

Les nouveaux modes ventilatoires au
bloc opératoire

François Banchereau, Maryline Bordes, Anne-Marie Cros

(Bordeaux)

L'anesthésie générale entraîne des altérations du contrôle respiratoire et de la mécanique respiratoire. L'effet des médicaments de l'anesthésie entraîne une diminution du volume courant et de la ventilation minute. Les morphiniques potentialisent cette hypoventilation en inhibant l'augmentation de la fréquence ventilatoire. La diminution de la sensibilité des centres respiratoires à l'hypoxie et à l'hypercapnie associée à l'effet respiratoire des médicaments de l'anesthésie est responsable d'une hypoventilation. L'anesthésie générale entraîne une baisse de la capacité résiduelle fonctionnelle due au déplacement vers le haut du diaphragme et une diminution des forces élastiques de recul de la cage thoracique [1,2]. La sonde endotrachéale augmente les résistances ventilatoires. La ventilation contrôlée assure une ventilation alvéolaire adéquate permettant une normocapnie et une normoxie. Cependant, la ventilation conventionnelle en volume contrôlé s'accompagne d'une augmentation des pressions intra-thoraciques qui peuvent avoir des effets délétères hémodynamiques et barotraumatiques. D'autre part, la diminution ou l'abolition de l'activité diaphragmatique due à la ventilation en volume contrôlé s'accompagne d'atélectasies responsables d'hypoxie postopératoire [1,2]. L'apparition, ces dernières années, de stations d'anesthésie dotées de nouveaux modes ventilatoires utilisés en réanimation apporte un début de réponse à ces problèmes.

1. Mode pression contrôlée

1.1. Mode de fonctionnement

La ventilation en pression contrôlée est un mode de ventilation mécanique dont les cycles ventilatoires sont déclenchés avec une fréquence fixe réglée, limités en pression et de durée déterminée par le respirateur en fonction du réglage de la fréquence et du rapport I/E. La différence essentielle entre les modes volume et pression contrôlés est le débit inspiratoire. En mode volume contrôlé, le débit inspiratoire est constant de forme carrée (fig. 1). À l'inverse, en mode pression contrôlée, le débit est décélérant : il est d'emblée maximum dès le début de l'inspiration, puis il décroît progressivement (fig. 2). Cette différence de débit entraîne une modification de la courbe de la pression dans les voies aériennes. En mode volume contrôlé, la pression augmente progressivement pendant le temps inspiratoire pour atteindre un pic à la fin de l'inspiration (la pression de crête) (fig. 1). En mode pression

contrôlée, la pression est d'emblée maximale et reste constante pendant le temps inspiratoire (fig. 2). Dans ce mode ventilatoire, le volume courant n'est pas garanti. Il dépend du niveau de pression réglée, mais aussi du rapport I/E (une augmentation du temps inspiratoire entraîne une augmentation du volume courant) et des propriétés mécaniques thoracopulmonaires du patient. Ainsi, une augmentation des résistances ou une diminution de la compliance thoracopulmonaire du patient entraîne une chute du volume courant (VT).

Les valeurs à régler en mode contrôlé sont la pression d'insufflation, le rapport I/E et la fréquence. Le monitoring doit porter sur le VT (courbe pression/volume) et sur la ventilation minute.

1.2. Avantages ventilatoires

La modification du débit peut influencer sur les échanges gazeux. Ceci a été montré en réanimation [3]. Le débit décélérant améliore la ventilation alvéolaire et optimise les échanges gazeux chez les patients en insuffisance respiratoire aiguë. L'amélioration de l'oxygénation s'accompagne d'une diminution de la pression de crête [3,4]. Le débit décélérant semble être à la base de l'amélioration des échanges gazeux et de la ventilation alvéolaire comme il a été montré sur un modèle porcin de SDRA [5].

En anesthésie, dans le contexte chirurgical, le mode pression contrôlée améliore les échanges gazeux et diminue les pressions de crête. Ceci a été prouvé par plusieurs études. La meilleure répartition de la ventilation alvéolaire pourrait limiter l'apparition d'atélectasies. La baisse de la pression de crête diminue le risque de barotraumatisme et les fuites de gaz pendant l'inspiration [6]. Ceci est particulièrement intéressant en pédiatrie lors de l'utilisation de sonde sans ballonnet et lors de la ventilation contrôlée avec un masque laryngé. Toute fuite est compensée par le respirateur et la pression pré-réglée est maintenue [9].

