram relação entre modalidades ventilatórias inapropriadas e retardo na melhora, e até mesmo piora, da lesão pulmonar aguda (LPA).<sup>(1-3)</sup> Além disso, estudos clínicos demonstraram que estratégias ventilatórias menos agressivas, melhoram a sobrevida.<sup>(4,5)</sup>

Na década de 80, foi introduzido o conceito de ventilação protetora, que tem por objetivo promover adequada troca dos gases e ao mesmo tempo proteger a integridade do tecido pulmonar.<sup>(1,6)</sup> Na década seguinte Lachmann<sup>(7)</sup> sugeriu “*The open lung concept*”, ou seja, o conceito de abrir os pulmões e mantê-los abertos, durante o processo da ventilação mecânica. Para isto, preconizou a utilização de manobras de recrutamento alveolar (MRA) para promover a abertura de unidades alveolares por meio de aumento da pressão transpulmonar. A partir desta concepção, surge uma estratégia ventilatória combinada entre manobra de recrutamento alveolar, baixo volume corrente e elevada pressão positiva ao final da expiração (PEEP).<sup>(8)</sup>

A manobra de recrutamento alveolar tem sido objeto de observações por mais de duas décadas em pacientes com grave lesão pulmonar, submetidos à VM. Sua consequência fisiológica mais importante é a melhora da oxigenação de pacientes com injúria pulmonar. Em geral o procedimento deve ser seguido pelo ajuste dos níveis de PEEP, que desempenha papel fundamental na manutenção da eficácia da manobra.<sup>(4,7,9)</sup> Acredita-se que a utilização dessas estratégias na prática clínica determina importante redução da morbidade e mortalidade. Além disso, podem prevenir lesões induzidas pela VM, conhecidas atualmente como biotrauma, volutrauma e atelectrauma.<sup>(4,5,9-11)</sup>

A MRA pode ser indicada por meio de marcadores de oxigenação, sendo os mais utilizados, a pressão arterial de oxigênio ( $\text{PaO}_2$ ), relação  $\text{PaO}_2$ /fração inspirada de oxigênio ( $\text{FiO}_2$ ), índice de oxigenação (OI), oximetria de pulso ( $\text{SpO}_2$ ) e relação  $\text{SpO}_2$ / $\text{FiO}_2$ .<sup>(12,13)</sup> A quantificação do grau de lesão pulmonar é realizada em geral pelos marcadores de lesão pulmonar como o escore de Murray<sup>(14)</sup> para lesão pulmonar aguda (*Lung Injury Score - LIS*) e pela complacência pulmonar estática e dinâmica. Estes marcadores, associados à tomografia computadorizada e à tomografia por bioimpedância elétrica, podem comprovar e esclarecer os efeitos do recrutamento pulmonar.<sup>(15,16)</sup> Os valores normais dos parâmetros de oxigenação e a equação do OI encontram-se listados no quadro 1.<sup>(17)</sup> O escore de lesão pulmonar aguda (*LIS*) modificado para crianças é descrito no quadro 2.

Foi realizada revisão da literatura com pesquisa de livros-texto e nas bases de dados da MEDLINE, Pubmed, *Cochrane library*, SciELO e Ovid, no período de 1998 até 2009, em português e inglês. Foram incluídos artigos de revisão, estudos experimentais e ensaios clínicos em adultos e crianças, utilizando-se as palavras-chave: estratégia ventilatória protetora, manobra de recrutamento alveolar, pediatria e ventilação mecânica. O objetivo deste estudo foi revisar conceitos atuais relacionados à manobra de recrutamento alveolar e identificar as indicações, as técnicas de MRA, possíveis be-

### Quadro 1-Valores normais dos parâmetros de oxigenação.<sup>(12,13,14,17)</sup>

Parâmetro	Valores normais
$\text{PaO}_2$	
01 - 11 meses	$85 \pm 4$ (mmHg)
01 - 09 anos	$90 \pm 5$ (mmHg)
10 - 19 anos	$96 \pm 2$ (mmHg)
Relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$	> 300
Índice de oxigenação*	< 12%
Oximetria de pulso	88 - 95%
Sat $\text{O}_2/\text{FiO}_2$	>315

\*segundo a fórmula -  $(\text{MAP} \times \text{FiO}_2 / \text{PaO}_2) \times 100$ .  $\text{PaO}_2$  - pressão arterial de oxigênio; MAP - pressão média de vias aéreas; Sat $\text{O}_2$  - oximetria de pulso.

