

# Manobra de Recrutamento Alveolar em Anestesia: Como, Quando e Por Que Utilizá-la \*

## *Alveolar Recruitment Maneuver in Anesthetic Practice: How, When and Why it May be Useful*

Luciana Oliveira Gonçalves<sup>1</sup>; Domingos Dias Cicarelli, TSA<sup>2</sup>

### RESUMO

Gonçalves LO, Cicarelli DD - Manobra de Recrutamento Alveolar em Anestesia: Como, Quando e Por Que Utilizá-la

**JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS:** A manobra de recrutamento alveolar (MRA) consiste na reabertura de áreas pulmonares colapsadas através do aumento da pressão inspiratória na via aérea, utilizada principalmente em pacientes com Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo. O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação da MRA em anestesia, como realizá-la e em quais situações clínicas.

**MÉTODO:** Revisão de literatura através da base de dados MedLine, no período compreendido entre 1993 e 2004.

**RESULTADOS:** A forma mais utilizada para realização da MRA é a insuflação sustentada pelo modo CPAP com pressões que variam de 30 a 40 cmH<sub>2</sub>O por 30 a 90 segundos. As cirurgias laparoscópicas, as cirurgias com ventilação monopulmonar, cirurgias cardíacas, pacientes obesos e pacientes pediátricos foram as situações clínicas em que a MRA trouxe benefício aos pacientes.

**CONCLUSÕES:** A MRA pode ser útil na prática anestésica, melhorando a oxigenação pós-operatória e desfazendo atelectasias de pacientes submetidos à anestesia geral.

**Unitermos:** ANESTESIA: Geral; COMPLICAÇÕES: atelectasias; PEEP; VENTILAÇÃO MECÂNICA: manobra de recrutamento alveolar

### SUMMARY

Gonçalves LO, Cicarelli DD - Alveolar Recruitment Maneuver in Anesthetic Practice: How, When and Why it May be Useful

**BACKGROUND AND OBJECTIVES:** Alveolar recruitment maneuver (ARM) is the reopening of lung tissue collapsed by increased airway inspiratory pressure, primarily performed in patients with acute respiratory distress syndrome. This study aimed at evaluating ARM in anesthesia, how to do it and in which clinical situations.

**METHODS:** Literature review using MedLine database in the period 1993 to 2004.

**RESULTS:** Most common approach for recruitment maneuver is sustained inflation by CPAP with pressures varying from 30 to 40 cmH<sub>2</sub>O for 30 to 90 seconds. ARM was beneficial during laparoscopic procedures, single-lung ventilation surgeries and cardiac surgeries, and for obese and pediatric patients.

**CONCLUSIONS:** Recruitment maneuver may be useful for anesthetic practice, improving postoperative oxygenation and re-expanding atelectasis of anesthetized patients.

**Key Words:** ANESTHESIA: General; COMPLICATIONS: atelectasis; MECHANICAL VENTILATION: alveolar recruitment maneuver, PEEP

### INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) tem contribuído muito para aumentar a sobrevivência em diversas situações clínicas, mas apesar do grande avanço, quando utilizada de forma inadequada, pode contribuir aumentando a taxa de morbimortalidade<sup>1</sup>. A VM pode causar ou perpetuar a lesão pulmonar se a cada respiração ocorrer hiperdistensão e colapso das unidades alveolares de forma cíclica. Alguns

autores<sup>2,3</sup> consideram a lesão pulmonar induzida pelo ventilador indistinguível das alterações que ocorrem na síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) e concordam que a VM, utilizada de forma inadequada, aumenta a mortalidade na SDRA.

A fisiopatologia da SDRA e da lesão pulmonar aguda (LPA) consiste em preenchimento alveolar por infiltrado inflamatório, colapso alveolar e diminuição do volume pulmonar aerado. Estas alterações repercutem na relação ventilação-perfusão com aumento do *shunt* intrapulmonar e piora da oxigenação arterial e tecidual<sup>2</sup>. Para diminuir a mortalidade destes pacientes, foi proposto por Amato e col.<sup>4</sup> o uso da ventilação com estratégia protetora pulmonar, que consiste no uso de baixos volumes correntes (4 a 6 mL.kg<sup>-1</sup>), pressão de platô máxima de 35 cmH<sub>2</sub>O e PEEP acima do ponto de inflexão inferior da curva PV.

A anestesia geral com ventilação mecânica pode ser a causa de hiperdistensão e colapso de unidades alveolares de forma cíclica, principalmente quando altos volumes correntes (12 a 15 mL.kg<sup>-1</sup>) são utilizados sem o uso de PEEP<sup>5-7</sup>. Além deste fato, a diminuição da capacidade residual funcional (CRF) e a formação de atelectasias<sup>8-11</sup> (que aparecem em 5 minutos após o início da anestesia<sup>12</sup>) aumentam o *shunt* in-

\* Recebido do (Received from) Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), São Paulo, SP

1. Fisioterapeuta Especialista em Terapia Intensiva

2. Anestesiologista; Especialista em Terapia Intensiva/AMIB

Apresentado (Submitted) em 26 de janeiro de 2005

Aceito (Accepted) para publicação 08 de agosto de 2005

Endereço para correspondência (Correspondence to)

