

## Surveillance de la ventilation au bloc opératoire

E. Futier, J. Pascal, J.M. Constantin

*Département Anesthésie et Réanimation, hôpital Estaing, CHU de Clermont-Ferrand, 1 place Lucie Aubrac,  
63003 Clermont-Ferrand cedex 1*

Courriel : [efutier@chu-clermontferrand.fr](mailto:efutier@chu-clermontferrand.fr)

### POINTS ESSENTIELS

- La surveillance de la ventilation est un élément fondamental de la prise en charge au bloc opératoire.
- La surveillance débute dès la phase d'induction anesthésique lors de la préoxygénation du patient.
- Plus qu'une surveillance, un monitoring ventilatoire minimaliste intégrera :
  - le monitoring de l'oxymétrie de pouls (SpO<sub>2</sub>) et de la capnométrie (PETCO<sub>2</sub>) ;
  - le monitoring de la pression des voies aériennes (P<sub>max</sub>AW et P<sub>PLAT</sub>) et du volume courant (VT) délivré au patient, quel que soit le mode ventilatoire utilisé ;
  - le dépistage de l'apparition d'une auto-PEP et les moyens de la corriger (fréquence respiratoire et rapport I/E) ;
  - le monitoring de la mécanique respiratoire, notamment des modifications de la compliance du système respiratoire.

### INTRODUCTION

La ventilation mécanique peropératoire s'adresse dans l'immense majorité des cas à des patients aux poumons sains. L'enquête de la Société française d'anesthésie et de réanimation (Sfar) publiée en 2006 a toutefois rappelé que la survenue de complications respiratoires restait une cause importante des décès périopératoires (1). Plusieurs travaux expérimentaux et cliniques récents ont suggéré qu'une approche raisonnée de la ventilation mécanique, notamment par le choix des niveaux de volume courant délivrés au patient, était susceptible d'influer sur le devenir des patients. Si la surveillance de l'efficacité de la ventilation mécanique, en termes d'échanges gazeux principalement, est un prérequis incontournable lors de toute anesthésie générale, il est logique aujourd'hui d'envisager une surveillance des effets délétères potentiels de nos stratégies de ventilation mécanique.

## MONITORAGE DE LA VENTILATION AU BLOC OPÉRATOIRE : LES INDISPENSABLES

Le but du monitoring est de donner des informations sur la situation clinique du malade, afin d'en améliorer la prise en charge. Notre impératif est de garantir la sécurité du malade et donc de dépister précocement un défaut d'oxygénation et la survenue de complications. À ce titre, le bénéfice de l'implémentation dans les blocs opératoires et de l'utilisation en routine de la capnométrie (mesure continue de la concentration en  $\text{CO}_2$  [ou  $\text{PETCO}_2$ ] dans le circuit) est fortement suggéré (1). En dépit de certaines limites (présence d'un capnogramme malgré une intubation œsophagienne par la présence de  $\text{CO}_2$  dans l'estomac, ...), la mesure de la  $\text{PETCO}_2$  fournit des informations cliniques importantes dans de nombreuses situations (2). Il est toutefois important de rappeler que la  $\text{PETCO}_2$  ne peut se substituer totalement à la  $\text{PaCO}_2$  et que son interprétation doit prendre en compte le contexte clinique (3).

La préoxygénation, qui consiste en l'administration d'une concentration inspirée d'oxygène de 100% au travers d'un masque facial, constitue le prérequis de toute induction anesthésique afin de limiter le risque d'hypoxémie et accroître la marge de sécurité avant contrôle des voies aériennes (4). L'administration adéquate d'oxygène est particulièrement critique lors de difficultés prévisibles de ventilation au masque et/ou d'intubation trachéale. Outre le monitoring habituel de la  $\text{SpO}_2$ , la mesure de la fraction inspirée en oxygène sur le circuit inspiratoire est une obligation permettant de détecter l'administration d'un mélange n'ayant pas la bonne composition en oxygène. L'analyse de la fraction expirée en oxygène ( $\text{FEO}_2$ ), et plus spécifiquement l'obtention d'une  $\text{FEO}_2$  supérieure à 90%, permet d'apprécier la qualité de la préoxygénation en évaluant la quantité totale de l'air alvéolaire remplacée par de l'oxygène sans toutefois fournir d'informations sur la quantité des réserves (5). À ce titre, quelques travaux récents ont montré que l'utilisation de la ventilation non-invasive seule (6, 7), ou associée à la mise en position proclive (8), permettait d'améliorer l'efficacité de la préoxygénation en termes d'augmentation de la  $\text{FEO}_2$ , de la  $\text{PaO}_2$  et du volume pulmonaire de fin d'expiration (ou capacité résiduelle fonctionnelle, CRF).

