

QUAND ET COMMENT JE FAIS UNE MANŒUVRE DE RECRUTEMENT ALVÉOLAIRE AU BLOC OPÉRATOIRE ?

Thomas Godet (1), Audrey Johannny (1), Emmanuel Futier (1, 2)

(1) Pôle Médecine Péri-Opératoire, Anesthésie Réanimation, Hôpital Estaing, CHU de Clermont-Ferrand, 1 place Lucie Aubrac, 63003 Clermont-Ferrand, cedex 1. E-mail : efutier@chu-clermontferrand.fr

(2) Laboratoire R2D2, EA 7281, Université d'Auvergne

INTRODUCTION

La reconnaissance de la possibilité de lésions pulmonaires induites par la ventilation mécanique (ventilator-induced lung injury ou VILI pour les anglo-saxons) est à l'origine depuis quelques années d'un changement de paradigme et l'adoption du principe d'une stratégie de ventilation mécanique protectrice [1]. Bien que son importance ait été initialement identifiée chez des patients de réanimation présentant une insuffisance respiratoire aiguë (syndrome de détresse respiratoire aiguë principalement) [2], une attention toute particulière est dorénavant portée chez les patients exempts de pathologie pulmonaire et relevant d'une assistance ventilatoire en réanimation comme au bloc opératoire [3-6]. La prévention des VILI implique une approche multi-facettes incluant l'utilisation d'un volume courant (VT) réduit (≤ 8 ml/kg de poids idéal théorique), afin de limiter le risque de surdistension alvéolaire inhérent à l'utilisation de hauts VTs, et d'une pression de fin d'expiration positive (PEP) ≥ 5 cmH₂O afin de limiter les phénomènes d'ouverture-fermeture cycliques des alvéoles (atelectrauma) [1, 7]. Toutefois, parce que l'utilisation d'un faible niveau de VT peut être responsable d'une instabilité alvéolaire, la ventilation mécanique est susceptible de générer un dé-recrutement alvéolaire, particulièrement si un niveau de PEP insuffisant est appliqué. Une méta-analyse d'études randomisées contrôlées a récemment évalué les effets de l'utilisation de manœuvres de recrutement alvéolaire sur le pronostic de patients présentant un SDRA modéré ou sévère et a conclu que l'utilisation de manœuvre de recrutement alvéolaire était associée à une réduction de mortalité de 6 % [8]. Deux études randomisées et contrôlées ont également montré que l'utilisation d'une stratégie de ventilation mécanique protectrice, incluant l'application répétée de manœuvres de recrutement alvéolaire pendant la période opératoire, était associée à une amélioration du pronostic postopératoire de patients opérés d'une chirurgie abdominale [3, 9].

L'application de manœuvres de recrutement alvéolaire demeure toutefois controversée en routine pratique, particulièrement en raison de possibles complications et d'effets indésirables hémodynamiques [10, 11]. Par ailleurs, en dépit d'un

intérêt croissant, certaines réticences demeurent notamment en raison d'incertitudes quant aux modalités pratiques de réalisation de manœuvres de recrutement. Les objectifs de cette courte mise au point consistent en la présentation des options disponibles au bloc opératoire pour la réalisation de manœuvres de recrutement alvéolaire ainsi que sur la présentation des situations cliniques au cours desquelles ces manœuvres peuvent présenter un intérêt particulier.