### Quadro 2. Escore de lesão pulmonar (Murray escore) modificado para crianças.<sup>(14)</sup>

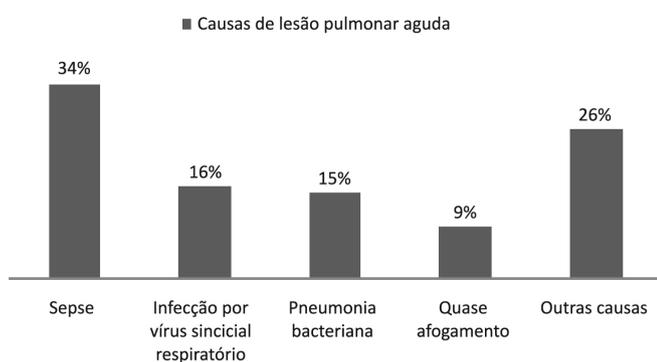
1. Radiografia de tórax	Escore	
Sem consolidação alveolar	0	
Consolidação alveolar de 1 quadrante	1	
Consolidação alveolar de 2 quadrantes	2	
Consolidação alveolar de 3 quadrantes	3	
Consolidação alveolar de 4 quadrantes	4	
2. Escore de hipoxemia: $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$	Escore	
>300	0	
225-299	1	
175-224	2	
100-174	3	
<100	4	
3. Escore de PEEP (quando sob VM) (cmH <sub>2</sub> O)	Escore	
< 5	0	
5-6	1	
7-8	2	
9-11	3	
>12	4	
4. Complacência estática específica (ml/cmH <sub>2</sub> O/kg)	Escore	
>0,85	0	
0,75-0,84	1	
0,55-0,74	2	
0,30-0,54	3	
<0,30	4	
Cálculo do escore: soma dos pontos dos componentes utilizados divididos pelo número de componentes utilizados		
Escore final:		
Sem lesão pulmonar	Lesão pulmonar moderada	Lesão pulmonar severa (SDRA)
-	0,1 - 2,5	> 2,5

$\text{PaO}_2$  - pressão arterial de oxigênio;  $\text{FiO}_2$  - fração inspirada de oxigênio; PEEP - pressão expiratória final positiva; VM - ventilação mecânica; SDRA - síndrome de desconforto respiratório agudo.

nefícios e efeitos adversos, bem como, os cuidados a serem tomados na aplicação destas manobras em crianças sob ventilação mecânica internadas em unidades de terapia intensiva.

### CAUSAS DE LESÃO PULMONAR AGUDA (LPA)

Várias desordens clínicas são reconhecidamente capazes de desencadear o quadro de LPA em crianças (Figura 1). As condições próprias do parênquima pulmonar desta faixa etária, como menor número de alvéolos, pulmão pouco complacente com caixa torácica altamente complacente e musculatura menos desenvolvida, são fatores que contribuem para determinar a insuficiência respiratória com maior frequência.<sup>(18,19)</sup>



**Figura 1 - Desordens clínicas associadas à lesão pulmonar aguda em crianças.**<sup>(18,19)</sup>

Recentemente, Zimmerman et al.<sup>(18)</sup> apresentaram um estudo sobre a incidência e mortalidade em crianças com LPA. Foi constatada incidência de 12,8 casos por 100.000 indivíduos/ano, sendo a sepsis grave de foco pulmonar o fator de risco mais comum. A taxa de mortalidade hospitalar foi de 18%, menor que as taxas previamente relatadas para LPA em pediatria. Concluíram que nessa população as taxas de incidência e de mortalidade são menores do que divulgado em estudos anteriores. Além disso, tem menor incidência do que em adultos.

A LPA é caracterizada pela presença de sinais clínicos de insuficiência respiratória aguda, infiltrado pulmonar bilateral ao estudo radiológico de tórax e relação  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$  mmHg. Segundo a *American-European Consensus Conference* (AECC) de 1994, a forma mais grave da LPA é a síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), que é caracterizada por insuficiência respiratória aguda, infiltrado pulmonar bilateral ao estudo radiológico de tórax, e a relação  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$  mmHg.<sup>(6,14)</sup> Do ponto de vista fisiopatológico a LPA/SDRA consiste em preenchimento alveolar por infiltrado inflamatório, colapso alveolar, bem como diminuição do volume pulmonar aerado e sua distribuição heterogênea no

parênquima pulmonar. É considerada uma reação inflamatória dos pulmões com comprometimento da barreira epitélio-endotelial a qual determina aumento da permeabilidade alvéolo-capilar, diminuição da complacência, aumento do *shunt* pulmonar e piora da oxigenação arterial e tecidual.<sup>(20,21)</sup>

Histologicamente lesões pulmonares causadas pela LPA/SDRA são semelhantes às lesões induzidas pela ventilação mecânica.<sup>(22)</sup> Vários estudos compararam esta lesão com o estágio inicial da SDRA.<sup>(23)</sup> O estudo experimental pioneiro de Webb & Tierney<sup>(24)</sup> de 1974, demonstrou que a VM inapropriada, com altos picos de pressão e baixa PEEP, pode provocar o biotrauma: liberação de citocinas inflamatórias, edema alveolar, lesão epitelial e inativação do surfactante. O estudo de Plötz et al.<sup>(25)</sup> realizado em 12 crianças, anestesiadas, sob ventilação sem pneumopatia prévia, demonstrou que mesmo ventiladas por um curto período de tempo, já apresentavam sinais de biotrauma. Este estudo demonstrou que a ventilação “não agressiva” em pulmões normais durante um curtíssimo espaço de tempo tem também a capacidade de induzir insulto pulmonar e a liberação dessa resposta inflamatória ao sangue. Estes achados sugerem que a ventilação pode ser um potente e rápido estímulo capaz de interferir em diferentes mecanismos imunológicos e que o termo biotrauma passa a ter um significado muito mais amplo.