Dr. Domingos Dias Cicarelli

Av. Piassanguaba, 2933/71 Planalto Paulista

04060-004 São Paulo, SP

E-mail: dcicarelli@uol.com.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2005

trapulmonar, causando freqüentemente diminuição da oxigenação arterial no pós-operatório. Este fato pode se tornar mais grave, quando a técnica cirúrgica ou as características dos pacientes favorecem essas alterações induzidas pela VM. As cirurgias laparoscópicas (a insuflação do pneumoperitônio diminui a CRF e predispõe à formação de atelectasias), as cirurgias com ventilação monopulmonar (o pulmão operado não é ventilado), cirurgias cardíacas (durante a circulação extracorpórea os pulmões não são ventilados), pacientes obesos (possuem diminuição da CRF) e pacientes pediátricos (anestesiados com ventilação espontânea) podem cursar com piora da oxigenação arterial no pós-operatório de forma mais intensa<sup>9,11,13-15</sup>.

A manobra de recrutamento alveolar (MRA) é uma técnica que utiliza o aumento sustentado de pressão na via aérea com o objetivo de recrutar unidades alveolares colapsadas, aumentando a área pulmonar disponível para a troca gasosa e, conseqüentemente, a oxigenação arterial<sup>16</sup>. É utilizada não somente em pacientes com SDRA, mas também em situações clínicas que apresentem o desenvolvimento de áreas pulmonares colapsadas (atelectasias).

O objetivo deste estudo foi identificar, através da revisão da literatura, o papel da MRA em anestesia, quando e como realizá-la.

## MÉTODO

Revisão da literatura através das bases de dados MedLine nos últimos 12 anos (1993 até 2004). Foram incluídos artigos publicados em língua inglesa e espanhola através do cruzamento dos unitermos: anestesia (anesthesia/anaesthesia) e manobra de recrutamento (recruitment maneuver/manoeuvre) ou recrutamento alveolar (alveolar recruitment). Foram excluídos trabalhos experimentais. Os artigos foram então analisados e classificados pelo nível de evidência científica que proporcionam:

Nível I: estudos grandes e com distribuição aleatória com baixo risco de falso positivo (erro  $\alpha$ ) ou falso negativo (erro  $\beta$ ).

Nível II: pequenos estudos com distribuição aleatória com resultados incertos e risco moderado ou alto, de falso positivo e/ou falso negativo.

Nível III: estudos recentes não-aleatórios.

Nível IV: estudos antigos não-aleatórios com opinião de especialistas.

Nível V: séries de casos não controlados com opinião de especialistas.

As recomendações foram classificadas pelo seu poder através das recomendações do *Evidence-Based Medicine Working Group*<sup>17</sup>:

A: recomendação apoiada por pelo menos dois estudos de nível I.

B: recomendação apoiada por pelo menos um estudo de nível I.

C: recomendação apoiada somente por estudos de nível II.

D: recomendação apoiada por pelo menos um estudo de nível III.

E: recomendação apoiada por estudos de nível IV ou V.

## RESULTADOS

Foram encontrados 46 artigos nessa base de dados com os unitermos utilizados. Três artigos foram excluídos por serem em idiomas diferentes dos pesquisados, 15 por serem experimentais e três por serem anteriores a 1993. Um único artigo foi incluído em língua espanhola, porém só o seu resumo foi obtido.

Vários métodos são utilizados para a realização da MRA: aplicação de pressão sustentada por um único ou múltiplos períodos, suspiros intermitentes, aumento progressivo da PEEP e baixo volume corrente (VC); aumento da PEEP sem modificação do VC; aumento simultâneo do VC e da PEEP; uso intermitente e gradual de aumento da PEEP com um valor fixo de pressão controlada; respiração espontânea com a utilização do modo ventilação com liberação de pressão na via aérea; posição prona e ventilação de alta freqüência utilizada em neonatologia<sup>1,6,8,10,18-20</sup>.

A tabela I resume os 20 artigos de maior importância, autores, ano de publicação, número de pacientes estudados e o tipo de recrutamento alveolar utilizado.

De acordo com a literatura, o método mais utilizado entre os autores é o uso de pressão sustentada na via aérea pelo método CPAP (pressão positiva contínua nas vias aéreas), com níveis de pressão que variam de 30 a 40 cmH<sub>2</sub>O durante 30 a 90 segundos em pacientes com SDRA<sup>4,13,16,21</sup>.

Rothen e col.<sup>10</sup> em pacientes submetidos à anestesia geral fizeram a MRA com a elevação da pressão de pico de vias aéreas para 40 cmH<sub>2</sub>O. Em estudos anteriores<sup>6,22</sup>, este valor de pressão foi mantido por 15 segundos até que se obtivesse o recrutamento das áreas atelectasiadas. Nesse estudo, os pacientes foram controlados por tomografia computadorizada enquanto a MRA era realizada. Desta forma os autores perceberam que, após 7 segundos de recrutamento, houve melhora significativa da PaO<sub>2</sub> dos pacientes, sendo que a maioria das atelectasias já havia sido desfeita. A vantagem da menor duração da MRA é a menor incidência de efeitos colaterais como diminuição do débito cardíaco e da pressão arterial<sup>10</sup>. Este estudo deve ser classificado como um estudo nível III, pois a casuística foi pequena (12 casos) e não houve distribuição aleatória. Logo as conclusões do autor podem ser classificadas como recomendação nível D.