1. RECRUTEMENT ALVÉOLAIRE : BASES CONCEPTUELLES

Une manœuvre de recrutement alvéolaire est un processus dynamique pouvant être défini comme une augmentation transitoire de la pression transpulmonaire (différence entre la pression des voies aériennes et la pression pleurale) au-delà de la pression critique d'ouverture. Le maintien d'une pression alvéolaire après réalisation d'une manœuvre de recrutement est indispensable et, en l'absence de PEP (ou si un niveau de PEP insuffisant est appliqué), le dé-recrutement survient très rapidement [12, 13]. D'un point de vue physiologique, le recrutement alvéolaire fait référence à la ré-aération de zones pulmonaires pauvrement et/ou non aérées afin de limiter les contraintes mécaniques (phénomènes de cisaillement) à la jonction des zones aérées et non-aérées. Il convient de préciser que les effets du recrutement d'un point de vue « anatomique », définis comme une ré-aération documentée par tomodensitométrie thoracique, ne coïncident qu'imparfaitement avec les effets « physiologiques » du recrutement, ceux-ci étant définis usuellement par une amélioration des échanges gazeux [14].

Bien que les modalités du recrutement alvéolaire soient différentes en réanimation et au bloc opératoire, l'efficacité d'une procédure de recrutement est dépendante de deux composantes essentielles : le niveau de pression appliquée et le temps pendant lequel cette pression est maintenue [15]. Pendant la période opératoire, l'objectif principal d'une manœuvre de recrutement alvéolaire réside dans la ré-aération d'atélectasies. A cet effet, un travail de l'équipe de Göran Hedenstierna, réalisé chez 16 patients adultes non-obèses dénués de pathologie pulmonaire et sous anesthésie générale, a montré que l'application d'une pression minimale de 30 cmH₂O est nécessaire pour permettre une réduction de 50 % du volume d'une atélectasie, et qu'une ré-aération complète implique une pression de 40 cmH₂O [16]. Ainsi, en dépit d'une variabilité inter- et intra-individuelle du niveau de pression critique d'ouverture, il est probablement raisonnable de proposer l'utilisation d'une pression de 40 cmH₂O pour le recrutement alvéolaire au bloc opératoire. Bien qu'il n'existe que peu de données chez les patients obèses morbides (indice de masse corporelle ≥ 40 kg/m²), il est probable que l'application d'une pression supérieure (≥ 50 cmH₂O) soit requise [13]. Enfin, plusieurs travaux expérimentaux ont suggéré que l'efficacité d'une procédure de recrutement (en termes de ré-aération [17, 18]) pourrait être maximale dès les premières secondes de la procédure [15, 17, 18]. Dans un travail incluant 12 patients adultes (IMC $26,2 \pm 2,9$ kg/m²) non-obèses, Rothen et al. ont montré que lors de l'application d'une pression de 40 cmH₂O pendant 15 secondes, le maximum de ré-expansion d'une atélectasie est obtenu pendant les 7-8 premières secondes de la procédure [17]. Ces données ont été récemment confirmées dans un travail de Arnal et al. [18], dans lequel l'essentiel du volume recruté lors d'une manœuvre de recrutement alvéolaire (pression de 40 cmH₂O pendant 30 secondes) était obtenu dans les 10 premières secondes de la procédure.

2. RECRUTEMENT ALVÉOLAIRE : COMMENT FAIRE SIMPLEMENT ?

En dehors des conditions strictes inhérentes à l'utilisation d'un circuit pourvu d'une valve de surpression (ou valve APL), la réalisation d'une manœuvre de recrutement alvéolaire utilisant un ballon manuel est contre-indiquée. En effet, il a été montré précédemment que la pression maximale des voies aériennes générée lors de l'utilisation de ces dispositifs peut excéder 100 cmH₂O, exposant les patients à un risque barotraumatique [19].

Deux modalités de recrutement alvéolaire sont communément proposées au bloc opératoire : l'application d'une pression continue ou CPAP (pour « continuous positive airway pressure ») et un soupir étendu (ou recrutement par paliers successifs) (Figure 1). Il n'existe que très peu de données ayant comparé, au bloc opératoire, l'efficacité et la tolérance de ces deux modalités de procédures ; le choix de l'une ou l'autre étant souvent le fait d'habitude de soins. Il faut néanmoins retenir que, quelle que soit la procédure utilisée, l'application d'une manœuvre de recrutement alvéolaire est responsable d'une réduction transitoire du débit cardiaque et de la pression artérielle [10]. A cet effet, une vérification de l'absence de précharge-cardiaque dépendance apparaît comme un préalable souhaitable avant réalisation d'une manœuvre de recrutement alvéolaire et permet, dans la plupart des situations, d'améliorer significativement la tolérance hémodynamique de ces procédures.