### MANOBRAS DE RECRUTAMENTO ALVEOLAR

São definidas como procedimentos que têm por finalidade o aumento sustentado ou intermitente da pressão transpulmonar a fim de promover a abertura de maior número possível de alvéolos e com isso melhorar a distribuição do gás alveolar. Desse modo, esta abordagem maximiza a troca gasosa e minimiza o atelectrauma. A MRA é utilizada também para prevenir o colapso alveolar durante a ventilação mecânica realizada com baixos volumes correntes. O seu objetivo mais importante, no entanto, é proteger os pulmões da lesão induzida pela VM. A PEEP desempenha papel fundamental na manutenção da eficácia da manobra impedindo desrecrutamento e prevenindo o atelectrauma.<sup>(26,27)</sup>

#### Indicações

A indicação do recrutamento alveolar deve ser precedida pela escolha da estratégia ventilatória protetora. Em pediatria acredita-se que volumes correntes de até 10 ml/kg com pressões de platô abaixo de 30 cm H<sub>2</sub>O, têm papel protetor sobre o parênquima pulmonar.<sup>(12,28)</sup> Sua indicação está bem estabelecida em pacientes com hipoxemia de moderada a grave e também em pacientes que preenchem os critérios diagnósticos para LPA/SDRA.<sup>(6)</sup> Os quadros hipoxêmicos destes pacientes ocorrem em razão das altas frações de *shunt* causadas

por alvéolos pulmonares não aerados.<sup>(21,28)</sup> Os estudos recomendam que a MRA seja realizada nas fases iniciais da LPA e da SDRA (nas primeiras 72 horas) bem como, na vigência de atelectasias por perda de volume pulmonar. Já foi evidenciado que na SDRA extrapulmonar e na sepse, os pulmões são potencialmente mais recrutáveis.<sup>(29,30)</sup>

A SDRA em resposta a uma infecção viral é muito mais comum em crianças do que em adultos. Histologicamente, o padrão de lesão pulmonar observado é: bronquiolite, pneumonite intersticial e lesão alveolar difusa. Com os recentes avanços no conhecimento da fisiopatologia destas situações a MRA pode ser indicada como estratégia terapêutica complementar.<sup>(31)</sup>

A MRA é especialmente indicada em situações que podem causar colapso alveolar como anestesia, sedação e bloqueio neuromuscular, bem como, na desconexão do paciente do ventilador. Pode também ser utilizada para mobilizar secreções brônquicas e com o objetivo de diminuir o *shunt* pulmonar.<sup>(22,28)</sup>

Nas doenças que cursam com baixa complacência pulmonar provavelmente a consequência mais importante da MRA é homogeneizar a distribuição pressórica no parênquima pulmonar, uma vez que, nestas situações, ela tem distribuição heterogênea. Além disso, estas manobras previnem situações de hiperdistensão (volutrauma) em alvéolos normais, de atelectrauma (colapso) em unidades alveolares parcialmente ventiladas e finalmente, resgatam alvéolos não ventilados. Acredita-se que quanto mais alvéolos ventilados houver, maior a complacência pulmonar, fato que possibilita o pulmão acomodar maiores volumes sob menores pressões no sistema respiratório.<sup>(30)</sup>

No primeiro consenso brasileiro de VM em pediatria e neonatologia, a MRA tem grau de recomendação C, pois existem poucos estudos randomizados em crianças. A recomendação é que ela deva ser implementada em crianças com insuficiência respiratória aguda associada à presença de colapso alveolar, todas as vezes que houver necessidade de  $\text{FiO}_2$  acima de 40% para obter  $\text{SaO}_2$  de 90% a 95%. Este mesmo consenso considera a relação  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  um dos principais parâmetros diagnósticos de LPA/SDRA, podendo ser um importante indicador para a realização do recrutamento alveolar.<sup>(32)</sup>

### Técnicas de recrutamento alveolar

Embora a VM seja prática rotineira em terapia intensiva pediátrica, estudos a respeito do recrutamento alveolar em crianças ainda são limitados.<sup>(28,32)</sup> Apesar de seus benefícios já comprovados em pacientes adultos sua utilização na população pediátrica não está bem estabelecida e deve ser criteriosa.<sup>(4,6,12,32)</sup> Os pulmões e o tórax nesta faixa etária são essencialmente

