

Manobra de Recrutamento Alveolar na Reversão da Hipoxemia no Pós-Operatório Imediato em Cirurgia Cardíaca*

Alveolar Recruitment Maneuver to Reverse Hypoxemia in the Immediate Postoperative Period of Cardiac Surgery

José Otávio Costa Auler Junior, TSA¹, Emília Nozawa², Eliane Kobayashi Toma³, Karin Lika Degaki³,
Maria Ignêz Zanetti Feltrim⁴, Luiz Marcelo Sá Malbouisson, TSA⁵

RESUMO

Auler Jr JOC, Nozawa E, Toma EK, Degaki KL, Feltrim MIZ, Malbouisson LMS — Manobra de Recrutamento Alveolar na Reversão da Hipoxemia no Pós-Operatório Imediato em Cirurgia Cardíaca.

OBJETIVO: Avaliar os efeitos da manobra de recrutamento alveolar na oxigenação e volume corrente exalado em pacientes com hipoxemia no pós-operatório imediato de intervenção cirúrgica cardíaca.

MÉTODO: Estudo prospectivo, consecutivo. Dentre 469 intervenções cirúrgicas cardíacas no período de fevereiro a abril de 2006, foram incluídos no protocolo 40 pacientes (8,5%), que na primeira avaliação na admissão da unidade de terapia intensiva cirúrgica apresentavam relação $PaO_2/FiO_2 < 200$. Nesse grupo de pacientes aplicou-se prospectivamente protocolo padronizado de manobras de recrutamento alveolar com pressão nas vias aéreas de 20 cmH_2O na vigência de relação $PaO_2/FiO_2 < 200$, 30 cmH_2O na relação $PaO_2/FiO_2 < 150$ e 40 cmH_2O quando a relação PaO_2/FiO_2 persistisse inferior a 150 após manobra de recrutamento com pressão nas vias aéreas de 30 cmH_2O . A pressão aplicada por meio do ventilador mecânico foi na modalidade pressão positiva contínua nas vias aéreas, por três vezes, com duração média de 30 segundos cada uma. Os parâmetros de oxigenação e volume corrente exalado foram comparados antes e imediatamente após as manobras de recrutamento.

RESULTADOS: Dos 40 pacientes estudados, 30 responderam de modo favorável à manobra de recrutamento com pressão de 20 cmH_2O e em 10 houve necessidade de 30 cmH_2O . Nenhuma vez foi necessário aplicar manobra de recrutamento com pressão de

40 cmH_2O . Após aplicação da manobra de recrutamento houve melhora significativa da oxigenação caracterizada por aumento da relação PaO_2/FiO_2 ($p = 0,001$), saturação periférica de oxigênio ($p = 0,004$) e do volume corrente exalado ($p = 0,038$).

CONCLUSÃO: As manobras de recrutamento alveolar foram efetivas na correção da hipoxemia e aumento do volume corrente exalado em pacientes sob ventilação mecânica no pós-operatório imediato de intervenção cirúrgica cardíaca.

Unitermos: CIRURGIA, Cardíaca; COMPLICAÇÕES: hipoxemia; VENTILAÇÃO: controlada mecânica, pressão positiva, manobra de recrutamento alveolar.

SUMMARY

Auler Jr JOC, Nozawa E, Toma EK, Degaki KL, Feltrim MIZ, Malbouisson LMS — Alveolar Recruitment Maneuver to Reverse Hypoxemia in the Immediate Postoperative Period of Cardiac Surgery.

BACKGROUND AND OBJECTIVES: To evaluate the effects of the alveolar recruitment maneuver on oxygenation and exhaled tidal volume, in patients with hypoxemia, in the immediate postoperative period of cardiac surgery.

METHODS: This is a prospective, consecutive study. Among the 469 cardiac surgeries performed from February to April 2006, 40 patients (8.5%) who, at the time of admission to the surgical intensive care unit, presented $PaO_2/FiO_2 < 200$, were included in the protocol. A standard prospective protocol of alveolar recruitment maneuvers with pressure of 20 cmH_2O in the upper airways in the presence of the ratio $PaO_2/FiO_2 < 200$, 30 cmH_2O with $PaO_2/FiO_2 < 150$, and 40 cmH_2O when PaO_2/FiO_2 remained below 150 after recruitment maneuver with pressure of 30 cmH_2O , was applied to this group of patients. Continuous positive pressure was applied to the airways with a mechanical ventilator, 3 times, for approximately 30 seconds each. Parameters of oxygenation and exhaled tidal volume were compared before and immediately after the recruitment maneuvers.

RESULTS: Of the 40 patients in the study, 30 showed good responses to recruitment maneuvers with 20 cmH_2O , and 10 cases required 30 cmH_2O . There was a significant improvement in oxygenation after the recruitment maneuvers, demonstrated by an increase in PaO_2/FiO_2 ($p = 0.001$), peripheral oxygen saturation ($p = 0.004$), and exhaled tidal volume ($p = 0.038$).

CONCLUSIONS: Alveolar recruitment maneuvers were successful on correcting hypoxemia and increasing the exhaled tidal volume in patients on mechanical ventilation in the immediate postoperative period of cardiac surgery.

Key Words: COMPLICAÇÕES: hypoxemia; SURGERY, Cardiac; VENTILATION: mechanic, positive pressure, alveolar recruitment maneuver.

*Recebido da (Received from) Unidade de Terapia Intensiva Cirúrgica, Instituto do Coração (InCor), Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FM/USP) — São Paulo, SP

1. Professor Titular da FM/USP; Diretor do Serviço de Anestesiologia e Unidade de Terapia Intensiva Cirúrgica do InCor
2. Fisioterapeuta Chefe da Unidade de Terapia Intensiva Cirúrgica do InCor; Doutora em Ciências FM/USP
3. Fisioterapeuta da Unidade de Terapia Intensiva Cirúrgica do InCor; Especialização em Fisioterapia Cardiorrespiratória
4. Fisioterapeuta, Diretora do Serviço de Fisioterapia do InCor; Doutora em Reabilitação pela UNIFESP
5. Médico Assistente do Serviço de Anestesiologia e Unidade de Terapia Intensiva Cirúrgica do InCor; Doutor em Ciências pela FM/USP

Apresentado (Submitted) em 11 de agosto de 2006
Aceito (Accepted) para publicação em 12 de junho de 2007

Endereço para correspondência (Correspondence to):
Dr. José Otávio Costa Auler Júnior
Rua Guarará, 538/151
01425-000 São Paulo, SP
E-mail: auler@hcnet.usp.br e auler.junior@incor.usp.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2007

INTRODUÇÃO

A aplicação da manobra de recrutamento alveolar (MRA), isolada ou associada à pressão positiva no final da expiração (PEEP), para correção de hipoxemia decorrente de colapso alveolar permanece controversa ¹.

Vários são os fatores que contribuem para o colapso alveolar ou atelectasia no período intra-operatório, causa comum de hipoxemia no pós-operatório de operações que manuseiam o abdome superior ou a cavidade torácica. Entre eles, citam-se o deslocamento cefálico do diafragma causado pelos anestésicos e bloqueadores neuromusculares e a compressão dos pulmões por estruturas do mediastino ². No caso particular das intervenções cirúrgicas cardíacas também contribuem para áreas de atelectasia a inatividade dos pulmões durante a circulação extracorpórea, o manuseio cirúrgico da cavidade pleural e as reações inflamatórias provocadas pela circulação extracorpórea ^{3,4}. A presença de regiões pulmonares colapsadas tem sido associada ao aumento do risco de infecções respiratórias no período pós-operatório, bem como à hipoxemia por aumento do *shunt* ⁴. A sua reexpansão torna-se necessária para melhorar a oxigenação e reduzir o risco de pneumonia, viabilizando o desmame da ventilação mecânica e a extubação. Para o recrutamento com expansão dos alvéolos colapsados tem sido utilizada a pressão positiva no final da expiração (PEEP) ⁵ em níveis crescentes, de forma isolada ou associada às manobras de recrutamento alveolar (MRA) ⁶.

As manobras de recrutamento alveolar são procedimentos rotineiros em casos de síndrome da angústia respiratória do adulto (SARA) com hipoxemia refratária à aplicação de PEEP ⁷, embora alguns estudos mostrem que nas fases iniciais da SARA a MRA não mantém a oxigenação ⁸. Por outro lado, ainda que enfatizada quanto à sua importância, o uso da MRA durante ou no término da anestesia geral não tem sido habitual. Nessa situação, a MRA teria como objetivo desfazer atelectasias e aumentar a superfície alveolar disponível para troca gasosa ⁹. A grande polêmica atual é como e quando utilizá-la, quais os valores de pressão positiva intra-alveolar são necessários para desfazer as áreas colapsadas e como medir sua eficácia. Uma vez que a MRA implica em grande pressurização intra-alveolar, há riscos inerentes, como rotura de alvéolos causando pneumotórax e hipotensão arterial por redução do retorno venoso durante a sua aplicação. Apesar do assunto relacionado com o uso da MRA ser muito estudado, em situações de grave hipoxemia como na SARA ¹⁰, ainda é assunto controverso no período pós-operatório imediato de intervenção cirúrgica cardíaca ^{6,11}.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia da MRA na reversão da hipoxemia em pacientes no pós-operatório imediato de intervenção cirúrgica cardíaca, bem como propor a padronização do método.