La détection précoce d'épisodes d'hypoxémie par le monitoring continu de l'oxymétrie de pouls ( $\text{SpO}_2$ ) est indispensable lors de toute anesthésie générale. Des études réalisées dans la période per- ou postopératoire d'interventions chirurgicales diverses rapportent une incidence d'hypoxémie de 20 à 80% selon les critères retenus en termes de durée et de sévérité de l'épisode. L'utilisation de la  $\text{SpO}_2$  en anesthésie a permis de réduire le taux d'admission non prévue en réanimation de 64 à 25 pour 10 000 patients (9).

Le monitoring des courbes débit-volume et pression-volume (**fig. 1**) est disponible sur la plupart des ventilateurs de dernière génération. Bien qu'elles ne soient pas obtenues en condition statique (ou quasi statique), l'analyse des données fournies peut être utile pour réaliser le diagnostic positif d'une obstruction bronchique, d'une modification de la compliance du système respiratoire (c'est-à-dire du couple poumon-paroi thoracique), de l'existence ou de l'apparition d'une auto-PEP.

## VENTILATION À VOLUME OU PRESSION CONTRÔLÉE : QUELLES SPÉCIFICITÉS DE MONITORAGE ?

La ventilation mécanique bloc opératoire est encore aujourd'hui l'apanage de deux modalités principales : le mode volume contrôlé (VC) et le mode pression contrôlée (PC). En dépit d'une littérature extrêmement abondante ces dernières années, il n'existe pas actuellement d'argument formel permettant de privilégier l'emploi d'un mode au dépend de l'autre. Il est important de comprendre qu'en dépit d'une approche conceptuellement différente (débit décélérant et pression fixe en mode barométrique, débit carré et volume courant fixe en mode volumétrique), il n'existe pas de réelles différences entre ces modes dès que le niveau d'assistance ventilatoire délivré est équivalent :

- En mode VC, le ventilateur délivre au patient un volume fixe (réglé par le clinicien) et génère une pression qui est dépendante des caractéristiques mécaniques du système respiratoire. On comprend donc aisément qu'une modification des composantes thoracique (peu fréquent en anesthésie) ou pulmonaire (notamment de la compliance, par exemple lors de la constitution d'atélectasies) en cours d'anesthésie est susceptible de faire varier la pression maximale ( $P_{\text{max}_{\text{AW}}}$ ) des voies aériennes.
- En mode PC, le clinicien détermine un niveau de pression d'insufflation et c'est alors le volume transmis au système respiratoire qui est susceptible d'être influencé par une modification des caractéristiques du système (donc de la compliance, en pratique).

L'intérêt majeur du mode VC réside donc la maîtrise du niveau de volume courant (VT) délivré au patient. A contrario, le risque principal du mode PC est une diminution progressive du volume délivré en cas de modification de l'impédance du système respiratoire (compliance et/ou résistance). Dans ce cas de figure, seule une augmentation du niveau de pression d'insufflation permettra d'obtenir le VT attendu.

Quel que soit le mode ventilatoire utilisé, il faut comprendre que la pression responsable d'une distension pulmonaire est la pression transpulmonaire, différence entre la pression alvéolaire et la pression pleurale. La pression régnant au niveau alvéolaire peut être approchée par la mesure de la pression de plateau ( $P_{\text{PLAT}}$ ), obtenue en fin d'inspiration à débit nulle (par l'application d'une pause télé-inspiratoire). Ainsi, en cas d'altération élective de la compliance, la pression de plateau générée peut être élevée alors que la pression transpulmonaire sera constante (en raison d'une augmentation contemporaine de la pression pleurale). La présence d'une pression d'insufflation élevée n'a pas nécessairement valeur de risque de barotraumatisme (cas du patient BPCO par la présence de modifications des propriétés élastiques et résistives). La pression de plateau ne doit donc pas être confondue avec la pression d'insufflation maximale, cette dernière étant finalement peu informative et souvent faussement rassurante. Enfin, la supériorité du débit décélérant (tel qu'il est obtenu en mode PC) sur un débit carré (tel qu'il est obtenu en mode VC) demeure hypothétique et d'une faible relevance clinique.

Un dernier élément en prendre en compte impérativement lors du monitoring de la ventilation est l'existence ou non d'une auto-PEP dont les conséquences, en termes hémodynamiques notamment, peuvent être délétères. L'auto-PEP résulte le plus souvent d'une augmentation des résistances bronchiques, chez un patient BPCO par exemple ou

provoquée par une réduction du calibre bronchique (quelle qu'en soit la cause). Toutefois, une hyperinflation dynamique peut survenir en l'absence d'augmentation des résistances bronchiques si les réglages du ventilateur sont inadaptés et conduisant à un temps expiratoire inférieur au temps de relaxation. Bien qu'une mesure précise soit difficile sur les ventilateurs d'anesthésie (absence de pause expiratoire), il est possible par la simple analyse de la courbe de débit sur l'écran du ventilateur de détecter la présence d'une auto-PEP. L'absence de retour à zéro du signal de débit avant que ne débute l'insufflation suivante doit faire évoquer le diagnostic et entreprendre les mesures correctrices ad hoc (réduction de la fréquence respiratoire, augmentation du temps expiratoire, ...).

