

# «LA SECURISATION DU PNEUMOPERITOINE DEPEND DES FONCTIONNALITES QUE PROPOSE UN INSUFFLATEUR»

Pr A. Sezeur,<sup>1,2</sup>  
Service de Chirurgie Digestive  
Groupe Hospitalier Diaconesses-Croix St Simon  
125 rue d'Avron - Paris 75020 - France  
Tel/Fax: 01 44 74 28 74 / 01 44 74 28 75  
asezeur@hopital-dcss.org



## 1. INTRODUCTION

La généralisation de la chirurgie laparoscopique a tendance à faire oublier que le pneumopéritoine présente un risque propre parfois vital. La meilleure connaissance des modifications physiologiques induites par le pneumopéritoine a permis d'apporter de nouvelles fonctionnalités à l'insufflateur COMEG pour sécuriser le pneumopéritoine.

A l'état normal, la cavité abdominale est une cavité virtuelle à pression négative. La création d'un pneumopéritoine va entraîner des perturbations dues à l'augmentation de la pression intra abdominale qui devient positive.

## 2. LES PERTURBATIONS HÉMODYNAMIQUES LIÉES AU PNEUMOPÉRITOINE

Il est parfois difficile de faire la part des choses entre les effets liés à l'augmentation de la pression intra abdominale et les effets dus au CO<sub>2</sub> insufflé qui induit une hypercapnie et une acidose respiratoire.

Dans un premier temps, jusqu'à une pression intra abdominale de 5 à 8 mm de mercure (Hg), il existe une augmentation du retour veineux par chasse du sang splanchnique de l'abdomen qui provoque une augmentation du débit cardiaque.

Au-delà de 10 mm de mercure, la pression intra abdominale diminue le retour veineux. Cet effet est partiellement compensé par

une augmentation des résistances vasculaires périphériques due à l'hypercapnie qui favorise la sécrétion de Noradrénaline par stimulation sympathique. Le débit cardiaque chute progressivement au-delà de 12 mmHg en raison de l'augmentation des résistances vasculaires, de la diminution du retour veineux. Ces phénomènes deviennent significatifs au-dessus de 15 mmHg [1,2].

L'étude de Nagao et al. [3] a montré chez le porc, que le risque d'embolie gazeuse augmente si le débit d'insufflation initial est trop rapide ou si la pression intra abdominale est supérieure à 15 mm de mercure. Les conséquences en sont une modification de la fréquence cardiaque, voire des troubles du rythme cardiaque.

La prévention passe par

<sup>1</sup> Service de Chirurgie Digestive, Groupe Hospitalier Diaconesses-Croix St Simon, 125 rue d'Avron, Paris 75020, France.  
courriel: asezeur@hopital-dcss.org

<sup>2</sup> UPMC-Université Pierre et Marie Curie F-75005, Paris

une correction d'une éventuelle hypovolémie avant la création du pneumopéritoine. La curarisation du malade doit être complète et stable, si possible réalisée à la seringue électrique pour éviter toute augmentation brutale de la pression intra abdominale par décurarisation.

Il faut créer le pneumopéritoine progressivement avec un débit d'insufflation qui ne dépasse pas deux litres par minute avant d'atteindre la pression de consigne. Cela permet au patient de s'adapter progressivement aux nouvelles conditions hémodynamiques. C'est particulièrement vrai chez les patients âgés, cardiaques ou hypertendus où il y a des risques de désamorçage cardiaque. En conséquence, la pression de consigne de l'insufflateur ne doit jamais être programmée au-delà de 15 mmHg, au mieux ne pas dépasser 12 mmHg [1,4]. C'est pour cette raison que l'insufflateur COMEG a une fonctionnalité optionnelle qui permet d'insuffler à bas débit [2L/mn] jusqu'au moment où la pression de consigne a été atteinte. Il passe ensuite automatiquement en haut débit trois secondes après avoir atteint la pression de consigne.