MÉTODO

Após aprovação da Comissão de Ética Institucional, foram estudados 40 (8,5%) pacientes de um total de 469 submetidos a intervenções cirúrgicas no coração, admitidos na UTI cirúrgica, sendo 29 do sexo masculino e 11 do sexo feminino, no período de fevereiro a abril de 2006. Todos os pacientes incluídos neste estudo apresentaram hipoxemia, caracterizada por relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menor que 200. Outros pacientes do período com $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menor que 200, mas que apresentavam enfisema subcutâneo, fístula bronco-pleural, baixo débito cardíaco e hipertensão pulmonar não foram incluídos no estudo.

Todos os pacientes foram classificados como estado físico ASA II ou III e receberam midazolam por via oral nas doses de 5 a 10 mg, dependendo da idade e do estado físico, uma hora antes da operação. A técnica de anestesia foi semelhante para todos os pacientes, padronizada na instituição. Dependendo da fração de ejeção (FE) pré-operatória foram utilizados etomidato (FE menor ou igual a 0,5) ou propofol, para a indução da anestesia, e associados ao cloridrato de fentanila ou sufentanila, em doses apropriadas ao caso. O bloqueador neuromuscular usual foi brometo de pancurônio ou besilato de atracúrio na presença de disfunção renal. A manutenção da anestesia foi feita com isoflurano, e doses adicionais de opioide, a critério do médico assistente.

A monitoração foi a usual para esse tipo de procedimento, consistindo em ECG com cinco derivações, pressão arterial invasiva, pressão venosa central, temperatura nasofaríngea e oxímetro de pulso (Monitor Siemens); quando indicado, cateter de artéria pulmonar também foi utilizado. Capnografia, concentrações inspiradas e expiradas de oxigênio e isoflurano, foram obtidas diretamente do painel do aparelho de anestesia (Cícero – Drager Luebek, Alemanha). No centro cirúrgico os pacientes foram ventilados na modalidade volume controlado (volume corrente de 8 mL.kg^{-1}) com fração inspirada de oxigênio (FiO_2) de 0,5 (mistura de ar e oxigênio) e PEEP de $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ (Cícero – Drager Luebek, Alemanha). Não foram realizadas MRA no centro cirúrgico. Quando necessário variou-se a FiO_2 para aumento da oxigenação sanguínea, mantendo-se a oximetria de pulso maior ou igual a 95%.

Todos os pacientes dessa série foram operados com auxílio de circulação extracorpórea (CEC) e do sistema oxigenador de membrana – adulto (OXI Master Century – Braille Biomédica, São José do Rio Preto). Empregou-se hipotermia leve, mínimo de 32°C , e hemodiluição normovolêmica com Ringer com lactato. Concentrado de hemácias ficou a critério da equipe, em geral foi utilizado quando o hematócrito era inferior a 28%. Durante a CEC o ventilador mecânico foi desativado, ficando os pulmões despressurizados. Ao término da CEC a ventilação mecânica foi reiniciada nos parâmetros anteriores, sem realizar-se MRA.

Os pacientes foram admitidos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) provenientes do centro cirúrgico, ainda sob efeito

anestésico, sendo mantidos em ventilação controlada mecânica na modalidade volume controlado (Ventilador Veolar – Hamilton Rahzuns, Suíça). Inicialmente, os parâmetros foram ajustados com volume corrente de 8 mL.kg⁻¹, frequência respiratória (f) de 12 rpm, FiO₂ de 0,6 e PEEP de 5 cmH₂O, procurando-se manter saturação periférica de oxigênio (SpO₂) maior ou igual a 95%, conforme rotina da unidade. Quinze minutos após ajuste do ventilador mecânico coletou-se amostra de sangue arterial para análise dos gases sanguíneos (Aparelho de gasometria Radiometer, model ABL 715, Copenhagem). Constatando-se hipoxemia PaO₂/FiO₂ < 200 o paciente, caso preenchesse os critérios clínicos estabelecidos, era incluído no protocolo de recrutamento.

Para este estudo foram selecionados três ventiladores mecânicos da mesma marca que tiveram os seus transdutores de fluxo e pressão calibrados e aferidos, utilizando-se para isso um analisador de calibração (Respical-Timeter, mod. T300, Allied Healthcare, EUA) com certificação internacional e nacional (Inmetro). Esse procedimento foi realizado por um técnico em eletrônica com especialização no equipamento. O intuito dessa calibração foi garantir a acurácia do volume exalado e das pressões utilizadas para pressurizar as vias aéreas. Cuidados foram tomados quanto à presença de quaisquer vazamentos que pudessem prejudicar a leitura do volume exalado e da manutenção da pressão nas vias aéreas.

A MRA neste trabalho foi semelhante, porém com pequenas modificações ao método preconizado na literatura ¹². Após

verificação de que o paciente ainda permanecia sob efeito anestésico, foi realizado a MRA, que consistia em três insuflações sustentadas com pressão nas vias aéreas, de 20, 30 ou 40 cmH₂O com duração de 30 segundos cada insuflação (Figura 1). Para essa manobra, o ventilador foi ajustado na modalidade pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) acionando-se o comando PEEP, com FiO₂ a 0,6. A insuflação das vias aéreas foi realizada de maneira contínua, a partir de 5 cmH₂O de PEEP, até atingir-se o valor de 20, 30 ou 40 cmH₂O. Nos intervalos de cada manobra de 30 segundos, o ventilador era convertido para a modalidade inicial com pressão controlada com PEEP de 5 cmH₂O, FiO₂ de 0,6, f de 12 rpm, durante cinco ciclos. O valor da pressão de insuflação nas vias aéreas (PVA) de 20, 30 ou 40 cmH₂O era selecionado de acordo com a PaO₂/FiO₂. A PVA de 20 cmH₂O foi aplicada quando PaO₂/FiO₂ fosse menor que 200 e maior que 150, 30 cmH₂O se PaO₂/FiO₂ fosse menor que 150 e 40 cmH₂O se PaO₂/FiO₂ fosse menor que 150, mesmo após a aplicação de MRA a 30 cmH₂O. O volume corrente exalado foi obtido diretamente do painel do ventilador antes e imediatamente após as MRA na modalidade volume controlado. A saturação periférica de oxigênio foi obtida por meio do oxímetro de pulso (Oxyplenth, mod. DX2405 – Dixtal, São Paulo), antes e logo após a MRA.

Restaurando-se a oxigenação após a MRA, o desmame do ventilador mecânico seguiu protocolo já padronizado na UTI, a partir de ventilação com pressão controlada, com ventilação mandatória intermitente sincronizada (VMIS) associada

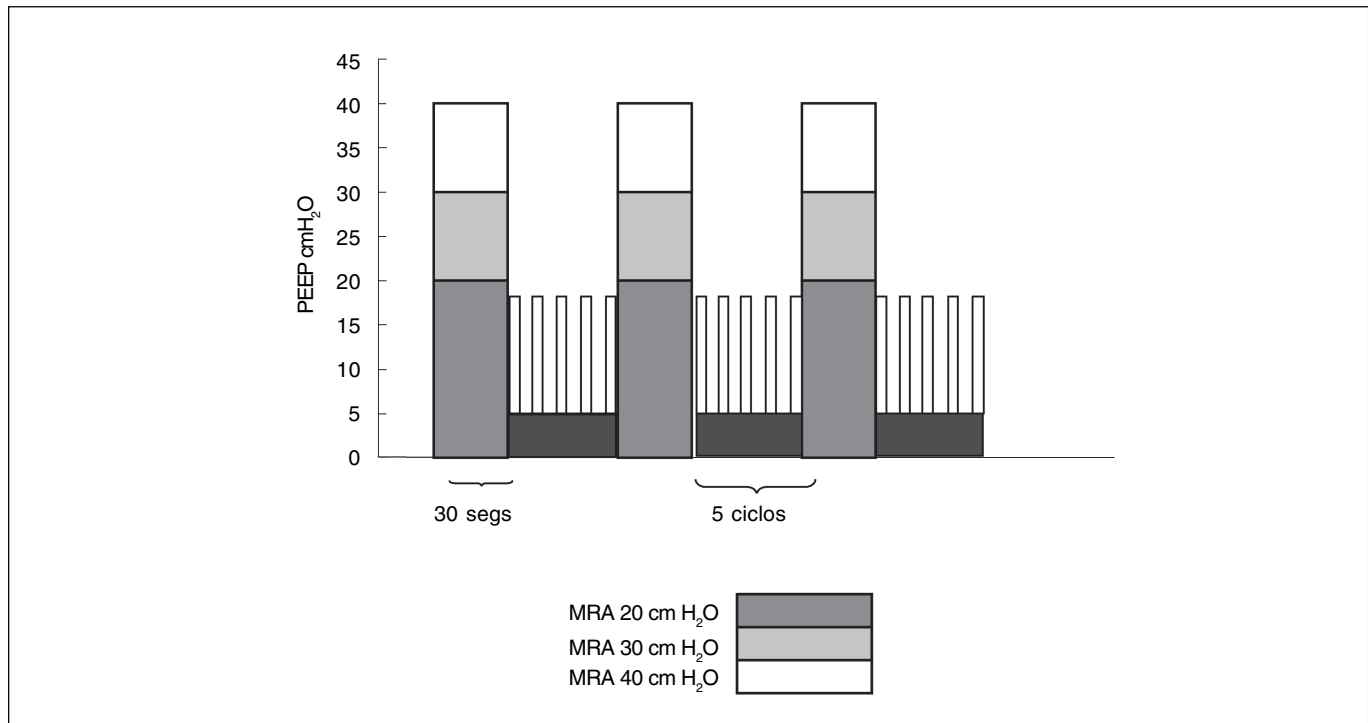


Figura 1 – Diagrama Esquemático da Manobra de Recrutamento Alveolar.