Pang e col.<sup>9</sup> demonstraram que a MRA (ventilação manual até pico de pressão de 40 cmH<sub>2</sub>O por 10 respirações ou um minuto e PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O após) melhora a oxigenação arterial no intra-operatório de pacientes saudáveis submetidos à colecistectomia laparoscópica, após a introdução do pneumoperitônio. Esta técnica cirúrgica está associada com diminuição de 36% da capacidade vital funcional em duas a quatro horas após a cirurgia. Os autores acreditam que uma estratégia de recrutamento alveolar pode melhorar a função

Tabela I - Artigos Revisados

Autores	Ano de Publicação	Número de Pacientes	MRA
Rothen e col.	1999	12	Insuflação com 40 cmH <sub>2</sub> O por 15 segundos.
Rothen e col.	1993	16	Grupo 1: Insuflações com 10, 20, 30, 40 cmH <sub>2</sub> O / Grupo 2: 3 insuflações com 30 cmH <sub>2</sub> O e 1 insuflação com 40 cmH <sub>2</sub> O (15 segundos cada insuflação).
Rothen e col.	1995	20	Insuflação manual de 40 cmH <sub>2</sub> O por 15 segundos.
Pang e col.	2003	24	10 insuflações manuais com pico de pressão de 40 cmH <sub>2</sub> O e uso de PEEP (5 cmH <sub>2</sub> O) a seguir.
Tusman e col.	2004	20	10 respirações com pico de pressão inspiratória de 40 cmH <sub>2</sub> O e PEEP (20 cmH <sub>2</sub> O).
Tusman e col.	2002	90	10 insuflações manuais com pico de pressão de 40 cmH <sub>2</sub> O e uso de PEEP (0,5,10 cmH <sub>2</sub> O) a seguir.
Tusman e col.	1999	30	Aumento de PEEP para 15 cmH <sub>2</sub> O (de 5 em 5 cmH <sub>2</sub> O) e aumento do VC até 18 mL.kg <sup>-1</sup> ou pico de pressão inspiratória de 40 cmH <sub>2</sub> O por 10 respirações.
Tusman e col.	2003	24	10 insuflações manuais com pico de pressão de 40 cmH <sub>2</sub> O e PEEP de 15 cmH <sub>2</sub> O e a seguir PEEP de 5 cmH <sub>2</sub> O .
Dyhr e col.	2002	16	2 insuflações de 45 cmH <sub>2</sub> O com duração de 20 segundos cada.
Dyhr e col.	2004	30	4 insuflações de 45 cmH <sub>2</sub> O com duração de 10 segundos cada.
Claxton e col.	2003	78	Aumento de PEEP para 15 cmH <sub>2</sub> O (de 5 em 5 cmH <sub>2</sub> O) e aumento do VC até 18 mL.kg <sup>-1</sup> ou pico de pressão inspiratória de 40 cmH <sub>2</sub> O por 10 respirações.
Amato e col.	1998	53	CPAP de 35 a 40 cmH <sub>2</sub> O por 40 segundos.
Grasso e col.	2002	22	CPAP de 40 cmH <sub>2</sub> O por 40 segundos.
Pelosi e col.	1999	10	3 suspiros por minuto com volume suficiente para atingir 45 cmH <sub>2</sub> O durante 60 minutos.
Barbas	2003	Artigo de revisão	CPAP de 35 a 40 cmH <sub>2</sub> O por 40 segundos foi a mais utilizada.
Rouby e col.	2002	Artigo de revisão	PEEP de 2 cmH <sub>2</sub> O acima do Pflex <sub>inf</sub> da curva PV foi a manobra estudada.
Bein e col.	2002	11	Aumento progressivo durante 30 segundos da pressão de pico até 60 cmH <sub>2</sub> O e manutenção por 30 segundos.
Morán e col.	2003	Artigo de revisão	Mais estudos são necessários para avaliar os reais benefícios das diversas MRA.
Singh e col.	2002	17	Aumento do VC de 8 até 18 mL.kg <sup>-1</sup> por 10 respirações.
Tusman e col.	2004	16	Aumentos graduais de PIP e PEEP até atingir PIP de 40 cmH <sub>2</sub> O e PEEP de 20 cmH <sub>2</sub> O por 10 respirações.

PEEP: pressão positiva expiratória final; VC: volume corrente; CPAP: pressão positiva contínua nas vias aéreas; Pflex<sub>inf</sub>: ponto de inflexão inferior; curva PV: curva volume-pressão; PIP: pico de pressão inspiratória

respiratória durante a cirurgia pela redução de atelectasia e *shunt*, melhorando a relação ventilação-perfusão e consequentemente a oxigenação arterial. Este é um estudo nível II (casuística pequena, porém com distribuição aleatória) e suas conclusões são recomendações com nível de evidência C.