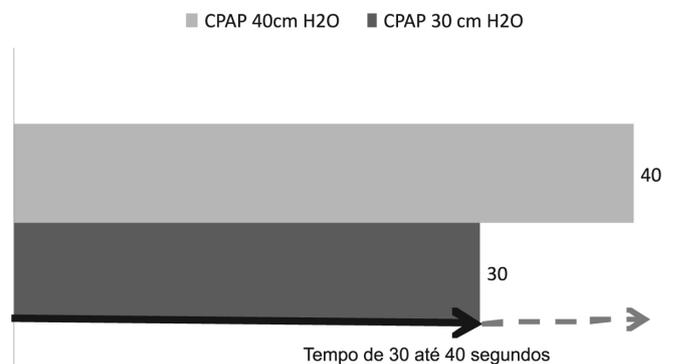
diferentes dos adultos pela alta complacência da caixa torácica, menor papel de forças gravitacionais e menor número de alvéolos. Apesar disso, os princípios gerais do recrutamento e desrecrutamento são os mesmos.<sup>(20)</sup>

A posição prona tem sido amplamente investigada em crianças como estratégia de incremento da oxigenação e resgate pulmonar por meio da ação da gravidade. Além disso, pode ser associada à MRA, contribuindo na sua efetividade. A simplicidade e o baixo custo do uso da prona, junto aos seus benefícios em pacientes com grave lesão pulmonar, popularizou o uso dessa modalidade terapêutica. No I Consenso Brasileiro de VM em Pediatria a posição prona tem grau de recomendação A e está indicada para pacientes que necessitem de  $\text{FiO}_2 \geq 60\%$ ,  $\text{PEEP} \geq 10$  para manter  $\text{SaO}_2 \geq 90\%$ . A “dose” da posição prona ainda precisa ser bem estabelecida. Preconiza-se manter a posição, a partir de sua indicação por até sete dias, por no mínimo seis horas até vinte horas ao dia.<sup>(32,33)</sup>

Diferentes métodos são propostos como as abordagens possíveis para o recrutamento do pulmão: alto nível de pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP), aumento gradativo da PEEP com pressão controlada mantida.<sup>(4,27,32)</sup>

Até o momento, a manobra de recrutamento mais frequentemente empregada em crianças sob VM é a insuflação sustentada. A técnica consiste em aplicar a CPAP de 30 até 40  $\text{cm H}_2\text{O}$  por 30-40 segundos (Figura 2).<sup>(34,35)</sup>

### Manobra de recrutamento com pressão sustentada

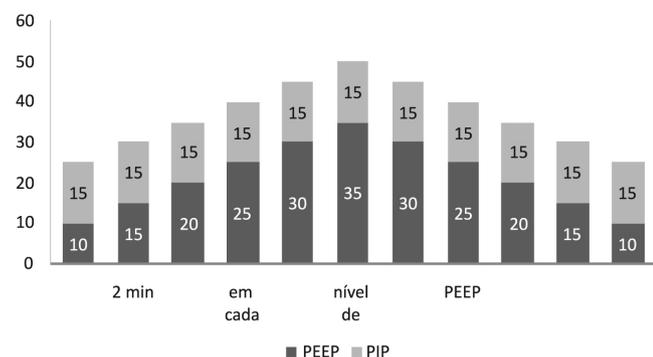


**Figura 2 - Manobra de insuflação sustentada demonstra aplicação da pressão contínua de 30 ou 40  $\text{cm de H}_2\text{O}$ , por 30 até 40 segundos.**

A segunda técnica é realizada com pressão controlada, na qual a pressão inspiratória é mantida em 15 ou 20  $\text{cm H}_2\text{O}$ , a frequência respiratória fixada em 10 ipm e o tempo inspiratório fixo em 3 segundos. O procedimento consiste no aumento da PEEP partindo de pelo menos 10  $\text{cm H}_2\text{O}$ , avançando gradativamente de 5 em 5  $\text{cm H}_2\text{O}$  por até 2 minutos, podendo atingir uma PEEP final de até 35  $\text{cm H}_2\text{O}$  com

consequente aumento do pico de pressão de até 50 cmH<sub>2</sub>O (Figura 3).<sup>(32,36,37)</sup>

Manobra de recrutamento com aumento progressivo da PEEP



PEEP – pressão expiratória final positiva; PIP - pressão inspiratória positiva.