1.3. Indications en anesthésie

En chirurgie thoracique, la ventilation unipulmonaire s'accompagne d'une majoration du shunt intrapulmonaire responsable d'une détérioration des échanges gazeux. L'étude de Tugül et coll., réalisée chez 48 patients ventilés, programmés pour chirurgie d'exérèse

pulmonaire et ventilés alternativement en unipulmonaire en volume et en pression contrôlés, a montré une réduction de la pression de crête, une amélioration de la PaO₂ et une réduction du shunt intrapulmonaire sans modification du VT ni de la fréquence [7]. La conclusion de cette étude était que la ventilation en pression contrôlée doit être considérée comme le mode de référence en chirurgie thoracique. Une autre étude a montré que ce mode ventilatoire permet, chez les patients opérés de prothèse totale de hanche en décubitus latéral, d'obtenir des pressions ventilatoires plus basses pour un même VT comparé au mode volume contrôlé [8]. Des résultats semblables ont été rapportés lors de la chirurgie cœlioscopique [9]. Deux études, réalisées chez l'adulte et l'enfant, ont montré que la pression de crête était plus basse en mode pression contrôlée qu'en mode volume contrôlé lors de la ventilation avec un masque laryngé [10,11]. Natalini et coll ont ventilé 32 patients adultes avec un masque laryngé (ML) en mode volume puis pression contrôlée avec le même VT. La pression de crête était inférieure en mode pression contrôlée ($14,6 \pm 3,5$ cmH₂O vs 16 ± 4 cmH₂O). Cette différence était d'autant plus marquée que la pression de crête était élevée avec le mode volume contrôlé [10]. Le même travail a été réalisé en pédiatrie, la pression de crête était significativement plus élevée en mode volume contrôlé ($16,7 \pm 2,3$ cmH₂O vs $14,1 \pm 1,6$ cmH₂O) [11]. La pression de crête dépassait 20 cmH₂O chez six patients en volume contrôlé uniquement. Une autre étude réalisée avec le même protocole a trouvé des résultats similaires [12]. Dans cette étude, la pression de fuite a été mesurée chez chaque patient après la pose du ML. Elle était de $16,4 \pm 3,5$ cmH₂O. La pression de crête était plus basse en mode pression contrôlée ($12,4 \pm 2,6$ cmH₂O vs $14,6 \pm 2,8$ cmH₂O). Quatre enfants avaient, en mode volume contrôlé, une pression de crête supérieure à la pression de fuite. Une insufflation gastrique a été décelée par auscultation chez l'un d'entre eux. La pression contrôlée est utilisée depuis longtemps en anesthésie pédiatrique avec les sondes sans ballonnet [6]. De plus, les cycles générés en pression contrôlée se prêtent à l'assistance respiratoire partielle.

2. Aide Inspiratoire

2.1. Mode de fonctionnement

L'aide inspiratoire (AI) est un cycle en pression contrôlée déclenché par le patient. C'est un mode de ventilation spontanée avec assistance partielle. L'aide inspiratoire repose sur

le principe d'un débit inspiratoire décélérant déclenché soit sur un signal de pression, soit sur un signal de débit. Ce dernier est plus performant. Au cours de l'inspiration, l'effort du patient diminue jusqu'à l'obtention du plateau de pression pré-réglé. L'aide inspiratoire s'annule sur un signal de débit dès que le patient déclenche l'expiration. Il est utile de régler un temps inspiratoire maximum afin d'éviter une insufflation permanente en cas de fuite sur le circuit. Le réglage des paramètres de l'aide inspiratoire comprend le niveau d'aide qui est lié au volume courant délivré, la durée maximale de l'inspiration et la sensibilité du trigger inspiratoire. La fréquence minimale est un élément de sécurité et de diminution de risque. Si la fréquence ventilatoire du patient devient inférieure à cette fréquence minimale, il peut alors être ventilé en mode pression contrôlée avec les pré-réglages de l'aide inspiratoire. En d'autres termes, le ventilateur reprend la main si le patient présente une apnée durable et s'efface devant le patient dès que ce dernier reprend une ventilation spontanée. La ventilation d'apnée est une fonctionnalité indispensable pour utiliser l'aide inspiratoire en anesthésie.