Tusman e col.<sup>14</sup> demonstraram bons resultados com a aplicação da manobra durante a anestesia com ventilação pulmonar independente, realizada em cirurgia torácica e com os pacientes posicionados em decúbito lateral (estudo nível III com nível de evidência D). Durante a ventilação monopulmo-

nar, o *shunt* pulmonar aumenta de 15% a 40% por causa do colapso total do pulmão não dependente. Em outros estudos, o mesmo autor<sup>11</sup> relata que a MRA melhora a oxigenação arterial dos pacientes obesos anestesiados<sup>9</sup>, porém conclui também que uma PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O ou mais pode ser necessária para evitar o desrecrutamento alveolar<sup>12</sup> (estudo nível II com nível de evidência C). Este autor estendeu suas observações a pacientes pediátricos menores de sete anos, submetidos à anestesia geral em ventilação espontânea (Mapleson D) para exame de ressonância nuclear magnética. Um grupo foi submetido à MRA (ventilação manual até

atingir pico de pressão de 40 cmH<sub>2</sub>O por 10 respirações) apresentando diminuição significativa da área pulmonar atelectasiada em relação aos outros dois grupos<sup>15</sup> (estudo nível II com nível de evidência C).

Estudos recentes relatam o uso da MRA após cirurgias cardíacas, durante as quais os autores acreditam que a função pulmonar e a oxigenação são diminuídas em 20% a 90% com o uso de circulação extracorpórea, provavelmente como resultado da resposta inflamatória sistêmica e da formação de atelectasias<sup>13</sup>. A cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea envolve o completo colapso dos pulmões. Deste modo, a manobra melhora a oxigenação pela abertura de regiões pulmonares colapsadas<sup>13,16,20</sup> (estudo nível II com nível de evidência C).

Para a monitorização dos efeitos da MRA, a maioria dos autores avaliou a melhora da oxigenação arterial, um método comumente empregado na prática clínica, no qual os valores de PaO<sub>2</sub>, relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> são analisados<sup>4,16,20,21,23</sup>. Valores de PaO<sub>2</sub> maiores de 450 mmHg indicariam um pulmão recrutado<sup>14</sup>. Barbas<sup>18</sup> avaliou os resultados de sua manobra pela somatória da PaO<sub>2</sub> e da PaCO<sub>2</sub>, definindo o recrutamento completo como PaO<sub>2</sub>+PaCO<sub>2</sub> maior que 400 mmHg. Outro método descrito para avaliar a eficácia do recrutamento alveolar é a tomografia computadorizada (TC), capaz de quantificar o tecido pulmonar recrutado<sup>24</sup>.

Bein e col.<sup>25</sup> e Moran e col.<sup>2</sup> estudaram o impacto da MRA sobre a pressão intracraniana (PIC) e metabolismo encefálico em pacientes com traumatismo cranioencefálico (TCE) e insuficiência respiratória. Os autores observaram um aumento na PIC ao término das manobras e redução da PAM e conseqüentemente uma diminuição da pressão de perfusão encefálica que retornaram aos valores normais após 10 minutos (estudo nível III com nível de evidência D).

## DISCUSSÃO

A MRA tem como objetivo melhorar as trocas gasosas através do recrutamento máximo das unidades alveolares, proporcionando uma ventilação mais homogênea do parênquima pulmonar.

Apesar de muito difundida no tratamento da SDRA, a literatura também demonstra bons resultados quando empregada em pacientes submetidos à anestesia geral, os quais desenvolvem áreas de atelectasia durante o procedimento anestésico com prejuízo na troca gasosa, aumento do *shunt* pulmonar e piora da oxigenação<sup>8-10,12,14,15,26</sup>. Existe concordância entre os autores estudados com relação a este fato, porém a recomendação da realização rotineira da MRA durante anestesia ainda é nível C pois está embasada somente em estudos com pequeno número de casos.

Alguns autores recomendam utilizar a MRA após qualquer desconexão do ventilador mecânico, bem como após as as-

pirações endotraqueais<sup>4,21</sup> (nível de evidência C). Estas indicações poderiam ser estendidas aos pacientes submetidos à anestesia geral, seja com VM ou ventilação espontânea. Muitos dos pacientes anestesiados são submetidos à ventilação inadequada pela falta de opção de recursos ventilatórios simples nos aparelhos de anestesia, tais como a PEEP. Logo, qualquer paciente anestesiado que tenha sido ventilado de forma inadequada poderia ser submetido à MRA ao final da anestesia, antes da extubação, diminuindo as probabilidades de complicações respiratórias pós-operatórias (nível de evidência C).

A MRA visa estabilizar a permeabilidade alveolar que então, deve ser mantida com níveis adequados de PEEP, ou seja, com pressões menores do que aquelas necessárias para o recrutamento. Quando bem sucedida, o benefício de cada manobra tende a desaparecer com o tempo, a menos que um nível suficiente de PEEP seja aplicado, para evitar o desrecrutamento alveolar<sup>9,12</sup>, quando o paciente vai permanecer sob ventilação mecânica.

Nos artigos pesquisados os autores não descrevem contra-indicações ao uso da MRA, mas utilizam como critérios de exclusão os pacientes hemodinamicamente instáveis, presença de pneumotórax, pneumomediastino e enfisema subcutâneo, biópsia de pulmão e ressecção recentes<sup>4,26</sup>. Algumas complicações podem ocorrer como resultado da aplicação de altas pressões inspiratórias, sendo mais comuns as alterações hemodinâmicas e o risco de barotrauma<sup>1</sup>. A aplicação de pressão sustentada na via aérea causa repercussões hemodinâmicas (diminuição do retorno venoso e aumento da pós-carga do ventrículo direito durante o período da aplicação) e expõe o pulmão ao maior risco de barotrauma<sup>19</sup>. A ocorrência de hipotensão, com rápida melhora após a interrupção da manobra, é mais freqüente em pacientes hipovolêmicos<sup>19</sup>. APIC pode sofrer elevações durante a realização de MRA.