à pressão de suporte (VPS). Após a MRA, a PEEP foi reajustada de modo aleatório entre 6 e 8 cmH₂O. Durante todo o procedimento de MRA os valores de pressão arterial e frequência cardíaca foram observados e, caso houvesse instabilidade hemodinâmica, as manobras eram interrompidas. Para o prosseguimento ou não do desmame ventilatório e extubação foram verificados a estabilidade hemodinâmica e a eletrolítica, a ausência de disritmias cardíacas, o débito urinário, a perda de sangue pelos drenos torácicos e a temperatura corpórea > 36°C.

Durante o desmame, os pacientes foram reavaliados a intervalos de 5 a 15 minutos. Os critérios para redução da frequência respiratória do ventilador foram: estado de alerta e presença de respirações espontâneas, intercaladas com as fornecidas pelo ventilador; a oximetria de pulso foi o critério para a redução gradativa de FiO₂. A frequência respiratória do ventilador mecânico obedeceu sempre à mesma seqüência para redução: de 12 para 10 rpm, depois para 8 rpm, posteriormente para 5 rpm e finalizando em 2 rpm. Ao mesmo tempo, era verificado o nível de resposta do paciente e o seu comando respiratório até atingir os parâmetros ventilatórios determinados para a extubação. O desmame da ventilação mecânica foi realizado de forma gradativa até a obtenção dos seguintes parâmetros: modalidade pressão controlada com ventilação mandatória intermitente sincronizada (VMIS) associada à ventilação com pressão suporte (VPS); f: 2 rpm; FiO₂: 0,4; PEEP: 5 cmH₂O; VPS: 10 cmH₂O; VC exalado ≥ 5mL.kg⁻¹; PPI ≤ 25 e f/VC (índice de respiração rápida e superficial Tobin) ≤ 100. Com esses resultados o paciente era extubado.

Todas as variáveis foram descritas com média e desvio-padrão. Como as variáveis apresentavam distribuição normal optou-se por teste paramétrico. As variáveis estudadas antes e após as manobras de recrutamento alveolar foram analisadas pelo teste *t* de Student. O nível de significância estatístico adotado foi de *p* < 0,05.

RESULTADOS

Dos 469 pacientes submetidos à intervenção cirúrgica cardíaca, no período de fevereiro a abril de 2006, 40 (8,5%) pacientes foram incluídos no protocolo e prospectivamente avaliados. As características demográficas e cirúrgicas estão descritas nas tabelas I e II. Na tabela III estão descritos o valor da PVA e o número de MRA aplicados, de acordo com o número de casos. Vinte e nove necessitaram MRA de 20 cmH₂O e dez de 30 cmH₂O. Um dos pacientes programado para MRA de 30 cmH₂O apresentou instabilidade hemodinâmica sendo realocado para o grupo PVA 20, totalizando 20. Nenhum paciente apresentou evidência de pneumotórax antes e depois do estudo. Dos 40 casos estudados, dois apresentaram presença de bolhas de ar pelo dreno pleural após a MRA. Nenhum dos pacientes necessitou pressão de 40 cmH₂O.

Tabela I – Características Demográficas e Clínicas

Características	n = 40
Idade (anos)*	62 ± 12
Peso (kg)*	72 ± 12
Altura (cm)*	166 ± 7
IMC (kg.m ²)*	26 ± 4
Sexo (M/F) n	29/11
Tempo de CEC (min)*	94 ± 30

IMC – índice de massa corpórea; CEC – circulação extracorpórea.
* Valores expressos em Média ± DP.

Tabela II – Tipos de Procedimento Cirúrgico

Procedimento cirúrgico	n = 40 (%)
Revascularização do miocárdio	22 (55%)
Troca valvar	10 (25%)
RM + troca valvar	3 (7,5%)
RM + correção de aneurisma de aorta	2 (5%)
Correção de aneurisma de aorta	3 (7,5%)

RM = revascularização do miocárdio.

Tabela III – Número de Manobra de Recrutamento Alveolar Necessário para Extubação

MRA	N° MRA	N° pacientes (%)
20 cmH ₂ O	1	10/30 (33,3%)
	2	6/30 (20%)
	3	7/30 (23,3%)
	> 3	7/30 (23,3%)
30 cmH ₂ O	1	5/10 (50%)
	2	2/10 (20%)
	3	2/10 (20%)
	> 3	1/10 (10%)

Verificou-se aumento significativo nos valores de SpO₂ (*p* = 0,004), volume corrente exalado (*p* = 0,038) e PaO₂/FiO₂ (*p* = 0,001) antes e após a MRA, conforme tabela IV. A comparação entre MRA de 20 e 30 cmH₂O em relação às variáveis de oxigenação sanguínea e volume corrente exalado está demonstrada nas figuras 2, 3 e 4 e na tabela IV.

O tempo médio de intubação dos pacientes com pressão de recrutamento de 20 cm de H₂O foi de 438 minutos ou 7,3 horas. Naqueles que necessitaram pressão de recrutamento de 30 cm de H₂O o tempo foi de 474 minutos ou 7,9 horas,

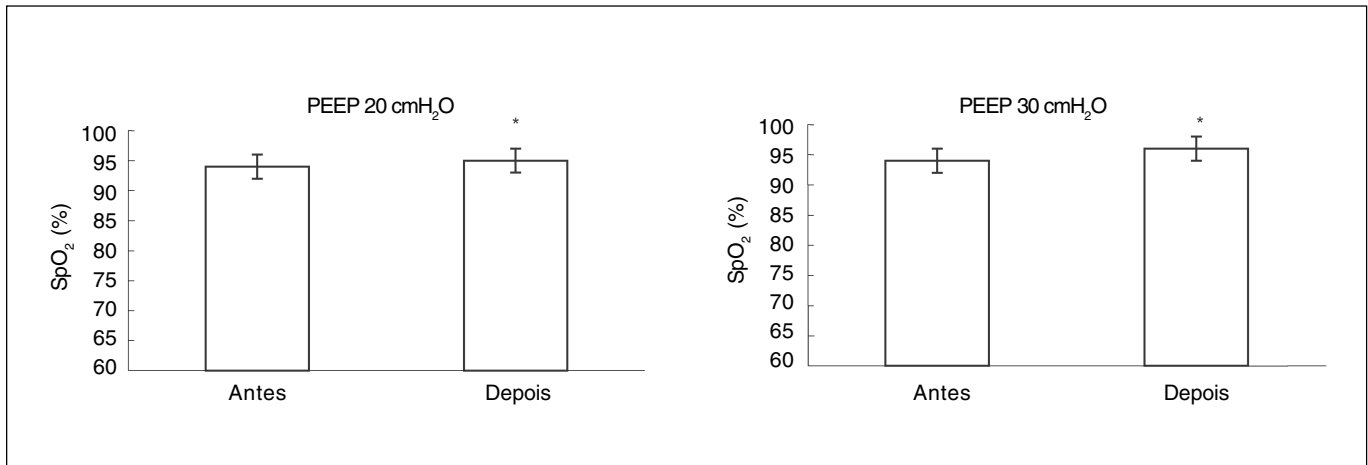


Figura 2 – Saturação de Oxigênio com PEEP 20 cmH₂O e 30 cmH₂O.

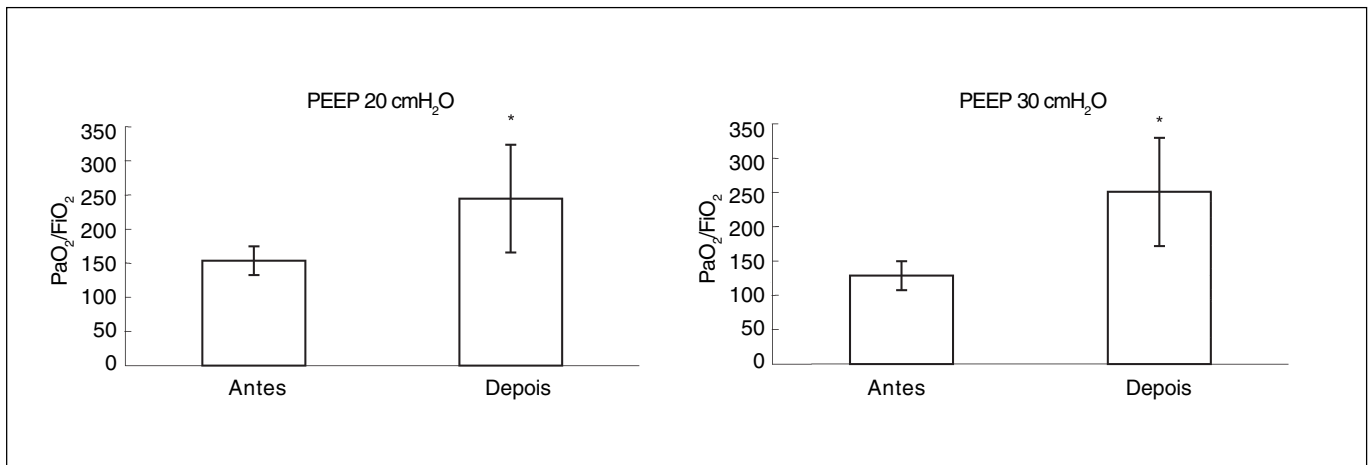


Figura 3 – Relação PaO₂/FiO₂ com PEEP 20 cmH₂O e 30 cmH₂O.