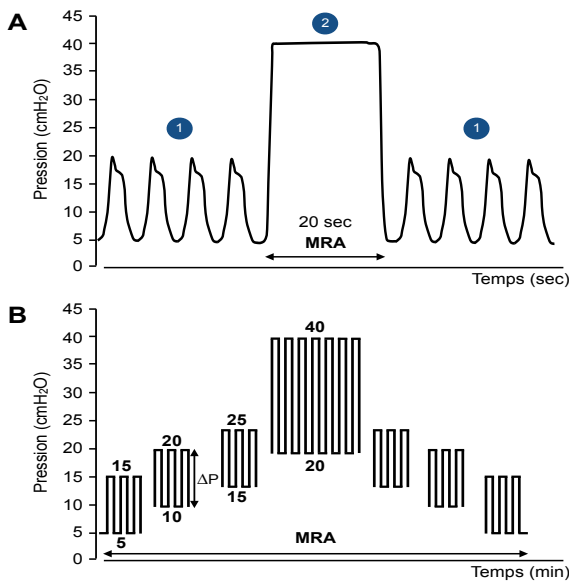


Figure 1 : Représentation schématique de deux modalités de recrutement alvéolaire (MRA) : (A) CPAP de 40 cmH₂O pendant 20 sec et (B) recrutement alvéolaire par paliers successifs.

A. Une CPAP de 40 cmH₂O est réalisée en utilisant le mode aide inspiratoire (VSAi+PEP) avec : Ai = 0 cmH₂O, PEP = 40 cmH₂O, seuil de déclenchement (trigger) à sa valeur maximale. Noter que le patient est ventilé initialement avec le mode volume contrôlé (P_{max} 20 cmH₂O, P_{plat} 18 cmH₂O, PEP 5 cmH₂O) et que l'application d'une CPAP implique un changement de mode ventilatoire.

B. Cette modalité de recrutement est réalisée en mode pression contrôlée en augmentant progressivement la pression d'insufflation et la PEP. Chaque palier est maintenu pendant plusieurs cycles ventilatoires. Noter que le gradient de pression (ΔP ou pression motrice) reste constant.

3. RECRUTEMENT ALVÉOLAIRE : À QUEL MOMENT DOIT-ON Y PENSER ?

3.1. APRÈS INTUBATION TRACHÉALE ET AVANT EXTUBATION

L'induction d'une anesthésie générale, par les effets combinés de l'installation en décubitus dorsal (réduction de la capacité résiduelle fonctionnelle), de la diminution du tonus musculaire ainsi que de l'utilisation d'une fraction inspirée en oxygène de 100 % lors de la Pré-Oxygénation (dénitrogénéation et réduction du volume pulmonaire de fin d'expiration), est responsable de la formation précoce d'atélectasies dans les zones dépendantes du poumon. Comme envisagé précédemment, l'application d'une PEP est inefficace pour permettre la ré-expansion d'atélectasies. Plusieurs travaux ont montré que l'utilisation d'une stratégie intégrant une Pré-Oxygénation en ventilation non-invasive (VNI) permet d'améliorer l'efficacité de la Pré-Oxygénation, d'augmenter la durée du temps d'apnée sans hypoxémie et de limiter la perte de volume pulmonaire, chez le patient obèse comme chez le patient non-obèse [20-22]. Dans un travail incluant 66 patients obèses (IMC moyen de 46,6 kg/m²), notre groupe de travail a montré que l'application précoce d'une manœuvre de recrutement alvéolaire (CPAP 40 cmH₂O pendant 40 sec) après intubation trachéale en complément d'une pré-oxygénation en VNI permettait d'améliorer significativement le volume pulmonaire de fin d'expiration, l'oxygénation et l'élastance du système respiratoire par rapport à l'utilisation de la VNI seule [21].