## CONCLUSÃO

A MRA pode ser um importante adjuvante na prática clínica anestésica, melhorando a oxigenação pós-operatória e desfazendo atelectasias de pacientes submetidos à anestesia geral, o que interfere de forma positiva na recuperação pós-anestésica dos pacientes que necessitariam menor suplementação de oxigênio no pós-operatório e diminuiriam as probabilidades de complicações pulmonares. Porém o uso rotineiro da MRA em pacientes anestesiados não tem embasamento em estudos com nível alto de evidência (A ou B), logo não pode ser recomendado. Mais estudos a respeito do uso da MRA em pacientes anestesiados são necessários para que possa ser definido o real benefício do seu uso e em quais situações.

## ***Alveolar Recruitment Maneuver in Anesthetic Practice: How, When and Why it May be Useful***

Luciana Oliveira Gonçalves, M.D.; Domingos Dias Cicarelli, TSA, M.D.

### **INTRODUCTION**

Mechanical ventilation (MV) has contributed to improve survival in different clinical situations, but notwithstanding its major advances, it may increase morbidity and mortality rate when inadequately used<sup>1</sup>. MV may promote or perpetuate lung injury if there is cyclic alveolar hyperdistension and collapse at every breath. Some authors<sup>2,3</sup> consider ventilator-induced lung injury as undistinguishable from changes induced by acute respiratory distress syndrome (ARDS) and agree that inadequately applied MV increases ARDS mortality.

ARDS and acute lung injury (ALI) pathophysiology is the alveolar filling by inflammatory infiltrate, alveolar collapse and decreased aired lung volume. These changes alter ventilation-perfusion ratio with increased intrapulmonary shunt and worsening of arterial and tissue oxygenation<sup>2</sup>. To improve survival of these patients, Amato et al.<sup>4</sup> have suggested ventilation as lung protecting strategy, consisting in low tidal volumes (4 to 6 mL.kg<sup>-1</sup>), maximum plateau pressure of 35 cmH<sub>2</sub>O and PEEP above the lower inflexion point of the VP curve.

General anesthesia with mechanical ventilation may cause cyclic alveolar hyperdistension and collapse, especially when high tidal volumes (12 to 15 mL.kg<sup>-1</sup>) are used without PEEP<sup>5-7</sup>. In addition, decreased functional residual capacity (FRC) and atelectasis<sup>8-11</sup> (which appear 5 minutes after beginning of anesthesia<sup>12</sup>) increase intrapulmonary shunt often leading to decreased postoperative arterial oxygenation. This fact may become more severe when surgical technique or patients' characteristics favor MV-induced changes. Laparoscopic surgeries (pneumoperitoneum inflation decreases FRC and predisposes to atelectasis), single-lung ventilation procedures (operated lung is not ventilated), cardiac surgeries (lungs are not ventilated during cardiopulmonary bypass), obese patients (they have decreased FRC) and pediatric patients (anesthetized with spontaneous ventilation) may further worsen postoperative arterial oxygenation<sup>9,11,13-15</sup>.

Alveolar recruitment maneuver (ARM) is a technique using sustained airway pressure increase aiming at recruiting collapsed alveoli, increasing lung area available for gases changes and consequently improving arterial oxygenation<sup>16</sup>. It is not only used in ARDS patients but also in clinical situation with the development of collapsed lung areas (atelectasis).

This study aimed at identifying, by literature review, the role of ARM in anesthesia and when and how to do it.

### **METHODS**

Literature review using MedLine database of the last 12 years (1993 to 2004). Articles published in English and Spanish were included by the crossing of keywords: anesthesia (anesthesia / anaesthesia) and recruitment maneuver (recruitment maneuver / maneuver) or alveolar recruitment (alveolar recruitment). Experimental studies were excluded. Studies were then evaluated and classified by their level of scientific evidence:

Level I: large studies with randomized distribution and low risk of false positive (error  $\alpha$ ) or false negative (error  $\beta$ ).

Level II: small studies with randomized distribution, uncertain results and moderate or high risk of false positive and / or false negative.

Level III: recent, non randomized studies.

Level IV: old non-randomized studies with experts opinion.

Level V: series of uncontrolled cases with experts opinion.

Recommendations were classified by their power following *Evidence-Based Medicine Working Group* recommendations<sup>17</sup>:

A: recommendation supported by at least two level I studies.

B: recommendation supported by at least one level I study.

C: recommendation supported by level II studies only.

D: recommendation supported by at least one level III study.

E: recommendation supported by level IV or V studies.

### **RESULTS**

Our keywords found 46 studies. Three studies were excluded for being in different languages, 15 for being experimental and 3 for being published before 1993. A single study was found in Spanish, however we were only able to obtain its summary.

There are several ARM methods: sustained pressure for a single or multiple periods; intermittent sighs, progressive PEEP increase and low tidal volume (TV), increased PEEP without changing TV, simultaneous increase of TV and PEEP, intermittent and gradual PEEP increase with fixed controlled pressure value, spontaneous ventilation using the mode ventilation with airway pressure release, prone position and high frequency ventilation used in neonatology<sup>1,6,8,10,18-20</sup>.