2.2. Apport de l'aide inspiratoire

L'aide inspiratoire corrige l'effet dépresseur ventilatoire de l'anesthésie et permet la normalisation du volume courant et de la ventilation alvéolaire. L'aide inspiratoire permet le maintien d'une activité diaphragmatique spontanée, ce qui devrait limiter les aires d'atélectasies des bases pulmonaires [1]. De plus, l'aide inspiratoire réduit le travail respiratoire du patient augmenté par l'effet de l'anesthésie sur les muscles respiratoires et l'augmentation des résistances due à la sonde d'intubation et au circuit. Le réglage du niveau d'aide permet soit d'assister partiellement le patient, soit de limiter l'activité spontanée au déclenchement du respirateur.

2.3. Indications de l'aide inspiratoire en anesthésie

L'aide inspiratoire commence juste à se développer en anesthésie et seuls les ventilateurs de dernière génération en sont équipés. Deux travaux sur l'apport de l'AI lors de l'induction ont été présentés cette année au congrès de la Société Française d'Anesthésie-Réanimation [13,14]. L'un concerne l'induction au masque avec le sévoflurane chez l'adulte

[13]. Une aide réglée à 15 cmH₂O a permis la normalisation du volume courant, une anesthésie plus profonde (index bispectral plus bas) et un meilleur score à l'intubation. L'autre étude portait sur le maintien d'une ventilation spontanée lors de l'intubation avec fibroscope chez des patients ayant des signes prédictifs d'une ID et anesthésiés avec le propofol administré en AIVOC [14]. Dans cette étude, l'AI s'accompagne d'une augmentation du volume courant et d'une baisse de la FeCO₂. Deux autres études ont comparé la ventilation spontanée avec ou sans aide chez des patients sous anesthésie générale avec un masque laryngé chez l'adulte et chez l'enfant [15,16]. Sous aide inspiratoire, le volume courant et la ventilation alvéolaire augmentent. La tolérance est excellente. À ce jour, aucune étude n'a été publiée sur l'apport de l'AI au réveil anesthésique. D'autres travaux plus anciens réalisés avec des respirateurs de réanimation ont montré que l'AI diminuait le travail respiratoire des patients et limitait les fuites lors de la ventilation avec un ML. Le risque d'insufflation gastrique serait ainsi limité [17].

3. Conclusion

Les ventilateurs d'anesthésie de dernière génération sont équipés de modes ventilatoires peu utilisés jusqu'à ce jour en anesthésie. Certaines indications sont incontestables comme le mode en pression contrôlé en ventilation unipulmonaire et en ventilation contrôlée avec un ML. D'autres semblent prometteuses mais ont encore à faire leurs preuves. Ces modes ventilatoires, ainsi que la généralisation de la surveillance ventilatoire avec les courbes boucles, vont sûrement profondément modifier la prise en charge des voies aériennes et la ventilation en anesthésie.

Références

- [1] Reber A, Nylund U, Hedenstierna G. Position and shape of the diaphragm: implications for atelectasis formation. *Anaesthesia* 1998 ; 53 : 1054-61.
- [2] Rothen HU, Sporre B, Engberg G, Wegenius G, Hedenstierna G. Airway closure, atelectasis and gas exchange during general anaesthesia. *Br J Anaesth* 1998 ; 81 : 681-6.
- [3] Rappaport SH, Shpiner R, Yoshihara G, Wright J, Chang P, Abraham E. Randomized, prospective trial of pressure limited versus volume controlled ventilation in severe respiratory failure. *Crit Care Med* 1994 ; 22 : 22-32.
- [4] Davis K, Branson RD, Campbell RS, Porembka DT. Comparison of volume control and pressure control ventilation: is flow waveform the difference? *J Trauma* 1996 ; 41 : 808-14.
- [5] Markström AM, Lichtwarck-Ashoff M, Svensson BA, Nordgren KA, Sjöstrand UH. Ventilation with constant versus decelerating inspiratory flow in experimentally induced acute respiratory failure. *Anesthesiology* 1996 ; 84 : 882-9.
- [6] Beydon L, Bourgain JL. Les différents modes ventilatoires en anesthésie : intérêt et limites. In : *Troubles ventilatoires per- et postopératoires* JEPU ; 2003 p 25-34.
- [7] Tugzül M, Camci E, Karadentz H, Sentürk M, Pembeci K, Akpir K. Comparison of volume controlled with pressure controlled ventilation during one-lung anesthesia. *Br J Anaesth* 1997 ; 79 : 30610.
- [8] Ryckwaert Y, Capdevila X, Barthelet J, Dubourdiou J, Plasse C, Biboulet, et al. Comparaison des ventilations en pression contrôlée (VPC) et volume contrôlé (VVC) pendant les changements de compliance dynamique au cours de l'anesthésie générale. *Ann Fr Anesth Réanim* 1998 ; 17 : R 235.
- [9] Basto E, Mourey F, Waintrop C, Chazalet JJ, Roland E, Cattan P et al. Comparaison des ventilations en mode pression et volume contrôlé en chirurgie coelioscopique. *Ann Fr Anesth Réanim* 1998 ; 17 : R 329.
- [10] Natalini G, Facchetti P, Dicembini MA, Lanza G, Rosano A. Pressure controlled versus volume controlled ventilation with laryngeal mask airway. *J Clin Anesth* 2001 ; 13 : 436-9.
- [11] Keidan I, Berkenstadt H, Segal E, Perel A. Pressure versus volume-controlled ventilation with a laryngeal mask airway in paediatric patients. *Paediatr Anaesth* 2001 ; 11 : 691-4.
- [12] Bordes M, Semjen F, Plantade N, Marguerie C, Bourgain JL, Cros AM. Comparaison de deux modes ventilatoires volume contrôlé et pression contrôlée lors de la ventilation en pression positive avec le masque laryngé. *Ann Fr Anesth Réanim* 2001 ; 20 : R 081.
- [13] Hervé H, Banchereau F, Rossi H, Masson F, Bonnet A, Cros AM. Intérêt de l'aide inspiratoire lors de l'induction anesthésique au sévoflurane chez l'adulte. *Ann Fr Anesth Réanim* 2003 ; 22 : R 045.