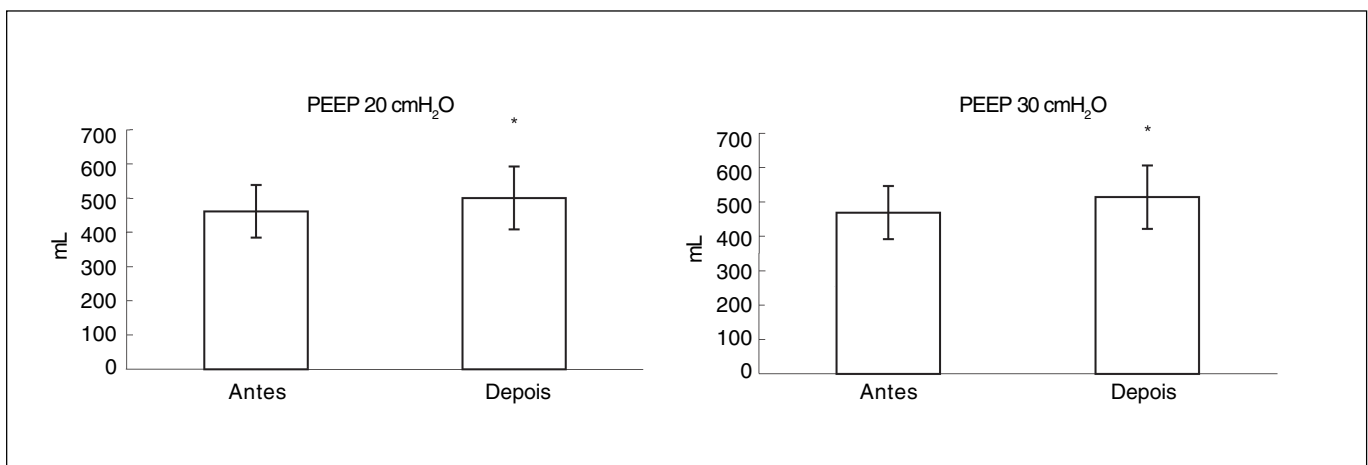


Figura 4 – Volume Corrente Expirado com PEEP 20 cmH₂O e 30 cmH₂O.

Tabela IV – Comparação entre Manobra de Recrutamento Alveolar de 20 e 30 cmH₂O em Relação as Variáveis de Oxigenação e ao Volume Corrente Exalado

Parâmetros	MRA	Pré-MRA	Pós-MRA	p
SpO ₂ (%)	20 cmH ₂ O	94 ± 2	95 ± 2	< 0.001*
	30 cmH ₂ O	94 ± 2	96 ± 2	< 0.001*
PaO ₂ /FIO ₂	20 cmH ₂ O	154 ± 21	245 ± 79	< 0.001*
	30 cmH ₂ O	129 ± 21	251 ± 77	< 0.001*
VC exalado (mL)	20 cmH ₂ O	462 ± 77	501 ± 92	< 0.001*
	30 cmH ₂ O	469 ± 13	514 ± 102	< 0.001*

MRA – manobra de recrutamento alveolar; VC – volume corrente.

* Significância estatística: p < 0,05.

não havendo diferença estatística significativa (p > 0,05) entre ambos os grupos.

Todos os pacientes apresentaram evolução clínica satisfatória, tendo sido extubados e recebendo alta da UTI no período de 48 horas.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que o uso aleatório de PEEP no valor de 5 cmH₂O utilizado no protocolo de pós-operatório imediato não é suficiente para reverter a hipoxemia. Os dados demonstraram melhora significativa da oxigenação após a realização da MRA nos grupos submetidos à pressão nas vias aéreas de 20 e 30 cmH₂O. Alguns estudos têm dado importância significativa na oxigenação arterial utilizando MRA em pacientes no pós-operatório de intervenções cirúrgicas cardíacas^{5,13,14}. À semelhança dos trabalhos citados, no presente estudo a MRA aumentou a oxigenação arterial em pacientes hipoxêmicos demonstrado por aumento da relação PaO₂/FIO₂ e saturação periférica de oxigênio. Esse fato indica que a pressão de recrutamento alveolar determinou a abertura de territórios broncoalveolares colapsados, promovendo melhora na oxigenação arterial. Esse aumento na oxigenação depois da MRA também sugere um melhor acoplamento entre a ventilação e a perfusão pulmonar. Há alguma controvérsia quanto a maior ou menor efetividade da MRA para corrigir a hipoxemia, quando aplicada de forma isolada ou em conjunto com a PEEP ou a PEEP de maneira isolada em procedimentos cirúrgicos cardíacos e pulmonares^{5,11,15,16}. Em investigação pregressa, também em pacientes no pós-operatório de intervenção cirúrgica cardíaca, demonstrou-se que a aplicação progressiva da PEEP até 15 cm de H₂O foi efetiva em aumentar a oxigenação com mínimos efeitos hemodinâmicos negativos⁵. Embora não seja o escopo do presente trabalho, aumentar a oxigenação e reabrir unidades alveolares em atelectasias, com diferentes estratégias, tem sido o grande paradigma em pacientes acometidos por SARA¹⁷⁻²². Lachman foi um dos pioneiros em difundir o conceito e es-

tratégia para abrir unidades alveolares colapsadas e mantê-las abertas¹⁷. Como foi comentado, toda essa estratégia de aplicação da PEEP e MRA para desfazer áreas de colapso alveolar apresentou enorme crescimento científico nos últimos anos, em sua quase totalidade com enfoque em pacientes com SARA. Embora ainda não haja consenso de valores empregados na MRA e PEEP, muitos desses estudos, embasados em métodos por imagem, mostraram a importância da MRA na melhoria da oxigenação¹⁸⁻²⁰. Mesmo sendo a fisiopatologia da SARA diferente, a estratégia para tratamento da hipoxemia nestes pacientes, que inclui MRA¹⁸⁻²², bem como estudos específicos em cirurgia cardíaca utilizando a mesma técnica⁶, referendaram e motivaram a condução dessa presente investigação. Mesmo em número muito menor, quando comparados com os estudos conduzidos em pacientes com SARA, várias são as investigações que discorrem sobre a fisiopatologia e o tratamento das atelectasias durante o período intra-operatório. Segundo o estudo clássico de Rothen e col.⁹, verificou-se que a velocidade de formação da atelectasia é três vezes maior com a FIO₂ a 1,0 do que a 0,3 durante a anestesia geral. Tusman e col.¹⁶, em pacientes durante anestesia geral para cirurgia torácica, demonstraram que MRA promoveu melhora na troca gasosa e ventilação pulmonar, suficiente para aumentar a oxigenação e diminuir o espaço morto. Pacientes submetidos à intervenção cirúrgica cardíaca são particularmente propensos a desenvolver atelectasias, sendo a sua fisiopatologia multifatorial³⁻⁵. Os principais fatores que podem contribuir para a formação de atelectasias nessa situação são: reação inflamatória da circulação extracorpórea^{3,23}, hipotermia, esternotomia, manipulação das cavidades pleurais, uso de bloqueadores neuromusculares e ventilação com altas frações de oxigênio inspiradas durante o período intra-operatório. O peso do coração também tem papel preponderante na formação de atelectasias, conforme demonstrado em investigação conduzida por Malbouisson e col.²⁴. Observou-se no presente estudo que a oxigenação aumentou de forma simultânea com elevação do volume corrente exalado, demonstrando que o recrutamento de alvéolos

colapsados contribuiu para a melhora da troca gasosa. Resultados semelhantes foram descritos em pacientes de pós-operatório de intervenção cirúrgica cardíaca com a técnica de recrutamento alveolar na modalidade CPAP de pressão de via aérea de 45 cmH₂O associada à PEEP de 12 cmH₂O¹¹. Claxton e col.¹⁵ estudaram população e período de acompanhamento semelhantes, porém com valores de PEEP de 15 cmH₂O, permitindo pico de pressão inspiratória de 40 cmH₂O. Houve melhora significativa da oxigenação aferida pela relação PaO₂/FiO₂ no grupo de recrutamento, 30 minutos e uma hora após, quando comparados com os grupos sem PEEP e com PEEP de 5 cmH₂O.

Valta e col.¹³ e Michalopoulos e col.¹⁴, estudando os efeitos da PEEP na oxigenação de pacientes após intervenção cirúrgica cardíaca, demonstraram que valores inferiores a 10 cmH₂O não são efetivos para abrir unidades alveolares colapsadas. O uso de diferentes níveis de PEEP (5, 10 e 15 cmH₂O) em pacientes no pós-operatório imediato de procedimento cirúrgico cardíaco resultou em redução da resistência ao fluxo de ar e da complacência, refletindo melhora da mecânica respiratória, bem como do transporte de oxigênio⁵.