**Figura 3 - Aumento progressivo de 5 cm de H<sub>2</sub>O de PEEP a cada 2 minutos.**

Recomenda-se para o conforto do paciente, a sedação e analgesia durante o procedimento. Infusão de midazolam e fentanyl com o ajuste da dose conforme a necessidade clínica é indicada para a realização do procedimento. Pacientes com mecânica pulmonar bastante comprometida e na fase aguda da doença podem necessitar de bloqueadores neuromusculares, como o vecurônio, pelo risco de agitação psicomotora, tosse, assincronia com o ventilador e barotrauma.<sup>(20,38,39)</sup>

A manobra pode ser realizada várias vezes ao dia ou quando necessário. Recomenda-se a MRA na fase precoce da lesão pulmonar, a partir de 24 horas após a instituição da ventilação mecânica, até 72 horas. Podendo ser repetida na deterioração da oxigenação, desconexão do ventilador e/ou após a aspiração do tubo traqueal. É indicada prévia aspiração traqueal ao recrutamento. A MRA deve ser repetida em caso de necessidade de aspiração traqueal para assegurar o efeito de “pulmão aberto”.<sup>(20,25,32,34,36,38-41)</sup>

A PEEP proporciona maior estabilidade alveolar após o recrutamento.<sup>(4,7,9)</sup> Em pediatria não se dispõe de dados ou valores pré estabelecidos, porém dados da literatura, em adultos, sugerem uma janela de segurança utilizando valores de PEEP entre 8-15 cm H<sub>2</sub>O, que resultem em picos de pressão abaixo de 35 cm H<sub>2</sub>O, pressão de platô abaixo de 30 cm H<sub>2</sub>O e volumes correntes de 5 a 8 ml/Kg. O PEEP ideal seria determinado pelo ponto de melhor troca gasosa, ou seja, 2cm H<sub>2</sub>O acima do ponto de inflexão da curva pressão-volume do sistema respiratório, observando-se a estabilidade hemodinâmica.<sup>(12,32,41,42)</sup>

### Benefícios, efeitos adversos e complicações

Para melhor avaliação dos resultados, os marcadores de gravidade da lesão pulmonar, como a relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, OI,

a complacência pulmonar e o escore de lesão pulmonar modificado para pediatria, deveriam ser determinados ao início do procedimento e na evolução do paciente.<sup>(12)</sup> Além disso, seria importante que a cada intervenção a efetividade fosse também avaliada por técnicas de imagem, (como tomografia axial computadorizada de tórax e tomografia por impedância elétrica), estudos de mecânica respiratória estática e dinâmica, bem como medidas do volume pulmonar.<sup>(15,16,25,43)</sup>

Estudos experimentais com MRA têm demonstrado efeitos benéficos sobre a oxigenação.<sup>(7,23,24,26)</sup> Em estudos com crianças anestesiadas e com pulmões saudáveis, os autores demonstraram diminuição da atelectasia e melhora da complacência pulmonar.<sup>(44,45)</sup>

Duff et al.<sup>(34)</sup> realizaram estudo prospectivo em 32 crianças com insuflação sustentada de 30 a 40 cm H<sub>2</sub>O por 15 a 20 segundos, sempre que ocorresse a desconexão do aparelho, aspiração traqueal, presença de hipóxia ou rotineiramente a cada 12 horas. Durante as manobras não houve alteração da pressão arterial, frequência cardíaca ou saturação de oxigênio e foi acompanhada de uma significativa redução da FIO<sub>2</sub> nas seis horas seguintes ao procedimento. Concluíram que as manobras são seguras nos pacientes pediátricos e estão associadas à significativa redução da necessidade de oxigênio nas 6 horas subsequentes à MRA.

No estudo de Rimensberger et al.<sup>(46)</sup> com recém-nascidos de baixo peso com SDRA, sob ventilação oscilatória de alta frequência associada à MR, foi observado que o grupo tratado permaneceu menos tempo na VM, com menor índice de displasia broncopulmonar e menor dependência de oxigênio. Scohy et al.<sup>(47)</sup> utilizaram a manobra de recrutamento seguida de 8 cm H<sub>2</sub>O de PEEP em 20 crianças. Observaram melhora significativa da complacência dinâmica, da oxigenação, do volume pulmonar expiratório final em crianças no pós-operatório de cirurgia cardíaca. Em crianças com SDRA, Gaudencio et al.<sup>(42)</sup> utilizando níveis crescentes de PEEP e pressão controlada de 15 cmH<sub>2</sub>O até a obtenção de menos de 5% de colapso na avaliação tomográfica, observaram melhora da relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>.

Entretanto, estudos clínicos em crianças tem apresentado resultados ainda controversos.<sup>(22,48)</sup> Ao lado dos benefícios constatados, a MRA também pode ter efeitos indesejáveis como liberação de citocinas inflamatórias. Halbertsma et al.<sup>(48)</sup> demonstraram, em crianças gravemente doentes sob VM, que a aplicação de uma única MRA pode translocar citocinas pró-inflamatórias do espaço alveolar para a circulação sistêmica. Grasso<sup>(43)</sup> recentemente observou que o recrutamento pode não prevenir a hiperdistensão de unidades alveolares normais. Outros efeitos adversos constatados foram redução do retorno venoso, diminuição do débito cardíaco e hipotensão. A forma mais adequada de evitar estes efeitos