## **QUELS RISQUES D'UNE VENTILATION MÉCANIQUE MAL CONDUITE ?**

Plusieurs travaux expérimentaux récents ont montré que la ventilation mécanique avait le potentiel d'aggraver voire d'initier des lésions pulmonaires (lésions pulmonaires induites par la ventilation mécanique ou VILI) que les poumons soient antérieurement sains ou lésés (10, 11). L'implication de niveaux de volume courant élevés (c'est-à-dire supérieurs à 10-12 ml/kg de poids idéal théorique) dans le développement de lésions dites de volo-traumatisme (phénomène de cisaillement alvéolaire) est fortement suggérée par plusieurs travaux (10, 12). Si la question demeure encore débattue quant au niveau optimal de VT au bloc opératoire, il n'existe actuellement pas d'arguments physiopathologiques objectifs permettant de supporter l'emploi de volumes courants élevés au bloc opératoire.

La formation d'atélectasies est un phénomène commun lors de toute anesthésie générale (13), favorisée entre autres choses par l'utilisation de fractions inspirées en oxygène ( $FiO_2$ ) élevées, par la diminution du tonus musculaire, par la position déclive prolongée ou la monotonie ventilatoire (14). Des données récentes ont également montré que la formation d'atélectasies était également susceptible de générer des dommages alvéolaires dans les zones pulmonaires saines homo- et controlatérales (15). La prévention et la réouverture de zones pulmonaires collabées sont un objectif de la prise en charge ventilatoire au bloc opératoire (16), tout particulièrement chez le patient obèse à risque élevé de complications pulmonaires postopératoires (17). L'utilisation d'une PEP et de manœuvre de recrutement alvéolaire ont démontré leur efficacité pour améliorer l'oxygénation et réduire l'importance des atélectasies en peropératoire (18). Il n'existe actuellement pas de moyen simple de monitoring tant de la formation d'atélectasies que de l'efficacité des thérapeutiques et moyens de prévention (PEP et/ou manœuvre de recrutement alvéolaire) mises en place. Néanmoins, une réduction de la compliance pulmonaire en peropératoire, particulièrement lors de situations favorisantes (coelioscopie, ...) peut faire évoquer le diagnostic de collapsus alvéolaire (18, 19). De même, le suivi évolutif de la compliance après réalisation d'une manœuvre de recrutement et application d'une PEP peut renseigner efficacement sur le bénéfice des mesures entreprises.

## **CONCLUSION**

Le monitoring de la ventilation au bloc opératoire est un élément fondamental de notre prise en charge. Celui-ci doit permettre de détecter et prendre en charge précocement la survenue d'une complication, mais également le réglage inadéquat et potentiellement délétère des

paramètres ventilatoires. En outre, le transfert du concept de ventilation protectrice de la réanimation au bloc opératoire, associant une réduction de volume courant, l'application d'une PEP et la réalisation de manœuvre de recrutement, suppose d'envisager le développement de moyens efficaces de monitoring tant de l'efficacité que de l'innocuité des stratégies mises en œuvre.

## RÉFÉRENCES

1. Lienhart A, Auroy Y, Pequignot F, Benhamou D, Warszawski J, Bovet M, et al. Survey of anesthesia-related mortality in France. *Anesthesiology*. 2006; 105: 1087-97.
2. Buhre W, Rossaint R. Perioperative management and monitoring in anaesthesia. *Lancet*. 2003; 362: 1839-46.
3. Brodsky JB. What intraoperative monitoring makes sense? *Chest*. 1999; 115: 101S-5S.
4. Edmark L, Kostova-Aherdan K, Enlund M, Hedenstierna G. Optimal oxygen concentration during induction of general anesthesia. *Anesthesiology*. 2003; 98: 28-33.
5. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2003; 98: 1269-77.
6. 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.
7. 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.
8. Dixon BJ, Dixon JB, Carden JR, Burn AJ, Schachter LM, Playfair JM, et al. Preoxygenation is more effective in the 25 degrees head-up position than in the supine position in severely obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology*. 2005; 102: 1110-5.
9. Cullen DJ, Nemeskal AR, Cooper JB, Zaslavsky A, Dwyer MJ. Effect of pulse oximetry, age, and ASA physical status on the frequency of patients admitted unexpectedly to a postoperative intensive care unit and the severity of their anesthesia-related complications. *Anesthesia and analgesia*. 1992; 74: 181-8.
10. Wolthuis EK, Vlaar AP, Choi G, Roelofs JJ, Juffermans NP, Schultz MJ. Mechanical ventilation using non-injurious ventilation settings causes lung injury in the absence of pre-existing lung injury in healthy mice. *Critical care*. 2009; 13: R1.
11. Wolthuis EK, Choi G, Dessing MC, Bresser P, Lutter R, Dzoljic M, et al. Mechanical ventilation with lower tidal volumes and positive end-expiratory pressure prevents pulmonary inflammation in patients without preexisting lung injury. *Anesthesiology*. 2008; 108: 46-54.
12. Gajic O, Dara SI, Mendez JL, Adesanya AO, Festic E, Caples SM, et al. Ventilator-associated lung injury in patients without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation. *Critical care medicine*. 2004; 32: 1817-24.