L'intérêt d'une manœuvre de recrutement alvéolaire avant extubation trachéale en fin d'intervention chirurgicale a été envisagé dans un travail ayant inclus 44 patients opérés d'une chirurgie (durée > 45 min) sous anesthésie générale [23]. Les auteurs concluaient que l'application d'une manœuvre de recrutement alvéolaire unique (CPAP 40 cmH₂O pendant 15 sec) quinze minutes avant la fin de chirurgie n'améliorait pas la différence alvéolo-artérielle en oxygène (D(A-a)O₂ mesurée 1 heure après extubation) par rapport à la prise en charge habituelle.

3.2. EN CAS DE MODIFICATIONS DES CONTRAINTES MÉCANIQUES VENTILATOIRES EN PEROPÉRATOIRE

L'insufflation d'un pneumopéritoine pour réalisation d'une chirurgie laparoscopique est une situation extrêmement fréquente en routine clinique et qui est à l'origine de modifications marquées de la mécanique ventilatoire. Plusieurs travaux se sont intéressés à l'intérêt de l'application de manœuvre de recrutement alvéolaire dans ce contexte. Dans un travail incluant 60 patients adultes (30 patients avec un IMC < 25 kg/m² et 30 patients avec un IMC > 35 kg/m²), notre équipe a montré que l'application d'une manœuvre de recrutement alvéolaire (CPAP 40 cmH₂O pendant 40 sec) suivie d'une PEP de 10 cmH₂O permettait d'améliorer les paramètres mécaniques ventilatoires, l'oxygénation, le volume pulmonaire de fin d'expiration et de diminuer l'espace mort par rapport à l'utilisation d'une PEP seule [24]. Ces données ont été confirmées dans un travail de Cinnella et al. dans lequel les auteurs ont élégamment montré que, chez 29 patients non-obèses opérés en position de trendelenburg, l'utilisation d'une manœuvre de recrutement alvéolaire suivie d'une PEP après insufflation du pneumopéritoine était assortie d'un volume recruté de 194 ± 80 ml (de 65 à 323 ml) ainsi que d'une augmentation de la compliance pulmonaire et de la pression partielle artérielle en oxygène [25]. Enfin, Almarakbi et al. ont montré que, par rapport à l'utilisation d'une PEP de 10 cmH₂O seule, l'association d'une manœuvre de recrutement alvéolaire et d'une PEP de 10 cmH₂O était associée à une amélioration de la compliance du système respiratoire et de l'oxygénation chez des patients obèses opérés d'une chirurgie de gastroplastie par laparoscopie

[26]. De façon intéressante, l'utilisation d'une manœuvre de recrutement alvéolaire seule (sans PEP) était dénuée de toute efficacité clinique.

3.3. EN CAS DE DÉ-RECRUTEMENT ALVÉOLAIRE

Les situations cliniques à risque de dé-recrutement alvéolaire (perte d'aération) sont évidemment moins fréquentes au bloc opératoire qu'en réanimation. Toutefois, les déconnexions (accidentelles ou non) du ventilateur et les aspirations bronchiques exposent à risque spécifique. Dans un travail réalisé chez 9 patients curarisés et ventilés en mode volume contrôlé (VT 6-8 ml/kg), Maggiore et al. ont montré que la réalisation d'une aspiration bronchique avec déconnexion du ventilateur était responsable d'une perte moyenne de volume pulmonaire de 1466 ± 586 ml et d'une diminution moyenne de SpO_2 de $9,2 \pm 7,6$ %, et que l'application d'une manœuvre de recrutement alvéolaire permettait de corriger la perte de volume pulmonaire [27].