seria a manutenção da expansão do espaço intravascular.<sup>(9)</sup>

As principais complicações que podem ocorrer durante a manobra são barotrauma e comprometimento hemodinâmico. Dois mecanismos são responsáveis pela instabilidade hemodinâmica, o primeiro por aumento da pressão em vias aéreas levando à diminuição do retorno venoso e da pré-carga do ventrículo direito, o segundo por elevação da pressão alveolar, podendo aumentar a resistência vascular pulmonar e pós-carga do ventrículo direito.<sup>(41)</sup> Também já foram relatados diminuição da perfusão cerebral e translocação bacteriana. Uma recente revisão sistemática demonstrou que as complicações mais frequentes foram hipotensão (12%) e a dessaturação (9%). O barotrauma, apesar de ser uma importante complicação, é de baixa incidência (1%).<sup>(49)</sup> Esses efeitos parecem ser infreqüentes e de baixo impacto diante da necessidade de melhora da oxigenação em quadros de hipoxemia grave.<sup>(28,34,48)</sup> Outro ponto importante é o efeito relativamente curto da manobra, podendo ser repetida várias vezes ao dia para manter o pulmão expandido.<sup>(41)</sup> O estudo de Brower et al.<sup>(40)</sup> observou que o efeito máximo da manobra sobre a oxigenação ocorreu aos 10 minutos pós manobra, diminuindo ao longo de 2 a 3 horas.

Entre as principais contra-indicações para sua utilização está a presença de instabilidade hemodinâmica, como hipotensão, agitação psicomotora, doença pulmonar obstrutiva crônica, doença pulmonar unilateral, pneumectomia prévia, fistulas broncopleurais, hemoptise, pneumotórax não drenado, hipertensão intracraniana e ventilação mecânica prolongada.<sup>(36,39,42)</sup>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a estratégia protetora utilizando a MRA seja cada vez mais aceita e utilizada na população pediátrica, ainda não existem diretrizes bem definidas para seu emprego a fim de que sua eficácia seja assegurada. Estes procedimentos na população pediátrica ainda não estão amplamente aceitos por condições próprias do parênquima pulmonar do paciente de baixa idade e pela necessidade de maior investigação nesta população. Por esta razão, o seu emprego deve ser judicioso, pois o tecido pulmonar da criança poderá passar do colapso alveolar num extremo, à hiperdistensão e ruptura, no outro, o que pode caracterizar uma ação ainda mais lesiva.

A MRA parece ser benéfica como adjuvante no tratamento da hipoxemia refratária ao uso de oxigênio e doenças da

complacência pulmonar em fase inicial. Ao lado dos benefícios constatados, a MRA também pode ter efeitos indesejáveis como liberação de citocinas inflamatórias. No entanto, deve ser considerado que seu efeito pode ser transitório. Sua implementação em crianças agudamente doentes deve ser feita sob rigorosa monitorização, sedação, controle hemodinâmico e realizada por equipe experiente.

Qual o melhor momento de sua implementação e qual a melhor forma de analisar sua eficácia são os desafios que se colocam nas UTI pediátricas. Por este motivo, há necessidade de mais estudos com a utilização destes procedimentos a fim de que se possa avaliar melhor o seu impacto sobre a morbidade e mortalidade em pediatria.

---

## ABSTRACT

Recent changes were introduced in acute hypoxemic respiratory failure children ventilation methods. There are evidences that less aggressive ventilation strategies can improve severe pulmonary injury survival. Experimental trials evidenced a relationship between inappropriate ventilatory measures and delayed acute pulmonary injury improvement, or even worsening. From this, a protective ventilatory measure arises in combination with alveolar recruitment maneuver. This association is believed in clinical practice to determine importantly reduced morbidity and mortality as well as reduced mechanic ventilation-induced injuries. It is indicated for acute lung injury patients, generally from pneumonia or sepsis, with severe hypoxemia. Its main contraindications are homodynamic instability, pneumothorax and intracranial hypertension. Experimental trials showed beneficial maneuver effects on both oxygenation and alveolar collapse. Adult studies showed improved pulmonary function with hypoxemia reversion. In children, the maneuver lead to significant inspired oxygen fraction and alveolar collapse reductions, less oxygen dependency, improved pulmonary complacency, and reduced bronchopulmonary dysplasia. However, studies in children are limited. Additional investigation is warranted on this matter, and its clinical application evidence. A literature review was conducted based on textbooks and MEDLINE, Pubmed, Cochrane library, SciELO, and Ovid databases, from 1998 to 2009, both in Portuguese and English. Publications on alveolar recruitment maneuver both in adults and children, review articles, experimental and clinical trials were included using the key words: protective ventilatory strategy, alveolar recruitment maneuver, pediatrics and mechanic ventilation.