Como pode ser observado nas figuras 2 a 4, a técnica de MRA empregada no atual estudo foi suficiente para melhorar a oxigenação. Após a intervenção, a oxigenação arterial aumentou imediatamente mantendo-se adequada, permitindo o desmame da ventilação mecânica e extubação. Esses resultados indicam que são necessárias pressões mais elevadas para a abertura de unidades alveolares colapsadas no pós-operatório, quando comparadas com os valores convencionais de PEEP ao redor de 5 cmH₂O. Mesmo assim, os valores de MRA após anestesia geral são controversos. Rothen e col.⁹ relataram que são necessários 40 cmH₂O por um período de 7 a 15 segundos para recrutar alvéolos colapsados de indivíduos hígidos após 20 minutos de anestesia geral. Tusman e col. registraram valores semelhantes de pressão nas vias aéreas na melhora da oxigenação após anestesia para cirurgia geral. Há poucos relatos da utilização da MRA em procedimentos cirúrgicos cardíacos^{11,12}. Dyhr e col.⁶ definiram a MRA como sendo a aplicação de quatro insuflações sustentadas com pressão nas vias aéreas de 45 cmH₂O por 10 segundos cada, na modalidade CPAP do ventilador. O intervalo entre as insuflações foi de 20 segundos, sendo os pacientes ventilados na modalidade volume controlado com PEEP (0 ou 12 cmH₂O). Esses autores verificaram que no pós-operatório de intervenção cirúrgica cardíaca a MRA combinada com a manutenção de PEEP resulta em aumento do volume pulmonar exalado e melhora da oxigenação, após recrutamento. Quanto à hemodinâmica, Villagrà e col.²¹, em pacientes com SARA, e Claxton e col.²⁰, em pacientes submetidos a procedimento cirúrgico cardíaco, não verificaram alterações importantes nos parâmetros circulatórios durante a aplicação da MRA. Também no atual estudo não foram observadas intercorrências, somente dois pacientes apresentaram

saída de bolhas de ar pelo dreno pleural que foram consideradas como previamente acumuladas, fato que não interferiu na evolução do desmame da ventilação mecânica.

Em conclusão, a MRA pode ser considerado um método rápido e fácil, sendo efetivo na correção da hipoxemia e restauração do volume corrente exalado, facilitando o desmame da ventilação mecânica no pós-operatório em cirurgia cardíaca. Valores ideais de PVA e a padronização da técnica de recrutamento alveolar ainda persistem sem um consenso na literatura especializada.

Alveolar Recruitment Maneuver to Reverse Hypoxemia in the Immediate Postoperative Period of Cardiac Surgery

José Otávio Costa Auler Junior, TSA, M.D.; Emília Nozawa, M.D.; Eliane Kobayashi Toma, M.D.; Karin Lika Degaki, M.D.; Maria Ignêz Zanetti Feltrim, M.D.; Luiz Marcelo Sá Malbouisson, TSA, M.D.

INTRODUCTION

Alveolar recruitment maneuver (ARM), isolated or associated with positive end-expiratory pressure (PEEP), to correct hypoxemia secondary to alveolar collapse remains controversial¹.

Several factors contribute to the development of alveolar collapse, or atelectasis, in the intraoperative period, a common cause of postoperative hypoxemia in surgeries of the upper abdomen and thoracic cavity. Among them we should mention the cephalad dislocation of the diaphragm, caused by anesthetics and neuromuscular blockers, and compression of the lungs by mediastinal structures². In the case of cardiac surgeries, the inactivity of the lungs during extracorporeal circulation, surgical handling of the pleural cavity, and inflammatory reactions caused by the extracorporeal circulation, also contribute to the formation of atelectasis^{3,4}. The presence of collapsed regions in the lungs has been associated with an increased risk of pulmonary infections in the postoperative period, as well as hypoxemia due to the increase in shunt⁴. The re-expansion of those areas is necessary to improve oxygenation, reduce the risk of pneumonia, making it possible to extubate the patient. Positive end-expiratory pressure (PEEP) has been increasingly used to expand the alveoli⁵, by itself or associated with alveolar recruitment maneuver (ARM)⁶.

Alveolar recruitment maneuver have been used routinely in the acute respiratory distress syndrome (ARDS) with hypoxemia refractory to PEEP⁷, although some studies have demonstrated that, in the early stages of ARDS, oxygenation is not sustained after ARM⁸. On the other hand, even though

its importance might have been emphasized, the use of ARM during or at the end of general anesthesia has not been a routine. In this situation, the aim of ARM would be to reverse atelectasis and to increase the alveolar surface available for gas exchange⁹. The current polemic is how and when to use it, which values of intra-alveolar positive pressure are necessary to open collapsed areas, and how to measure its efficacy. Since ARM causes large intra-alveolar pressurization, it has inherent risks, such as alveolar rupture, leading to pneumothorax, and hypotension, secondary to the reduction of venous return during its use. Although ARM related issues have been extensively studied, in situations such as hypoxemia and ARDS¹⁰, its use is still a controversial issue in the immediate postoperative period of cardiac surgeries^{6,11}. The objective of this study was to evaluate the efficacy of ARM on reverting hypoxemia in patients in the immediate postoperative period of cardiac surgeries, as well as to propose a standardization of the method.

METHODS

After approval by the Institutional Ethics Committee, 40 (8.5%) patients, from a total of 469 patients undergoing cardiac surgeries and admitted to the surgical ICU, 29 males and 11 females, from February to April 2006, participated in this study. All patients included in this study presented hypoxemia, characterized as a $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ below 200. During this period, other patients with a $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ below 200 with concurrent subcutaneous emphysema, bronchopleural fistula, low cardiac output, and pulmonary hypertension, were not included in the study.

All patients were classified as ASA II or III and received oral midazolam, ranging from 5 to 10 mg, depending on age and physical status, one hour before surgery. The anesthetic technique was similar for all patients, standardized by the institution. Depending on the preoperative ejection fraction (EF), etomidate (EF below or equal to 0.5) or propofol was used for induction, associated with appropriated doses of fentanyl citrate or sufentanil citrate. The neuromuscular blocker used was pacuronium or, in the presence of renal failure, atracurium. Maintenance was accomplished with isoflurane and additional doses of the opioid, as deemed necessary by the attending physician.

Monitoring included a 5-lead ECG, invasive blood pressure, central venous pressure, naso-pharyngeal temperature, and pulse oximetry (Siemens monitor); when indicated, a pulmonary artery catheter was used. Capnography, and inspired and expired concentrations of oxygen and isoflurane, were obtained directly from the panel of the anesthesia equipment (Cícero – Dräger Luebeck – Germany).

In the operating room, respirator settings included volume-controlled (tidal volume of 8 mL.kg^{-1}), inspired oxygen concentration (FIO_2) of 0.5 (air-oxygen mixture), and PEEP of $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ (Cícero – Dräger Luebeck – Germany). Alveolar recruitment maneuver were not done in the operating room.

When necessary, FIO_2 was adjusted to increase blood oxygenation, maintaining pulse oximetry equal or greater than 95%. Cardiopulmonary bypass (CPB) and membrane oxygenator system – adult (OXI Master Century – Braille Biomédica, São José do Rio Preto) were used in every patient in this series. Mild hypothermia, with a minimum of 32°C , and normovolemic hemodilution with Ringer's lactate were also used. Packed red blood cells were, as a rule, transfused when the hematocrit was below 28%. During CPB, the mechanical respirator was turned off, and lungs remained depressurized. At the end of CPB, mechanical respiration was re-started using the same settings, without ARM.

Patients were admitted to the Intensive Care Unit (ICU) still under anesthesia, maintaining volume-controlled settings (Ventilador Veolar – Hamilton Rahzuns, Switzerland). Initially, parameters included tidal volume of 8 mL.kg^{-1} , respiratory rate (f) of 12 bpm, FIO_2 of 0.6, and PEEP of $5 \text{ cmH}_2\text{O}$, to keep peripheral oxygen saturation (SpO_2) equal or greater than 95%. Fifteen minutes after adjusting ventilator settings, arterial blood was collected for determination of arterial blood gases (Radiometer, model ABL 715, Copenhagen). If it demonstrated the presence of hypoxemia ($\text{PaO}_2/\text{FIO}_2 < 200$) and if the patient fulfilled the criteria, the patient was included in the protocol.

Three mechanical ventilators, of the same mark and model, whose flow and pressure were calibrated with a calibrator analyzer (Respical-Timeter, mod. T300, Allied Healthcare, USA), with international and national (Inmetro) certifications, were selected for this study; the procedure was done by an electronics technician specialized on the equipment. Calibration was done to assure the accuracy of the exhaled volume and pressures used to pressurize the airways. Special care was taken to detect any leaks that might hinder the determination of the exhaled volume and to maintain airways pressure.