Table I summarizes the 20 most important studies, authors, publication year, number of patients included and type of alveolar recruitment.

According to the literature, most popular method among authors is sustained airway pressure by the CPAP method (continuous positive airway pressure), with pressure volumes varying from 30 to 40 cmH<sub>2</sub>O for 30 to 90 seconds in ARDS patients<sup>4,13,16,21</sup>.

Rothen et al.<sup>10</sup> have studied the ARM in patients submitted to general anesthesia by increasing airways peak pressure to

Table I - Reviewed Studies

Authors	Published Year	Number of Patients	ARM
Rothen et al.	1999	12	Inflation with 40 cmH <sub>2</sub> O for 15 seconds.
Rothen et al.	1993	16	Group 1: inflations with 10,20,30,40 cmH <sub>2</sub> O / Group 2: 3 inflations with 30 cmH <sub>2</sub> O and 1 inflation with 40 cmH <sub>2</sub> O (15 seconds each inflation).
Rothen et al.	1995	20	Manual inflation of 40 cmH <sub>2</sub> O for 15 seconds.
Pang et al.	2003	24	10 manual inflations with peak pressure of 40 cmH <sub>2</sub> O and then PEEP (5 cmH <sub>2</sub> O).
Tusman et al.	2004	20	10 breaths with inspiratory peak pressure of 40 cmH <sub>2</sub> O and PEEP (20 cmH <sub>2</sub> O).
Tusman et al.	2002	90	10 manual inflations with peak pressure of 40 cmH <sub>2</sub> O and then PEEP (0,5,10 cmH <sub>2</sub> O).
Tusman et al.	1999	30	PEEP increase to 15 cmH <sub>2</sub> O (de 5 em 5 cmH <sub>2</sub> O) and TV increase up to 18 mL.kg <sup>-1</sup> or inspiratory peak pressure of 40 cmH <sub>2</sub> O for 10 breaths.
Tusman et al.	2003	24	10 manual inflations with peak pressure of 40 cmH <sub>2</sub> O and PEEP of 15 cmH <sub>2</sub> O and then PEEP of 5 cmH <sub>2</sub> O.
Dyhr et al.	2002	16	2 inflations of 45 cmH <sub>2</sub> O lasting 20 seconds each.
Dyhr et al.	2004	30	4 inflations of 45 cmH <sub>2</sub> O lasting 10 seconds each..
Claxton et al.	2003	78	PEEP increase to 15 cmH <sub>2</sub> O (in 5 cmH <sub>2</sub> O increments) and TV increase up to 18 mL.kg <sup>-1</sup> or inspiratory peak pressure of 40 cmH <sub>2</sub> O for 10 breaths.
Amato et al.	1998	53	CPAP of 35 to 40 cmH <sub>2</sub> O for 40 seconds.
Grasso et al.	2002	22	CPAP of 40 cmH <sub>2</sub> O for 40 seconds.
Pelosi et al.	1999	10	3 sighs per minute with tidal volume enough to reach 45 cmH <sub>2</sub> O for 60 minutes.
Barbas	2003	Review article	CPAP of 35 to 40 cmH <sub>2</sub> O for 40 seconds was the most commonly used.
Rouby et al.	2002	Review article	PEEP of 2 cmH <sub>2</sub> O above VP curve P <sub>flex<sub>inf</sub></sub> was the maneuver studied.
Bein et al.	2002	11	Progressive increase of peak pressure for 30 seconds until 60 cmH <sub>2</sub> O and maintenance for 30 seconds.
Morán et al.	2003	Review article	Further studies are needed to evaluate the real benefits of different ARM.
Singh et al.	2002	17	TV increase from 8 to 18 mL.kg <sup>-1</sup> for 10 breaths.
Tusman et al.	2004	16	Gradual PIP and PEEP increases until PIP of 40 cmH <sub>2</sub> O and PEEP of 20 cmH <sub>2</sub> O for 10 breaths.

PEEP: positive end expiratory pressure; TV: tidal volume; CPAP: continuous positive airway pressure; P<sub>flex<sub>inf</sub></sub>: lower inflexion point; VP curve: volume-pressure curve; PIP: peak inspiratory pressure

40 cmH<sub>2</sub>O. In previous studies<sup>6,22</sup>, this pressure value was maintained for 15 seconds until atelectasis areas were recruited. In this study, patients were controlled by CT scan during ARM. This way, authors have noticed that after 7 seconds there was significant PaO<sub>2</sub> improvement and most atelectasis were already re-expanded. The advantage of shorter ARM is the lower incidence of side effects such as decreased cardiac output and blood pressure<sup>10</sup>. This study is classified as level III since sample was small (12 cases) and there was no randomized distribution. So, author's conclusions should be classified as recommendations level D. Pang et al.<sup>9</sup>, have shown that ARM (manual ventilation until peak pressure of 40 cmH<sub>2</sub>O for 10 breaths or one minute and then PEEP of 5 cmH<sub>2</sub>O) improves intraoperative arterial oxygenation of healthy patients submitted to laparoscopic

cholecystectomy, after pneumoperitoneum. This surgical technique is associated to 36% decrease in vital functional capacity two to four hours after surgery. Authors believe that alveolar recruitment may improve respiratory function during surgery by decreasing atelectasis and shunt, improving ventilation-perfusion ratio and consequently arterial oxygenation. This is a level II study (small sample, however with randomized distribution) and its conclusions are recommendations level C.