**Keywords:** Intensive care units; Respiration, artificial/adverse effects; Respiratory mechanics; Child

## REFERÊNCIAS

1. Marraro GA. Protective lung strategies during artificial ventilation in children. *Paediatr Anaesth*. 2005;15(8):630-7.
2. Rimemsberger PC. Mechanical ventilation in paediatric intensive care. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2009;28(7-8):682-4.
3. Marini JJ. How best to recruit the injured lung? *Crit Care*. 2008;12(3):159.
4. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 1998;338(6):345. 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;342(18):1301-8.
6. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet L, Falke K, Hudson L, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(3 Pt 1):818-24.
7. Lachmann B. Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med*. 1992;18(6):319-21.
8. Marraro GA. Innovative practices of ventilatory support with pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*. 2003;4(1):8-20.
9. Haitsma JJ. Physiology of mechanical ventilation. *Crit Care Clin*. 2007;23(2):117-34, vii.
10. Papadakos PJ, Lachmann B. The open lung concept of mechanical ventilation: the role of recruitment and stabilization. *Crit Care Clin*. 2007;23(2):241-50, ix-x.
11. Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri VM, Quintel M, et al. Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2006;354(17):1775-86.
12. Khemani RG, Conti D, Alonzo TA, Bart RD 3rd, Newth CJ. Effect of tidal volume in children with acute hypoxemic respiratory failure. *Intensive Care Med*. 2009;35(8):1428-37.
13. Rice TW, Wheeler AP, Bernard GR, Hayden DL, Schoenfeld DA, Ware LB; for the National Institutes of Health, National Heart, Lung, and Blood Institute ARDS Network. Comparison of the SpO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> ratio and the PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> ratio in patients with acute lung injury or ARDS. *Chest*. 2007;132(2):410-7.
14. Murray JF, Matthay MA, Luce JM, Flick MR. An expanded definition of the adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Respir Dis*. 1988;138(3):720-3. Erratum in: *Am Rev Respir Dis*. 1989;139(4):1065.
15. Wolf GK, Grychtol B, Frerichs I, van Genderingen HR, Zurakowski D, Thompson JE, Arnold JH. Regional lung volume changes in children with acute respiratory distress syndrome during a derecruitment maneuver. *Crit Care Med*. 2007;35(8):1972-8.
16. Malbouisson LM, Muller JC, Constantin JM, Lu Q, Puybasset L, Rouby JJ; CT Scan ARDS Study Group. Computed tomography assessment of positive end-expiratory pressure-induced alveolar recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(6):1444-50.
17. Radiometer. Blood gas oxymetry and electrolyte systems – Reference manual. Copenhagen: Radiometer Medical A/S; 1997.
18. Zimmerman JJ, Akhtar SR, Caldwell E, Rubenfeld GD. Incidence and outcomes of pediatric acute lung injury. *Pediatrics*. 2009;124(1):87-95.
19. Dahlem P, van Aalderen WM, Hamaker ME, Dijkgraaf MG, Bos AP. Incidence and short-term outcome of acute lung injury in mechanically ventilated children. *Eur Respir J*. 2003;22(6):980-5.
20. Randolph AG. Management of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome in children. *Crit Care Med*. 2009;37(8):2448-54. Review.
21. Barbas CV, de Mattos GF, Borges Eda R. Recruitment maneuvers and positive end-expiratory pressure/tidal ventilation titration in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome: translating experimental results to clinical practice. *Crit Care*. 2005;9(5):424-6.
22. Hodgson C, Bradley S, Davies AR, Holland AE, Keating JL, Smirneos L, et al. Recruitment manoeuvres for adults receiving mechanical ventilation with acute lung injury (Protocol for a Cochrane Review). In: *The Cochrane Library*, issue 4, 2008. Oxford: Update Software.
23. Rimemsberger PC, Pristine G, Mullen BM, Cox PN, Slutsky AS. Lung recruitment during small tidal volume ventilation allows minimal positive end-expiratory pressure without augmenting lung injury. *Crit Care Med*. 1999;27(9):1940-5.
24. Webb HH, Tierney DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures. Protection by positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis*. 1974;110(5):556-65.
25. Plötz FB, Vreugdenhil HA, Slutsky AS, Zijlstra J, Heijnen CJ, van Vught H. Mechanical ventilation alters the immune response in children without lung pathology. *Intensive Care Med*. 2002;28(4):486-92.
26. Mols G, Priebe HJ, Guttman J. Alveolar recruitment in acute lung injury. *Br J Anaesth*. 2006;96(2):156-66. Erratum in: *Br J Anaesth*. 2007;99(2):307.
27. Valente Barbas CS. Lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome and facilitating resolution. *Critical Care Med*. 2003;31(4 Suppl):S265-71.
28. Halbertsma FJ, Vaneker M, van der Hoeven JG. Use of recruitment maneuvers during mechanical ventilation in pediatric and neonatal intensive care units in the Netherlands. *Intensive Care Med*. 2007;33(9):1673-4.
29. Lapinsky SE, Mehta S. Bench-to-bedside review: Recruit-