En outre l'insufflateur est muni d'un système qui permet d'exsuffler automatiquement le pneumopéritoine en cas de surpression.

### 3. LES EFFETS RESPIRATOIRES DE L'AUGMENTATION DE LA PRESSION INTRA ABDOMINALE

La curarisation diminue la mobilité du diaphragme ce

qui entraîne des inégalités du rapport ventilation/perfusion au niveau des poumons. Il en résulte une augmentation de l'espace mort des bases pulmonaires [5]. Celui-ci est encore majoré par la position de Trendelenburg [1]. En outre la résorption du CO<sub>2</sub> majeure l'hypercapnie liée aux troubles de ventilation et favorise l'acidose.

### CONSÉQUENCES PRATIQUES

Il faut :

- Augmenter la ventilation pour compenser les conséquences respiratoires de l'augmentation de la pression intra abdominale [6],
- En cas d'hypercapnie, il faut arrêter le protoxyde d'azote qui modifie la composition gazeuse du pneumopéritoine et favorise le risque d'embolie gazeuse en raison de la faible solubilité de ce gaz [7],
- Si l'hypercapnie persiste, il faut supprimer le pneumopéritoine, attendre que les effets se corrigent et refaire le pneumopéritoine avec une pression de consigne inférieure.

### LES AUTRES EFFETS DU PNEUMOPÉRITOINE

- Tendance à l'oligurie en raison de la diminution de la perfusion rénale [8],
- Diminution de la circulation splanchnique,
- Une stase veineuse périphérique,
- Augmentation de la pression intracrânienne et de la pression intraoculaire qui contre-indique la coeliochirurgie en cas de glaucome à angle fermé ou d'hypertension intracrânienne [9,10],

- Tendance à l'hypothermie du patient causé par la température du gaz insufflé qui est souvent inférieure à 37°C. Le chauffage du gaz à l'intérieur de l'insufflateur ne modifie pas la tendance à l'hypothermie en raison de la perte de chaleur pendant le passage du gaz dans le tuyau d'insufflation et surtout à l'évaporation de l'humidité intra abdominale au contact du gaz sec.

Il faut être prudent, voire bannir l'insufflation de gaz non résorbable apportés par le biais d'un bistouri à argon, car cela modifie la composition gazeuse du pneumopéritoine. Il en résulte des accidents mortels. En effet, même si l'on ouvre les trocarts pendant l'utilisation de ces matériels, le CO<sub>2</sub> est rapidement remplacé par l'argon puisque l'insufflateur arrête de débiter du CO<sub>2</sub> car l'arrivée de l'argon maintient la pression de consigne intra abdominale constante. Nous avons été amenés à expertiser le décès d'un jeune homme par embolie gazeuse dans ces circonstances [11,12]. Le risque existe également avec les diffuseurs de colle biologique.

### 4. FONCTIONNEMENT DES INSUFFLATEURS

Schématiquement, l'insufflateur délivre un débit de CO<sub>2</sub> jusqu'à atteindre une pression intra abdominale prédéfinie. Le chirurgien a la possibilité de programmer :

1. le débit de CO<sub>2</sub> dans la limite des capacités de débit de l'appareil
2. la pression de consigne intra abdominale au-delà de laquelle l'insufflateur stoppe

automatiquement l'insufflation du gaz et exsuffle le surplus de gaz.

A partir de ce principe général, les différents constructeurs ont créé des appareils qui préviennent plus ou moins :

- les risques physiologiques liés au pneumopéritoine,
- la prévention des erreurs liées à la programmation de l'insufflateur,
- et/ou aux modifications brutales de la pression intra abdominale liée à l'anesthésie ou à l'acte opératoire.

Deux auteurs ont étudié les moyens d'augmenter les performances des insufflateurs, et de diminuer les risques pour les patients :

- L'article de Verdaasdonk et al. [13] a listé l'ensemble des problèmes techniques des équipements utilisés pour la laparoscopie. Cet auteur montre que 50% des problèmes rencontrés avec les insufflateurs sont liés à des erreurs de connexion et 50% à des erreurs de programmation,
- Jacobs et al. [4] ont listé 25 points afin d'améliorer les performances des insufflateurs.