- [14] Bourgain JL, Cros AM, Billard V. Aide inspiratoire pendant l'intubation sous fibroscopie et sédation au propofol. *Ann Fr Anesth Réanim* 2003 ; 22 : R 019.
- [15] Bernard N, Bringuier-Branchereau S, Motais F, Capdevila X. Ventilation peropératoire en aide inspiratoire : étude prospective randomisée comparative avec la pression contrôlée. *Ann Fr Anesth Réanim* 2003 ; 22 : R 046.
- [16] Hervé H, Quinart A, Rossi H, Didier A, Banchereau F, Cros AM. Evaluation clinique de l'aide inspiratoire lors de l'induction et l'entretien de l'anesthésie chez l'enfant. *Ann Fr Anesth Réanim* 2003 ; 22 : R 336.
- [17] Capdevila X, Lopez S. Intérêt de l'aide inspiratoire en période opératoire. In : *Ces techniques qui modifient la pratique de l'anesthésie* JEPU ; 2002. p85-95.

Figure 1

Pression et débit en mode volume contrôlé.

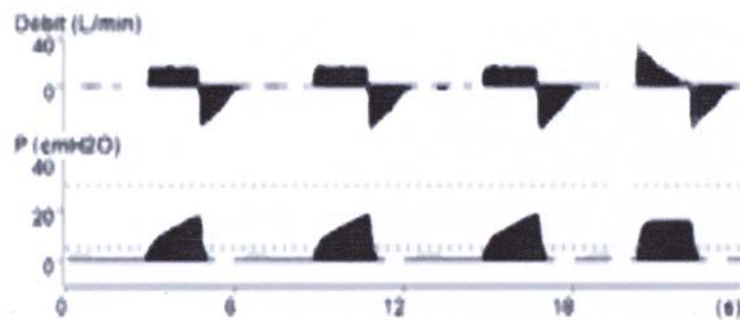


Figure 2

Pression et débit en mode pression contrôlée.

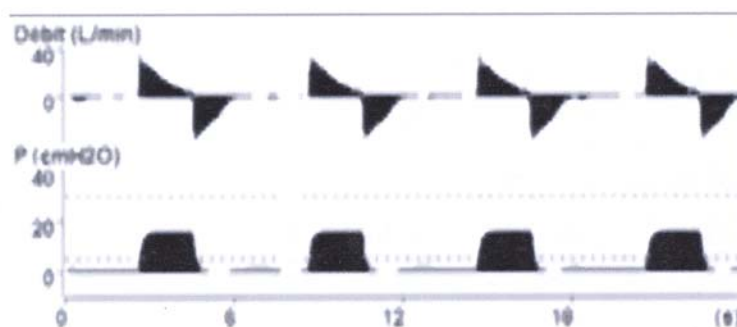


Figure 3

*Pression et débit en mode aide inspiratoire
(courbe grise : ventilateur ; courbe noire : patient).*