Tusman et al.<sup>14</sup> have shown satisfactory results by applying the maneuver during anesthesia with independent pulmonary ventilation, in thoracic surgeries and with patients in the lateral position (level III study with recommendations level D). During single lung ventilation, pulmonary shunt is 15% to 40% increased due to total non-dependent lung collapse.

However in other studies, the same author<sup>9</sup> concludes that 5 cm H<sub>2</sub>O or more PEEP may be needed to prevent alveolar de-recruitment<sup>12</sup> (level II study with recommendations level C). This author has extended his observations to pediatric patients below 7 years of age submitted to general anesthesia with spontaneous ventilation (Mapleson D) for MRI. One group was submitted to ARM (manual ventilation until peak pressure of 40 cmH<sub>2</sub>O for 10 breaths) with significant decrease of atelectasis as compared to the other two groups<sup>15</sup> (level II study with recommendations level C).

Recent studies report ARM after cardiac surgeries, during which authors believe that pulmonary function and oxygenation are decreased from 20 to 90 % with the use of cardiopulmonary bypass, probably as result of systemic inflammatory response and atelectasis formation<sup>13</sup>. Cardiac surgery with cardiopulmonary bypass involves total lungs collapse. So, the maneuver improves oxygenation by opening collapsed lung areas<sup>13,16,20</sup> (level II study with recommendations level C).

To monitor ARM effects, most authors have evaluated arterial oxygenation improvement, a common method in the clinical practice, in which PaO<sub>2</sub> values and PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub> ratio is analyzed<sup>4,16,20,21,23</sup>. PaO<sub>2</sub> values above 450 mmHg would indicate a recruited lung<sup>14</sup>. Barbas<sup>18</sup> has evaluated the results of his maneuver by adding PaO<sub>2</sub> and PaCO<sub>2</sub>, defining total recruitment as PaO<sub>2</sub> + PaCO<sub>2</sub> above 400 mmHg. Another described method to evaluate the effectiveness of alveolar recruitment is CT scan, able to quantify recruited lung tissue<sup>24</sup>. Bein et al.<sup>25</sup> and Moran et al.<sup>2</sup> have studied the impact of ARM on intracranial pressure (ICP) and brain metabolism in patients with brain trauma (BT) and respiratory failure. Authors have observed increased ICP at the end of the maneuver and decreased MBP, with consequent decrease in brain perfusion pressure which returned to normal values 10 minutes after (level III study with recommendations level D).

## DISCUSSION

ARM aims at improving gases changes by maximum alveoli recruitment, providing more homogeneous pulmonary parenchyma ventilation. Although very popular to treat ARDS, literature has also shown good results when used in patients submitted to general anesthesia who develop atelectasis during the anesthetic procedure, with worsening of gases changes, increased pulmonary shunt and worsening of oxygenation<sup>8-10,12,14,15,26</sup>. Authors agree with this fact, however the recommendation for routine ARM during anesthesia is still level C because it is supported only by studies with small number of cases.

Some authors recommend ARM after any mechanical ventilator disconnection as well as after tracheal aspirations<sup>4,21</sup> (recommendation level C). These indications could be extended to patients submitted to general anesthesia, both with MV or spontaneous ventilation. Many anesthetized patients are submitted to inadequate ventilation for the lack of simple ventilatory resources of anesthesia machines, such as PEEP. So, any anesthetized patient being inadequately ven-

tilated could be submitted to ARM at the end of anesthesia, before extubation, to decrease the chances of postoperative respiratory complications (recommendation level C).

ARM aims at stabilizing alveolar patency which then should be maintained by adequate PEEP levels, that is, with lower pressures than those needed for recruitment. When successful, the benefit of each maneuver tends to disappear with time, unless a sufficient PEEP level is applied to prevent alveolar de-recruitment<sup>9,12</sup> when patients are to remain under mechanical ventilation.

Authors of reviewed studies have not described ARM counterindications, but their exclusion criteria are hemodynamic instability, pneumothorax, pneumomediastinum and subcutaneous emphysema, recent lung biopsy and resections<sup>4,26</sup>. High inspiratory pressures may induce complications, such as hemodynamic changes and risk of barotrauma<sup>1</sup>. Sustained airway pressure has hemodynamic repercussions (decreased venous return and increased left ventricle afterload during maneuver) and exposes lung to higher risk of barotrauma<sup>19</sup>. Hypotension with fast improvement after maneuver interruption is more frequent in hypovolemic patients<sup>19</sup>. PIC may increase during ARM.

## CONCLUSION

ARM may be a major adjuvant during anesthesia, improving postoperative oxygenation and re-expanding atelectasis of patients submitted to general anesthesia. This would positively interfere with post-anesthetic recovery of patients who would need less postoperative oxygen supplementation with low risk of pulmonary complications. However, the routine use of ARM for anesthetized patients is not supported by high evidence level studies (A or B), so it cannot be recommended. Further studies on ARM for anesthetized patients are needed to define its real benefits and the situations in which it should be used.