Schématiquement, le volume insufflé dépend de la loi de Poiseuille qui montre que le flux de CO<sub>2</sub> est égal au rapport de la différence de pression divisée par les résistances rencontrées pour l'écoulement du gaz. Ainsi le flux de CO<sub>2</sub> diminue proportionnellement :

- à la valeur du plus petit rayon existant au niveau du circuit d'insufflation à la puissance 4,
- et à la longueur de ce circuit.

Beaucoup d'insufflateurs n'ont qu'une seule ligne pour insuffler et mesurer la pression intra abdominale. Ils sont donc obligés d'alterner l'insufflation et la mesure de la pression intra abdominale deux à trois fois par seconde. Il en résulte une insufflation discontinue avec des pics de pression qui dépassent momentanément la pression de consigne avant de retourner à la valeur sélectionnée par le chirurgien. L'avantage est d'augmenter la rapidité d'installation du pneumopéritoine. Les effets de ces pics d'hyperpression sont moins importants si le circuit d'insufflation est le siège de résistance importante. C'est pour cette raison que la société Comeg a pris le parti pour son insufflateur d'une ouverture progressive des électrovannes proportionnelles à la différence de pressions mesurées.

L'insufflateur COMEG est conçu pour répondre aux contraintes de sécurité grâce à plusieurs innovations :

- La détection des erreurs de connexion de la tubulure,
- Une ouverture progressive des électrovannes proportionnelles aux différences de pressions mesurées, qui tout en permettant une insufflation rapide limite les pics de surpression contrairement à l'ouverture binaire des valves,
- Une insufflation en mode automatique qui installe le pneumopéritoine à bas débit. Puis lorsque la pression de consigne est atteinte et stable, après trois secondes l'insufflateur passe automatiquement en haut débit pour compenser les fuites de gaz,
- Un système d'alerte qui oblige à confirmer toute pression de

consigne au-delà de 15 mmHg. En outre l'affichage est clair et fait pour éviter toute possibilité d'erreur de programmation qui aboutirait à une pression de consigne au-delà des 15mm de mercure,

- Un système breveté calcule et affiche instantanément en fonction du débit des fuites de gaz, le temps restant avant la fin de la bouteille de CO<sub>2</sub>. En outre, une alarme sonore augmente en fréquence plus on s'approche de la fin de la bouteille de CO<sub>2</sub> (brevet UPMC/SOPRO). En effet il est important que l'insufflateur dispose d'une alerte précise de la durée à la disposition du chirurgien avant de changer la bouteille de CO<sub>2</sub>. Ainsi le chirurgien est prévenu suffisamment à l'avance afin d'anticiper une chute brutale du pneumopéritoine qui pourrait survenir au cours d'une phase difficile de la chirurgie. Apollos JR et al. ont montré que la plupart des chirurgiens ont été confrontés à cette situation [14],
- L'insufflateur a un système d'exsufflation externe,
- Le risque de contamination de l'appareil par des remontées de liquide ou de gaz péritonéal en cas de surpression intra abdominale est prévenu grâce la possibilité de mettre un filtre au niveau de la tubulure, et grâce à une tubulure en Y qui permettent l'exsufflation de gaz à l'extérieur de l'appareil,
- Une commande à partir de la caméra permet le passage bas/haut débit et son arrêt pour éviter d'avoir recours à une panseuse,
- Comme ses concurrents l'insufflateur COMEG a un réchauffeur interne de gaz.

## 5. QUE DOIT FAIRE L'ÉQUIPE MÉDICALE POUR DIMINUER LES RISQUES LIÉS AU PNEUMOPÉRITOINE ?

Le chirurgien doit :

- Programmer ou vérifier la pression de consigne intra-abdominale et les débits d'insufflation,
- Vidanger la tubulure de l'air qu'elle contient avant de la brancher au trocart pour éviter d'introduire de l'air dans la cavité péritonéale qui pourrait être responsable d'embolie gazeuse ou de douleurs post-opératoires,
- Commencer d'insuffler le pneumopéritoine à bas débit jusqu'au moment où la pression de consigne est atteinte,
- Surveiller régulièrement les indicateurs de fin de bouteille.