13. Rothen HU, Sporre B, Engberg G, Wegenius G, Reber A, Hedenstierna G. Atelectasis and pulmonary shunting during induction of general anaesthesia--can they be avoided? *Acta Anaesthesiol Scand.* 1996; 40: 524-9.
14. Magnusson L, Spahn DR. New concepts of atelectasis during general anaesthesia. *Br J Anaesth.* 2003; 91: 61-72.
15. Tsuchida S, Engelberts D, Peltekova V, Hopkins N, Frndova H, Babyn P, et al. Atelectasis causes alveolar injury in nonatelectatic lung regions. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006; 174: 279-89.
16. Tusman G, Böhm SH. Prevention and reversal of lung collapse during the intra-operative period. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2010; 24: 183-97.
17. Eichenberger A, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, et al. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg.* 2002; 95: 1788-92, table of contents.
18. 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.
19. 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.

Figure 1. Aspect caractéristique de courbes dynamiques Débit-Volume (A) et Pression-Volume (B).

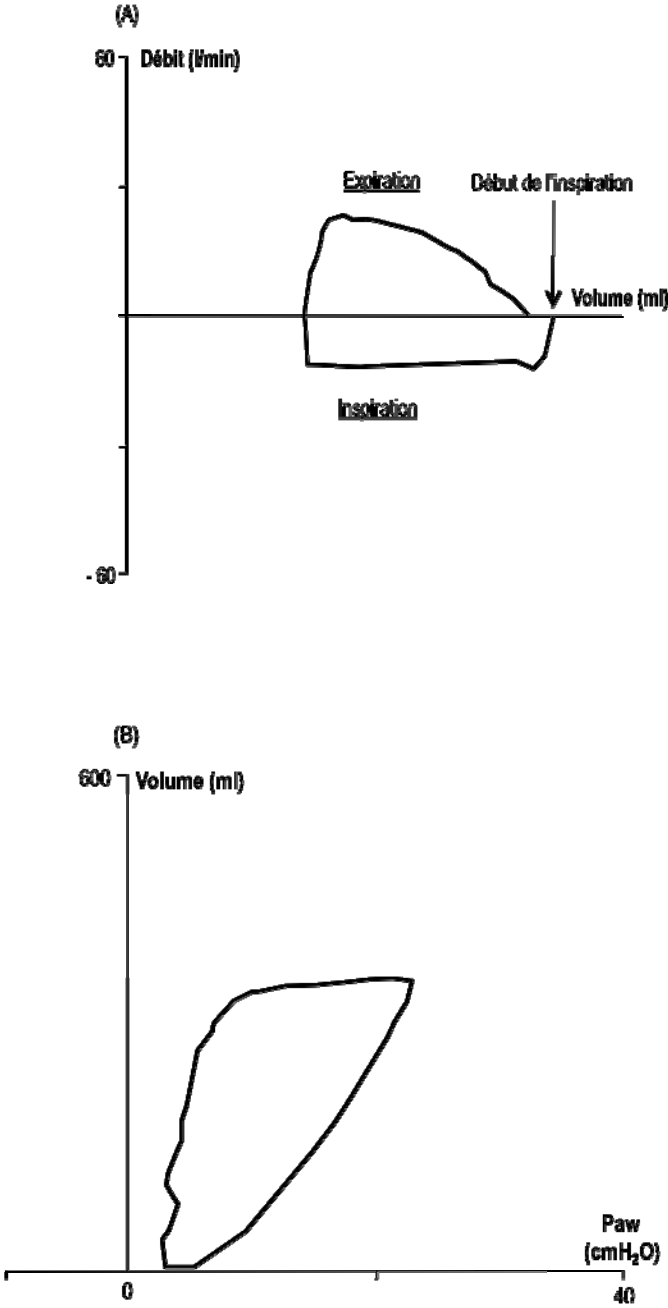


Figure 2.- Aspect caractéristique des courbes de pression et de débit lors des modes pression contrôlée et volume contrôlé.