In this study, alveolar recruitment maneuver were similar to, but with small modifications, the method described in the literature¹². Alveolar recruitment maneuver were performed after determining whether the patient was still anesthetized; it consisted of three sustained insufflations with 20, 30, or $40 \text{ cmH}_2\text{O}$ of pressure in the airways, lasting 30 seconds each (Figure 1). For this maneuver, ventilator settings were adjusted to continuous positive airways pressure (CPAP) activating PEEP control, and FIO_2 of 0.6. Insufflation of the airways was continuous, starting with a PEEP of $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ and increasing up to 20, 30, or 40. Between each 30-second maneuver, ventilator settings returned to pressure controlled with PEEP of $5 \text{ cmH}_2\text{O}$, FIO_2 of 0.6, and f of 12 bpm during five cycles. Pressure of airways insufflation of 20, 30, or 40 was selected according to the $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$. Pressure of $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ was used when $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ was below 200 and greater than 150, $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ when it was below 150, and $40 \text{ cmH}_2\text{O}$ when $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ remained below 150 after application of ARM with $30 \text{ cmH}_2\text{O}$. Exhaled volume was obtained directly from the panel of the ventilator before and immediately after ARM in

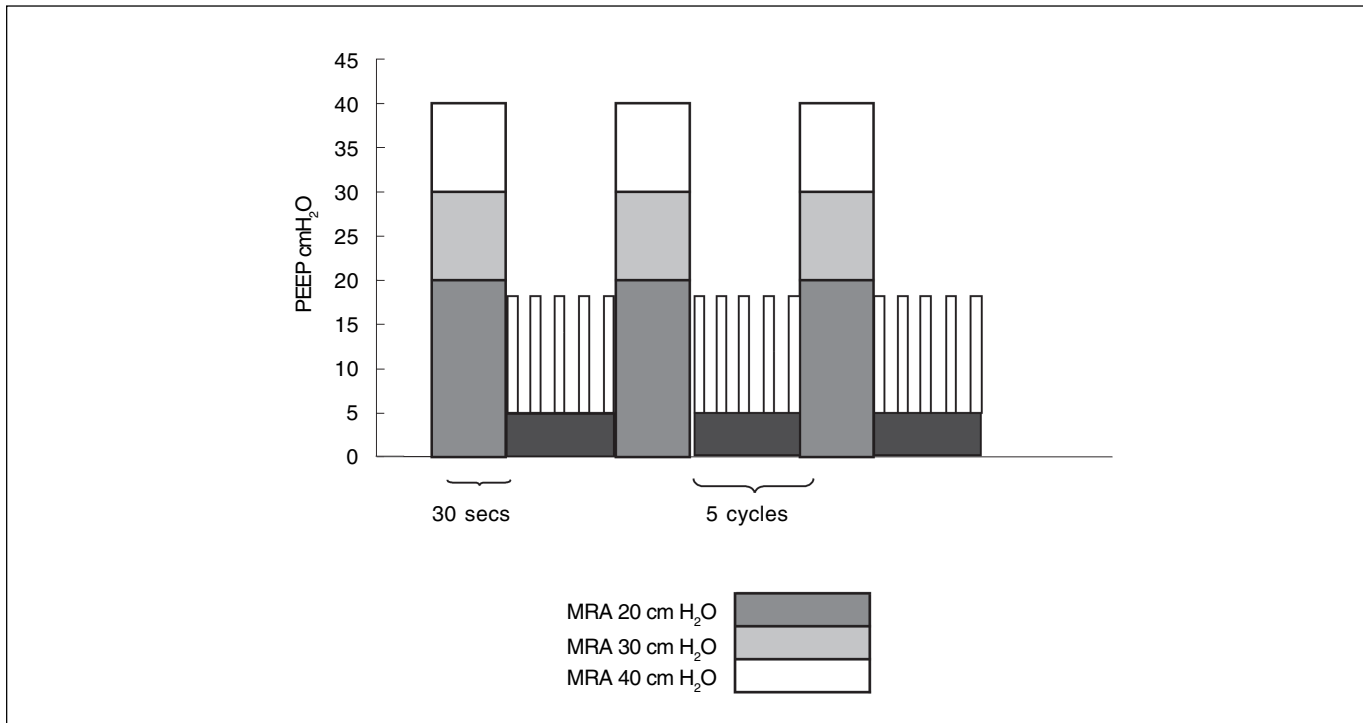


Figure 1 – Schematic Diagram of Alveolar Recruitment Maneuver.

the volume-controlled setting. Peripheral oxygen saturation was determined by pulse oximetry (Oxyplenth, mod. DX2405 – Dixtal, São Paulo), before and after ARM.

If oxygenation was restored after ARM, weaning off mechanical ventilation followed the standard protocol of the ICU, starting with pressure-controlled ventilation, and synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) associated with pressure support (VPS). After ARM, PEEP was readjusted randomly between 6 and 8 cmH₂O. During ARM, blood pressure and heart rate were observed and, if hemodynamic instability was present, the maneuvers were discontinued. To decide whether to continue or not weaning off mechanical ventilation and extubate the patient, it was necessary the presence of: hemodynamic and electrolyte stability, absence of cardiac arrhythmias, urine output, bleeding through chest tubes, and body temperature > 36°C.

During the process of weaning off mechanical ventilation, patients were evaluated at 5- to 15-minute intervals. The criteria to reduce respiratory frequency of the ventilator included level of consciousness; presence of spontaneous breathing intercalated with those provided by the ventilator; and pulse oximetry guided the reduction of FIO₂. Reduction of the respiratory frequency of the mechanical ventilator followed always the same sequence: from 12 to 10 bpm, then to 8 bpm, 5 bpm, and finally 2 bpm. At the same time, the level of response and respirations of the patient were observed until s/he presented the parameters necessary for extubation. Weaning off mechanical ventilation was gradual,

until the following parameters were achieved: pressure-controlled ventilation with synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) associated with pressure support (VPS); f: 2 bpm; FIO₂: 0.4; PEEP: 5 cmH₂O; VPS: 10 cmH₂O; exhaled TV ≥ 5 mL.kg⁻¹; PPI ≤ 25; and f/TV (Tobin index) ≤ 100. The patient was extubated when he achieved these parameters. All parameters are expressed as mean and standard deviation. Since parameters were within normal limits, we decided to use the parametric test. Parameters evaluated before and after alveolar recruitment maneuvers were analyzed by the Student *t* test. A *p* < 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS

Forty (8.5%) of 469 patients undergoing cardiac surgery, from February to April 2006, were included in the protocol. Tables I and II show the demographic and surgical data. Table III describes the values of airways pressure (AP) and the number of ARMs applied, according to the number of cases. Twenty-nine patients needed ARM with 20 cmH₂O, while 10 needed 30 cmH₂O. One of the patients scheduled for ARM with 30 cmH₂O developed hemodynamic instability and was re-classified to the AP 20 group, for a total of 20 patients. Patients did not have any evidence of pneumothorax before and after this study. Two out of the 40 patients in the study presented air bubbles in the chest tube after ARM. The pressure of 40 cmH₂O was not necessary in this group.

Table I – Demographic and Clinical Data

Characteristics	n = 40
Age (years)*	62 ± 12
Weight (kg)*	72 ± 12
Height (cm)*	166 ± 7
BMI (kg.m ⁻²)*	26 ± 4
Gender (M / F) n	29 / 11
Duration of CPB (min)*	94 ± 30

BMI – body mass index; CPB – cardiopulmonary bypass.
 * Values expressed as Mean ± SD.

Table II – Types of Surgeries

Surgical Procedures	n = 40 (%)
Myocardial Reperfusion	22 (55%)
Change of Valve	10 (25%)
MR + Change of Valve	3 (7.5%)
MR + Correction of Aneurysm of the Aorta	2 (5%)
Correction of Aneurysm of the Aorta	3 (7.5%)

MR – myocardial reperfusion.

Table III – Number of Alveolar Recruitment Maneuver Necessary to Extubate Patients

ARM	Nº ARM	Nº patients (%)
20 cmH ₂ O	1	10 / 30 (33.3%)
	2	6 / 30 (20%)
	3	7 / 30 (23.3%)
> 3	> 3	7 / 30 (23.3%)
	1	5 / 10 (50%)
	2	2 / 10 (20%)
	3	2 / 10 (20%)
> 3	> 3	1 / 10 (10%)

There was a significant increase in SpO₂ values (p = 0.004), exhaled tidal volume (p = 0.038), and PaO₂/FIO₂ (p = 0.001) after ARM, which can be observed in table IV. Figures 2, 3, and 4 and table IV show a comparison between ARM of 20 and 30 cmH₂O regarding parameters of oxygenation and exhaled tidal volume.

The mean duration of intubation in patients with ARM of 20 cmH₂O was 438 minutes, or 7.3 hours. In patients who

Table IV – Comparison Between Alveolar Recruitment Maneuver with 20 and 30 cmH₂O Regarding Oxygenation and Exhaled Tidal Volume

Parameters	ARM	PRE-ARM	POST-ARM	p
SpO ₂ (%)	20 cmH ₂ O	94 ± 2	95 ± 2	< 0.001*
	30 cmH ₂ O	94 ± 2	96 ± 2	< 0.001*
PaO ₂ /FIO ₂	20 cmH ₂ O	154 ± 21	245 ± 79	< 0.001*
	30 cmH ₂ O	129 ± 21	251 ± 77	< 0.001*
Exhaled VT (mL)	20 cmH ₂ O	462 ± 77	501 ± 92	< 0.001*
	30 cmH ₂ O	469 ± 13	514 ± 102	< 0.001*

ARM – alveolar recruitment maneuver; VT – tidal volume.

* Statistical significance: p < 0.05.