L'anesthésie doit :

- Compenser une éventuelle hypovolémie,

- Assurer une curarisation stable et efficace,
- Surveiller la capnie qui peut faire arrêter l'utilisation du protoxyde d'azote, voire le pneumopéritoine.

## 6. CONCLUSION

Il existe plusieurs insufflateurs sur le marché qui ont des fonctionnalités différentes et qui sécurisent plus ou moins le pneumopéritoine. Le choix d'un insufflateur doit prendre en compte les risques liés au pneumopéritoine afin de les minimiser. ■

*Pr A. Sezeur*

## Références

- [1] Junghans T, Böhm B, Gründel K, Schwenk W. Effects of pneumoperitoneum with carbon dioxide, argon, or helium on hemodynamic and respiratory function. Arch Surg.1997;132:272-8.
- [2] Wattiez A, Schoeffler P, Canis M, Pouly JL, Mage G, Bruhat MA. Insufflators for endoscopy. Ann Chir 1994;48:547-54.
- [3] Nagao K, Reichert J, Beebe DS, Fowler JM, Belani KG. Carbon dioxide embolism during laparoscopy: effect of insufflation pressure in pigs. JSLS. 1999;3:91-6.
- [4] Jacobs VR, Morrison JE Jr, Kiechle M. Twenty-five simple ways to increase insufflation performance and patient safety in laparoscopy. J Am Assoc Gynecol Laparosc. 2004;11:410-23.
- [5] Wolf JS Jr, Stoller ML. The physiology of laparoscopy: basic principles, complications and other considerations. J Urol. 1994;152:294-302.
- [6] Hazebroek EJ, Haitzma JJ, Lachmann B, Steyerberg EW, de Bruin RW, Bouvy ND, Bonjer HJ. Impact of carbon dioxide and helium insufflation on cardiorespiratory function during prolonged pneumoperitoneum in an experimental rat model. Surg Endosc.2002;16:1073-8.
- [7] Diemunsch PA, Torp KD, Van Dorsselaer T, et al. Nitrous oxide fraction in the carbon dioxide pneumoperitoneum during laparoscopy under general inhaled anesthesia in pigs. Anesth Analg. 2000;90:951-3.
- [8] Navez B, Tassetti V, Scohy JJ, Mutter D, Guiot P, Evrard S, Marescaux J. Laparoscopic management of acute peritonitis. Br J Surg.1998;85(1):32-6.
- [9] Mutter D, Leroy J. Les moyens d'exposition en chirurgie mini-invasive. In Marescaux J, Sezeur A editors. Nouvelles technologies et chirurgie du futur. Monographie de l'association de chirurgie. Paris, 2000.p.43-54 .
- [10] Giraudo G, Pantuso G, Festa F, Farinella E, Morino M. Clinical role of gasless. laparoscopic adrenalectomy. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech. 2009;19:329-32.
- [11] Sezeur A, Partensky C, Chipponi J, Duron JJ. Death during laparoscopy: can one gas push out another? Danger of argon electrocoagulation. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech. 2008;18(4):395-7.
- [12] Sezeur A. The use of non-soluble gases for insufflation of pneumoperitoneum in laparoscopy can have fatal results. J Chir (Paris). 2009 ;146:98-9.
- [13] Verdaasdonk EG, Stassen LP, van der Elst M, Karsten TM, Dankelman J. Problems with technical equipment during laparoscopic surgery. An observational study. Surg Endosc. 2007;21:275-9.
- [14] Apollon JR, Laurence M, Guest RV. A dual valve system to minimize loss of pneumoperitoneum in laparoscopy surgery. JSLS 2015;19(2)