3.4. CHEZ TOUT LE MONDE ?

Comme nous l'avons évoqué, la formation d'atélectasies est commune lors de toute intervention chirurgicale sous anesthésie générale. De même, l'utilisation d'une stratégie de ventilation protectrice, incluant une réduction du niveau de VT et une PEP modérée, expose à un dé-recrutement alvéolaire. Dès lors, même si le risque de complications pulmonaires postopératoires est faible en l'absence de risque spécifiques [7] et si une évaluation soigneuse du rapport bénéfice-risque doit être envisagée, il n'est pas illogique d'évoquer la possibilité de réaliser un recrutement alvéolaire systématique. Ainsi, dans un travail ayant inclus 400 patients opérés d'une chirurgie abdominale (étude IMPROVE), notre groupe de travail a montré que l'utilisation d'une stratégie de ventilation composée d'un VT de 6-8 ml/kg de poids idéal théorique, d'une PEP de 6-8 cmH₂O et incluant l'application systématique et répétée de manœuvres de recrutement alvéolaire (CPAP 30 cmH₂O pendant 30 sec ; médiane de 9 [intervalle interquartile, 6-8] procédures) était associée à une diminution du risque de complications pulmonaires et extra-pulmonaires graves dans les 7 premières journées postopératoires.

CONCLUSION

De nombreux arguments plaident pour l'adoption au bloc opératoire, comme en réanimation, de stratégies de ventilation protectrice afin de limiter le risque de lésions pulmonaires induites par la ventilation mécanique. Même si d'autres travaux sont évidemment nécessaires afin de mieux identifier les patients pouvant en bénéficier de même que les modalités permettant de qualifier et quantifier simplement les effets du recrutement, la réalisation de manœuvres de recrutement alvéolaire apparaît comme un élément important d'une stratégie de ventilation protectrice. Il est probable que l'intégration de procédures de recrutement alvéolaire automatisées dans les ventilateurs d'anesthésie constituera une étape essentielle dans les années à venir.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med.* 2013;369:2126-36.
- [2] The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2000;342:1301-8.