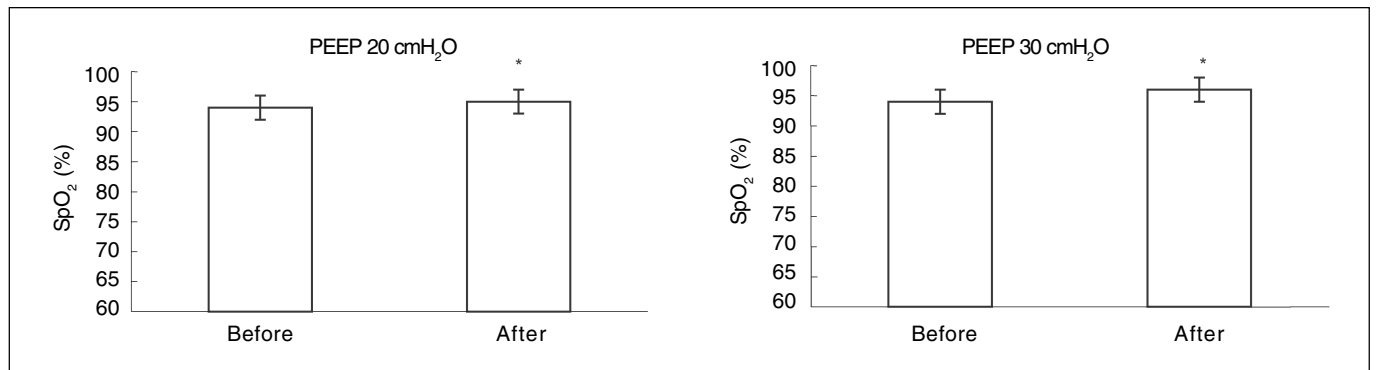


Figure 2 – Oxygen Saturation with PEEP 20 cmH₂O and 30 cmH₂O.

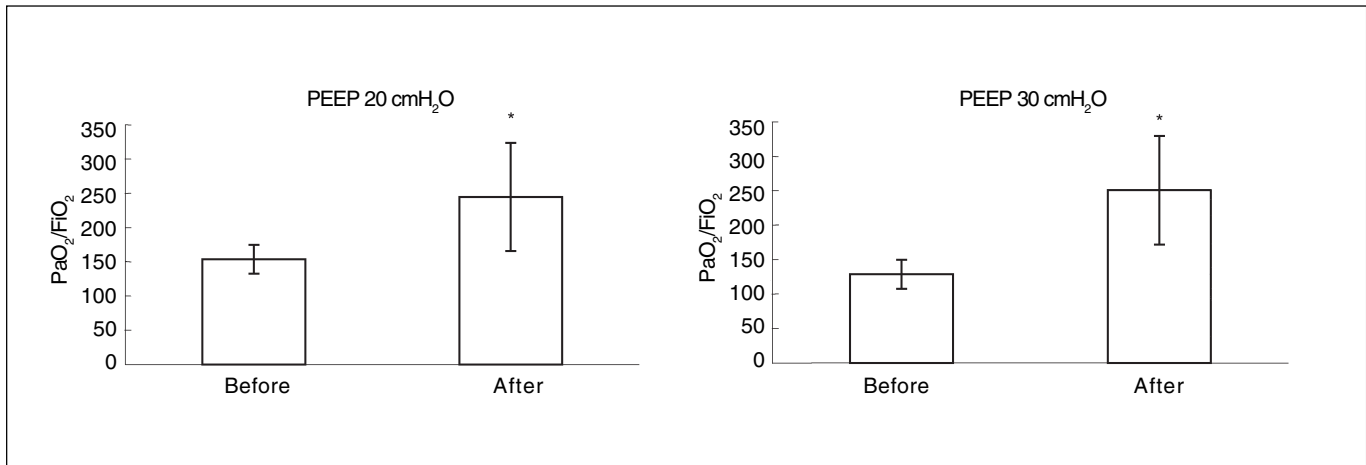


Figure 3 – PaO₂/FiO₂ with PEEP 20 cmH₂O and 30 cmH₂O.

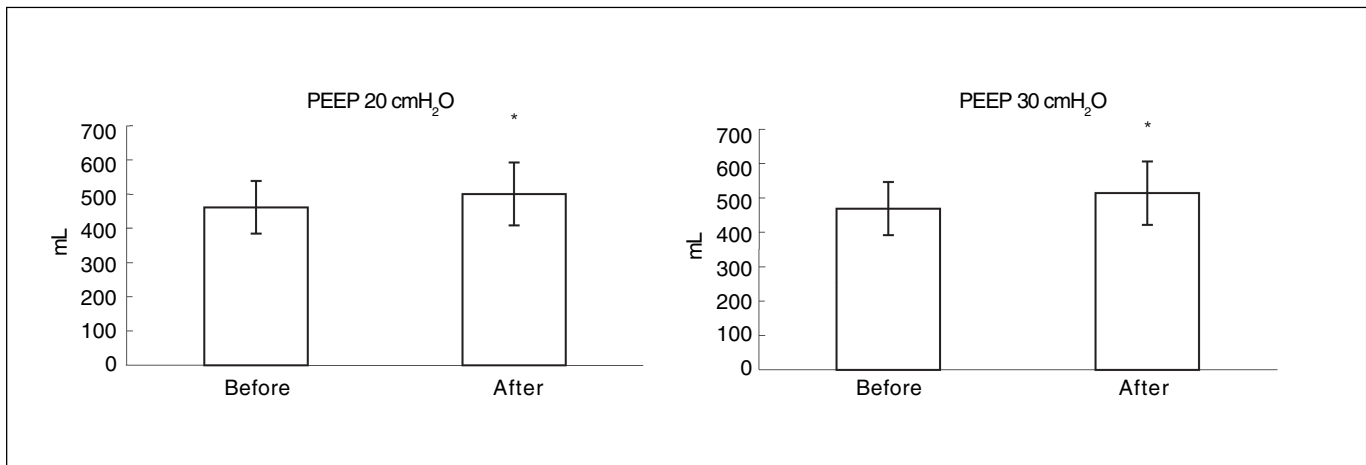


Figure 4 – Expired Tidal Volume with PEEP 20 cmH₂O and 30 cmH₂O.

needed ARM of 30 cmH₂O, it was 474 minutes, or 7.9 hours. This difference was not statistically significant ($p > 0.05$). All patients had a good clinical evolution, and were extubated and discharged from the ICU within 48 hours.

DISCUSSION

The results of this study demonstrate that the random use of PEEP of 5 cmH₂O in the protocol of the immediate postoperative period is not enough to reverse hypoxemia. The data demonstrated a significant improvement in oxygenation after ARM in groups exposed to airways pressures of 20 and 30 cmH₂O. Some studies on the use of ARM in the postoperative period of cardiac surgeries consider arterial oxygenation an important parameter^{5,13,14}. Similar to the studies mentioned, in this study ARM increased arterial oxygenation in hypoxic patients, demonstrated by an increase in PaO₂/FiO₂ and peripheral saturation of oxygen. This indicates that the pressure of alveolar recruitment

resulted in the opening of collapsed broncho-alveolar areas, improving arterial oxygenation. This increased in oxygenation after ARM also suggests an improvement in the ratio between ventilation and pulmonary perfusion. There are controversies regarding the degree of effectiveness of ARM used by itself, associated with PEEP, or PEEP alone to correct hypoxemia after cardiac and pulmonary surgeries^{5,11,15,16}. A prior study, also with patients in the postoperative period of cardiac surgery, demonstrated that the progressive use of PEEP until 15 cmH₂O increased oxygenation with minimal negative hemodynamic effects⁵. Although it was not the scope of the present study, increasing oxygenation and reopening of collapsed alveolar units, with different methodologies, has been the greatest paradigm in patients with ARDS¹⁷⁻²². Lachman was one of the pioneers who disseminated the concept and strategy to open collapsed alveolar units and to keep them opened¹⁷. As mentioned, the strategy of using PEEP and ARM to revert areas of alveolar collapse has shown a huge scientific growth in the past few years,

and almost exclusively in patients with ARDS. Although there is still no consensus about the values of ARM and PEEP, many of those studies, based on imaging techniques, showed the importance of ARM in improving oxygenation¹⁸⁻²⁰. Even though the physiopathology of ARDS is different, the strategy to treat hypoxemia in these patients, which includes ARM¹⁸⁻²², as well as specific studies about cardiac surgery using the same technique⁶, confirmed and motivated the conduction of the present study. There are several studies with smaller numbers of patients, when compared with those with ARDS patients, on the physiopathology and treatment of atelectasis in the intraoperative period. According to the classic study of Rothen et al.⁹, the speed of atelectasis formation is three times greater with FIO_2 of 1.0, than with 0.3, during general anesthesia. Tusman et al.¹⁶ demonstrated that, during general anesthesia for thoracic surgery, ARM promoted an improvement in gas exchange and lung ventilation in such a way, that it increased oxygenation and decreased dead space. Patients undergoing cardiac surgeries are especially prone to develop atelectasis, and its physiopathology is multifactorial³⁻⁵. The main factors that contribute to the formation of atelectasis are: inflammatory reaction caused by the extracorporeal circulation^{3,23}, hypothermia, sternotomy handling of the pleural cavities, use of neuromuscular blockers, and ventilation with high fraction of inspired oxygen in the intraoperative period. According to a study by Malbuisson et al., the weight of the heart is also important in the genesis of atelectasis²⁴.