## REFERÊNCIAS - REFERENCES

- Hess DR, Bigatello LM - Lung recruitment: the role of recruitment maneuvers. *Respir Care*, 2002;47:308-317.
- Moran I, Zavala E, Fernandez R et al - Recruitment manoeuvres in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome. *Eur Respir J*, 2003;22:(Suppl 42):37S-42S.
- 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.
- Amato MBP, Barbas CSV, Medeiros DM et al - Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*, 1998;338:347-354.
- Marino PL - Princípios da Ventilação Mecânica, em: Marino PL - *Compêndio de UTI*, Porto Alegre, Artmed, 2000;345-355.
- Rothen HU, Sporre B, Engberg G et al - Re-expansion of atelectasis during general anaesthesia: a computed tomography study. *Br J Anaesth*, 1993;71:788-795.

07. Borges-Sobrinho JB, Amato MBP, Barbas CSV et al - PEEP e Recrutamento Pulmonar, em: Carvalho CRR - Ventilação Mecânica, 2ª Ed, São Paulo, Atheneu, 2000;79-105.
08. Singh PK, Agarwal A, Gaur A et al - Increasing tidal volumes and PEEP is an effective method of alveolar recruitment. *Can J Anesth*, 2002;49:755.
09. Pang CK, Yap J, Chen PP - The effect of an alveolar recruitment strategy on oxygenation during laparoscopic cholecystectomy. *Anaesth Intensive Care*, 2003;31:176-180.
10. Rothen HU, Neumann P, Berglund JE et al - Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia. *Br J Anaesth*, 1999;82:551-556.
11. Tusman G, Bohm SH, Melkun F et al - Effects of the alveolar recruitment manoeuvre and PEEP on arterial oxygenation in anesthetized obese patients. *Rev Esp Anestesiol Reanim*, 2002;49:177-183.
12. Tusman G, Bohm SH, Vazquez de Anda G et al - Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation during general anaesthesia. *Br J Anaesth*, 1999;82:8-13.
13. Dyhr 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 Anesthesiol Scand*, 2002;46:717-725.
14. Tusman G, Bohm SH, Sipmann FS et al - Lung recruitment improves the efficiency of ventilation and gas exchange during one-lung ventilation anesthesia. *Anesth Analg*, 2004;98:1604-1609.
15. Tusman G, Bohm SH, Tempra A et al - Effects of recruitment maneuver on atelectasis in anesthetized children. *Anesthesiology*, 2003;98:14-22.
16. Dyhr T, Nygard E, Laursen N et al - Both lung recruitment maneuver and PEEP are needed to increase oxygenation and volume after cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2004;48:187-197.
17. Evidence-Based Medicine Working Group. Evidence-based medicine: A new approach to teaching the practice of medicine. *JAMA*, 1992; 268:2420-2425.
18. Barbas CSV - Lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome and facilitating resolution. *Crit Care Med*, 2003;31:(Suppl 4):S265-S271.
19. Marini JJ - How to recruit the injured lung. *Minerva Anesthesiol*, 2003;69:193-200.
20. Claxton BA, Morgan P, McKeague H et al - Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation after cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia*, 2003;58:111-116.
21. Grasso S, Mascia L, Del Turco M et al - Effects of recruiting maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy. *Anesthesiology*, 2002;96:795-802.
22. Rothen HU, Sporre B, Engberg G et al - Reexpansion of atelectasis during general anaesthesia may have a prolonged effect. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1995;39:118-125.
23. Pelosi P, Cadringer P, Bottino N et al - Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999;159:872-880.
24. Rouby JJ - Lung overinflation. The hidden face of alveolar recruitment. *Anesthesiology*, 2003;99:2-4.
25. Bein T, Kuhr LP, Bele S et al - Lung recruitment maneuver in patients with cerebral injury: effects on intracranial pressure and cerebral metabolism. *Intensive Care Med*, 2002;28:554-558.
26. Tusman G, Bohm SH, Sipmann F et al - Lung recruitment improves the efficiency of ventilation and gas exchange during one-lung ventilation anesthesia. *Anesth Analg*, 2004;98:1604-1609.

## RESUMEN

Gonçalves LO, Cicarelli DD - Maniobra de Reclutamiento Alveolar en Anestesia: Como, Cuando y Por Qué Utilizarla

**JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS:** La maniobra de reclutamiento alveolar (MRA) consiste en la reabertura de áreas pulmonares colapsadas a través del aumento de la presión inspiratoria en la vía aérea, utilizada principalmente en pacientes con Síndrome del Desaliento Respiratorio Agudo. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la aplicación de la MRA en anestesia, como realizarla y en cuales situaciones clínicas.

**MÉTODO:** Revisión de la literatura a través de la base de datos MedLine, en el período transcurrido entre 1993 a 2004.

**RESULTADOS:** La forma más utilizada para realización de la MRA es la insuflación sostenida por el modo CPAP con presiones que varían de 30 a 40 cmH<sub>2</sub>O por 30 a 90 segundos. Las cirugías laparoscópicas, las cirugías con ventilación monopulmonar, cirugías cardíacas, pacientes obesos y pacientes pediátricos fueron las situaciones clínicas en que la MRA trajo beneficio a los pacientes.

**CONCLUSIONES:** La MRA puede ser útil en la práctica anestésica, mejorando la oxigenación postoperatoria y deshaciendo atelectasias de pacientes sometidos a anestesia general.