- [3] Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, Pascal J, Eurin M, Neuschwander A, et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *N Engl J Med*. 2013;369:428-37.
- [4] Hemmes SN, Gama de Abreu M, Pelosi P, Schultz MJ. High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*. 2014;384:495-503.
- [5] Serpa Neto A, Cardoso SO, Manetta JA, Pereira VG, Esposito DC, Pasqualucci Mde O, et al. Association between use of lung-protective ventilation with lower tidal volumes and clinical outcomes among patients without acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis. *JAMA*. 2012;308:1651-9.
- [6] Serpa Neto A, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Biehl M, Binnekade JM, et al. Protective versus Conventional Ventilation for Surgery: A Systematic Review and Individual Patient Data Meta-analysis. *Anesthesiology*. 2015;123:66-78.
- [7] Futier E, Marret E, Jaber S. Perioperative positive pressure ventilation: an integrated approach to improve pulmonary care. *Anesthesiology*. 2014;121:400-8.
- [8] Suzumura EA, Figueiro M, Normilio-Silva K, Laranjeira L, Oliveira C, Buehler AM, et al. Effects of alveolar recruitment maneuvers on clinical outcomes in patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2014;40:1227-40.
- [9] Severgnini P, Selmo G, Lanza C, Chiesa A, Frigerio A, Bacuzzi A, et al. Protective Mechanical Ventilation during General Anesthesia for Open Abdominal Surgery Improves Postoperative Pulmonary Function. *Anesthesiology*. 2013;118:1307-21.
- [10] Lim SC, Adams AB, Simonson DA, Dries DJ, Broccard AF, Hotchkiss JR, et al. Transient hemodynamic effects of recruitment maneuvers in three experimental models of acute lung injury. *Crit Care Med*. 2004;32:2378-84.
- [11] Claesson J, Lehtipalo S, Bergstrand U, Arnerlov C, Winso O. Negative mesenteric effects of lung recruitment maneuvers in oleic acid lung injury are transient and short lasting. *Crit Care Med*. 2007;35:230-8.
- [12] Halter JM, Steinberg JM, Schiller HJ, DaSilva M, Gatto LA, Landas S, et al. Positive end-expiratory pressure after a recruitment maneuver prevents both alveolar collapse and recruitment/derecruitment. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167:1620-6.
- [13] Reinius H, Jonsson L, Gustafsson S, Sundbom M, Duvernoy O, Pelosi P, et al. Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study. *Anesthesiology*. 2009;111:979-87.
- [14] Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri VM, Quintel M, et al. Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2006;354:1775-86.
- [15] Albert SP, DiRocco J, Allen GB, Bates JH, LaFollette R, Kubiak BD, et al. The role of time and pressure on alveolar recruitment. *J Appl Physiol* (1985). 2009;106:757-65.
- [16] Rothen HU, Sporre B, Engberg G, Wegenius G, Hedenstierna G. Re-expansion of atelectasis during general anaesthesia: a computed tomography study. *Br J Anaesth*. 1993;71:788-95.
- [17] Rothen HU, Neumann P, Berglund JE, Valtysson J, Magnusson A, Hedenstierna G. Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1999;82:551-6.
- [18] Arnal JM, Paquet J, Wysocki M, Demory D, Donati S, Granier I, et al. Optimal duration of a sustained inflation recruitment maneuver in ARDS patients. *Intensive Care Med*. 2011;37:1588-94.
- [19] Turki M, Young MP, Wagers SS, Bates JH. Peak pressures during manual ventilation. *Respir Care*. 2005;50:340-4.
- [20] Delay JM, Sebbane M, Jung B, Nocca D, Verzilli D, Pouzeratte Y, et al. The effectiveness of noninvasive positive pressure ventilation to enhance preoxygenation in morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesth Analg*. 2008;107:1707-13.
- [21] Futier E, Constantin JM, Pelosi P, Chanques G, Massone A, Petit A, et al. Noninvasive Ventilation and Alveolar Recruitment Maneuver Improve Respiratory Function during and after Intubation of Morbidly Obese Patients: A Randomized Controlled Study. *Anesthesiology*. 2011;114:1354-63.
- [22] De Jong A, Futier E, Millot A, Coisel Y, Jung B, Chanques G, et al. How to preoxygenate in operative room: healthy subjects and situations «at risk». *Ann Fr Anesth Reanim*. 2014;33:457-61.
- [23] Lumb AB, Greenhill SJ, Simpson MP, Stewart J. Lung recruitment and positive airway pressure before extubation does not improve oxygenation in the post-anaesthesia care unit: a randomized clinical trial. *Br J Anaesth*. 2010;104:643-7.

- [24] Futier E, Constantin JM, Pelosi P, Chanques G, Kwiatkoski F, Jaber S, et al. Intraoperative recruitment maneuver reverses detrimental pneumoperitoneum-induced respiratory effects in healthy weight and obese patients undergoing laparoscopy. *Anesthesiology*. 2010;113:1310-9.
- [25] Cinnella G, Grasso S, Spadaro S, Rauseo M, Mirabella L, Salatto P, et al. Effects of recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics and transpulmonary pressure during laparoscopic surgery. *Anesthesiology*. 2013;118:114-22.
- [26] Almarakbi WA, Fawzi HM, Alhashemi JA. Effects of four intraoperative ventilatory strategies on respiratory compliance and gas exchange during laparoscopic gastric banding in obese patients. *Br J Anaesth*. 2009;102:862-8.
- [27] Maggiore SM, Lellouche F, Pigeot J, Taille S, Deye N, Durrmeyer X, et al. Prevention of endotracheal suctioning-induced alveolar derecruitment in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167:1215-24.