In the present study, we observed that oxygenation increased simultaneously with the increase in exhaled tidal volume, demonstrating that the recruitment of collapsed alveoli contributed for an improvement in gas exchange. Similar results were reported in patients in the postoperative period of cardiac surgery with the use of alveolar recruitment with CPAP with 45 cmH_2O of airways pressure associated with PEEP of 12 $\text{cm H}_2\text{O}$ ¹¹. Claxton et al.¹⁵ studied a similar population and period of follow-up, but with PEEP of 15 cmH_2O , allowing for a peak inspiratory pressure of 40 cmH_2O . There was a significant improvement in oxygenation, demonstrated by the $\text{Pa}_2\text{O}/\text{FIO}_2$, in the group undergoing alveolar recruitment, 30 minutes and 1 hour after the maneuvers when compared to the group without PEEP and with PEEP of 5 cmH_2O .

Valta et al.¹³ and Michalopoulos et al.¹⁴, studying the effects of PEEP on oxygenation after cardiac surgery, demonstrated that values below 10 cmH_2O are not effective in opening collapsed alveolar units. The use of different levels of PEEP (5, 10, and 15 cmH_2O) in patients in the immediate postoperative period of cardiac surgery resulted in a reduction in the resistance to the airflow and of complacency, reflected on the improvement of respiratory mechanics, as well as oxygen transportation⁵.

As can be observed in figures 2 to 4, the technique of ARM used in the present study improved oxygenation. After the intervention, arterial oxygenation increased immediately after ARM, and remained elevated, allowing weaning the patient

off mechanical ventilation. These results indicate that more elevated pressures are necessary to open collapsed alveolar units in the postoperative period, when compared with conventional values of PEEP, around 5 cmH_2O . But the values of ARM after general anesthesia are still controversial. Rothen et al.⁹ reported that 40 cmH_2O for 7 to 15 seconds are necessary to recruit collapsed alveoli after 20 minutes of general anesthesia in healthy individuals. Tusman et al. reported similar values of pressure in the airways in the improvement of oxygenation after anesthesia for general surgery. There are very few reports on the use of ARM in cardiac surgery^{11,12}. Dyhr et al.⁶ defined ARM as the application of four sustained insufflations with airways pressure of 45 cmH_2O , for 10 seconds each, with the ventilator on CPAP. During the interval between insufflations, of 20 seconds, patients were ventilated on volume-controlled with PEEP (0 or 12 cmH_2O). The authors verified that, in the postoperative period of cardiac surgery, ARM combined with maintenance of PEEP, resulted in increased exhaled lung volume and improved oxygenation. Regarding hemodynamics, Villagr a et al.²¹, in patients with ARDS, and Claxton et al.²⁰, in patients undergoing cardiac surgery, did not see important changes in circulatory parameters during the application of ARM. In the present study, we did not observe any intercurrent, except for the two patients who presented air bubbles in the chest tube, considered to have been accumulated prior to the use of technique, which did not interfere in weaning off mechanical ventilation.

In conclusion, ARM can be considered a method that is fast and easy to use, being effective in the correction of hypoxemia and restoration of the exhaled tidal volume and, thus, facilitating weaning patients off mechanical ventilation after cardiac surgery. There is still no consensus in the literature on the ideal values of AP and the standardization of alveolar recruitment maneuvers.

REFERÊNCIAS – REFERENCES

1. Tusman G, Turchetto E, Rodriguez A — How to open the lung? The unsolved question. *Anesthesiology*, 2000;93:1154-1155.
2. Duggan M, Kavanagh BP — Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity. *Anesthesiology*, 2005;102:838-854.
3. Cox CM, Ascione R, Cohen AM et al. — Effect of cardiopulmonary bypass on pulmonary gas exchange: a prospective randomized study. *Ann Thorac Surg*. 2000;69:140-145.
4. Tenling A, Hachenberg T, Tyden H et al. — Atelectasis and gas exchange after cardiac surgery. *Anesthesiology*, 1998;89:371-378.
5. Auler JO Jr, Carmona MJ, Barbas CV et al. — The effects of positive end-expiratory pressure on respiratory system mechanics and hemodynamics in postoperative cardiac surgery patients. *Braz J Med Biol Res*, 2000;33:31-42.
6. Dyhr T, Nygard E, Laursen N et al. — Both lung recruitment maneuver and PEEP are needed to increase oxygenation and lung volume after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2004;48:187-197.

07. Medoff BD, Harris RS, Kesselman H et al. — Use of recruitment maneuvers and high-positive end-expiratory pressure in a patient with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*, 2000;28:1210-1216.
08. Oczenski W, Hormann C, Keller C et al. — Recruitment maneuvers after a positive end-expiratory pressure trial do not induce sustained effects in early adult respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*, 2004;101:620-625.
09. Rothen HU, Sporre B, Engberg G et al. — Prevention of atelectasis during general anaesthesia. *Lancet*, 1995;345:1387-1391.
10. Kacmarek RM — Strategies to optimize alveolar recruitment. *Curr Opin Crit Care*, 2001;7:15-20.
11. Dyrh T, Laursen N, Larsson A — Effects of lung recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on lung volume, respiratory mechanics and alveolar gas mixing in patients ventilated after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2002;46:717-725.
12. Tusman G, Böhm SH, Vazquez de Anda GF et al. — Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation during general anaesthesia. *Br J Anaesth*, 1999;82:8-13.
13. Valta P, Takala J, Eissa NT et al. — Effects of PEEP on respiratory mechanics after open heart surgery. *Chest*, 1992;102:227-233.
14. Michalopoulos A, Anthi A, Rellos K et al. — Effects of positive end-expiratory pressure (PEEP) in cardiac surgery patients. *Respir Med*, 1998;92:858-862.
15. Claxton BA, Morgan P, McKeague H et al. — Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation after cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia*, 2003;58:111-116.
16. Tusman G, Böhm SH, Sipmann FS et al. — Lung recruitment improves the efficiency of ventilation and gas exchange during one-lung ventilation anaesthesia. *Anesth Analg*, 2004;98:1604-1609.
17. Lachmann B — Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med*, 1992;18:319-321.
18. Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M et al. — Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*, 2006;354:1775-1786.
19. Rouby JJ, Puybasset L, Nieszkowska A et al. — Acute respiratory distress syndrome: lessons from computed tomography of the whole lung. *Crit Care Med*, 2003;31:S285-295.
20. Grasso S, Mascia L, Del Turco M et al. — Effects of recruitment maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy. *Anesthesiology*, 2002;96:795-802.
21. Villagra A, Ochagavia A, Vatua S et al. — Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002;165:165-170.
22. Rouby JJ, Constantin JM, Girardi CR et al. — Mechanical ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*, 2004;101:228-234.
23. Auler JOC Jr, Chiaroni S — Circulação extracorpórea: prevenção e manuseio de complicações. *Rev Bras Anesthesiol*, 2000;50:464-469.
24. Malbouisson LM, Muller JC, Constantin JM et al. — 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;163:1444-1450.

RESUMEN

Auler Jr JOC, Nozawa E, Toma EK, Degaki KL, Feltrim MIZ, Malbouisson LMS — Maniobra de Reclutamiento Alveolar en la Reversión de la Hipoxemia en el Postoperatorio Inmediato en Cirugía Cardíaca.

JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS: *Evaluar los efectos de la maniobra de reclutamiento alveolar en la oxigenación y volumen corriente exhalado en pacientes con hipoxemia en el postoperatorio inmediato de intervención quirúrgica cardíaca.*

MÉTODO: *Estudio prospectivo, consecutivo. Entre 469 intervenciones quirúrgicas cardíacas entre febrero a abril de 2006, fueron incluidos en el protocolo 40 pacientes (8,5%), que en la primera evaluación en la admisión de la unidad de terapia intensiva quirúrgica presentaban relación $PaO_2/FiO_2 < 200$. En ese grupo de pacientes se aplicó prospectivamente protocolo estandarizado de maniobras de reclutamiento alveolar con presión en las vías aéreas de 20 cmH_2O en la vigencia de relación $PaO_2/FiO_2 < 200$, 30 cmH_2O en la relación $PaO_2/FiO_2 < 150$, y 40 cmH_2O cuando la relación PaO_2/FiO_2 se mantuviese inferior a 150 después de la maniobra de reclutamiento con presión en las vías aéreas de 30 cmH_2O . La presión aplicada por medio del ventilador mecánico fue en la modalidad de presión positiva continua en las vías aéreas, por tres veces, con una duración promedio de 30 segundos cada una. Los parámetros de oxigenación y volumen corriente exhalado fueron comparados antes e inmediatamente después de las maniobras de reclutamiento.*

RESULTADOS: *De los 40 pacientes estudiados, 30 respondieron favorablemente a la maniobra de reclutamiento con presión de 20 cmH_2O y en 10 hubo necesidad de 30 cmH_2O . Ninguna vez fue necesario aplicar maniobra de reclutamiento con presión de 40 cmH_2O . Después de la aplicación de la maniobra de reclutamiento hubo una mejoría significativa de la oxigenación caracterizada por aumento de la relación PaO_2/FiO_2 ($p = 0,001$), saturación periférica de oxígeno ($p = 0,004$); y del volumen corriente exhalado ($p = 0,038$).*

CONCLUSIONES: *Las maniobras de reclutamiento alveolar fueron efectivas en la corrección de la hipoxemia y aumento del volumen corriente exhalado en pacientes bajo ventilación mecánica en el postoperatorio inmediato de intervención quirúrgica cardíaca.*