- ment and recruiting maneuvers. *Crit Care*. 2005;9(1):60-5.
30. Marini JJ, Gattinoni L. Ventilatory management of acute respiratory distress syndrome: a consensus of two. *Crit Care Med*. 2004;32(1):250-5.
  31. Hammer J. Acute lung injury: pathophysiology, assessment and current therapy. *Paediatr Respir Rev*. 2000;2(1):10-21.
  32. Fioretto JR, Freddi NA, Costa KN, Nóbrega RF. Ventilação mecânica na lesão pulmonar aguda (LPA)/Síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA). In: *I Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica em Pediatria e Neonatologia*. 2009. [citado 2009 Dez 12]. Disponível em: <http://www.amib.org.br/consultaspublicas.asp>
  33. Curley MA, Hibberd PL, Fineman LD, Wypij D, Shih MC, Thompson JE, et al. Effect of prone positioning on clinical outcomes in children with acute lung injury: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2005;294(2):229-37.
  34. Duff JP, Rosychuk RJ, Joffe AR. The safety and efficacy of sustained inflations as a lung recruitment maneuver in pediatric intensive care unit patients. *Intensive Care Med*. 2007;33(10):1778-86.
  35. Sargent MA, Jamienson DH, McEarchern AM, Blackstock D. Increased inspiratory pressure for reduction of atelectasis in children anesthetized for CT scan. *Pediatr Radiol*. 2002;32(5):344-7.
  36. Borges JB, Okamoto VN, Matos GF, Caraméz MP, Arantes PR, Barros F, et al. Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174(3):268-78.
  37. Villagrà A, Ochagavía A, Vatua S, Murias G, Del Mar Fernández M, Lopez Aguilar J, et al. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;165(2):165-70.
  38. Jauncey-Cooke JJ, Bogossian F, East CE. Lung recruitment -- a guide for clinicians. *Aust Crit Care*. 2009;22(4):155-62.
  39. Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, Slutsky AS, Arabi YM, Cooper DJ, Davies AR, Hand LE, Zhou Q, Thabane L, Austin P, Lapinsky S, Baxter A, Russell J, Skrobik Y, Ronco JJ, Stewart TE; Lung Open Ventilation Study Investigators. Ventilation strategy using low tidal volumes, recruitment maneuvers, and high positive end-expiratory pressure for acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2008;299(6):637-45.
  40. Brower RG, Morris A, MacIntyre N, Matthay MA, Hayden D, Thompson T, Clemmer T, Lanken PN, Schoenfeld D; ARDS Clinical Trials Network, National Heart, Lung, and Blood Institute, National Institutes of Health. Effects of recruitment maneuvers in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome ventilated with high positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med*. 2003;31(11):2592-7. Erratum in: *Crit Care Med*. 2004;32(3):907.
  41. Gernoth G, Wagner G, Pelosi P, Luecke T. Respiratory and haemodynamic changes during decremental open lung positive end-expiratory pressure titration in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care*. 2009;13(2):R59.
  42. Gaudencio AMAS, Barbas CSV, Troster EJ, Carvalho. Recrutamento pulmonar. In: Carvalho WB, Hirschheimer MR, Proença Filho JO, Freddi NA, Troster EJ, editores. *Ventilação pulmonar mecânica em neonatologia e pediatria*. 2a ed. São Paulo: Atheneu; 2005. p. 33-40.
  43. Grasso S, Stripoli T, Sacchi M, Terrotoli P, Staffieri F, Franchini D, et al. Inhomogeneity of lung parenchyma during the open lung strategy: a computed tomography scan study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009;180(5):415-23.
  44. Tusman G, Böhm SH, Tempira A, Melkun F, García E, Turchetto E, et al. Effects of recruitment maneuver on atelectasis in anesthetized children. *Anesthesiology*. 2003;98(1):14-22.
  45. Marcus RJ, van der Walt JH, Pettifer RJ. Pulmonary volume recruitment restores pulmonary compliance and resistance in anaesthetized young children. *Paediatr Anaesth*. 2002;12(7):579-84.
  46. Rimensberger PC, Beghetti M, Hanquinet S, Berner M. First intention high-frequency oscillation with early lung volume optimization improves pulmonary outcome in very low birth weight infants with respiratory distress syndrome. *Pediatrics*. 2000;105(6):1202-8.
  47. Scohy TV, Bikker IG, Hoffland J, de Jong PL, Bogers AJ, Gommers D. Alveolar recruitment strategy and PEEP improve oxygenation, dynamic compliance of respiratory system and end-expiratory lung volume in pediatric patients undergoing cardiac surgery for congenital heart disease. *Paediatr Anaesth*. 2009;19(12):1207-12.
  48. Halbertsma FJ, Vaneker M, Pickkers P, Neeleman C, Scheffer JG, van der Hoeven van der JG. A single recruitment maneuver in ventilated critically ill children can translocate pulmonary cytokines into the circulation. *J Crit Care*. 2009 Mar 26. [Epub ahead of print].
  49. Fan E, Wilcox ME, Brower RG, Stewart TE, Mehta S, Lapinsky SE, et al. Recruitment maneuvers for acute lung injury: a systematic review. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;178(11):1156-63.