Editorials

Should we use breathing filters in anesthesia?

Martin R. Lessard MD FRCPC, Claude A. Trépanier MD FRCPC

RESPIRATORY tract infection is the second most common type of nosocomial infection and is associated with high mortality, prolonged hospitalization and increased costs.¹ Contaminated anesthesia equipment has been implicated as a causative factor of cross-infections.²⁻⁴ Indeed microorganisms have been isolated in almost every part of the anesthesia breathing system.⁴ Although bacteria are the most frequent type of microorganism responsible for those infections, viruses, mycobacteria and fungi may also be implicated. Thus the current recommendations of the Centers for Disease Control (CDC), the Canadian Laboratory Center for Disease Control (LCDC, Health Protection Branch, Health Canada) and the American Society of Anesthesiologists (ASA) state that sterile anesthesia breathing material should be used for every patient.^{1,5,6} According to these recommendations, single-use sterile anesthesia breathing circuits should be used for every patient or, if reusable breathing circuits are used, they must be sterilized or submitted to a high-level disinfection procedure between each patient.^{1,5,6}

Breathing filters (BF) are designed to prevent the passage of microorganisms and to decrease the contamination rate of anesthesia and respiratory care equipment.⁷ Some BF, called heat and moisture exchange filters (HMEF), combine heat and moisture exchanging properties with filtering capability. They recycle the heat and moisture from the exhaled gas to provide warm humidified inspired gas without the use of a heat humidifier. A large variety of BF and HMEF made of various material, construction, design and cost are available. It has been suggested to add BF at different positions in the anesthesia breathing system in order to decrease its contamination rate. Specifically, it has been proposed to place a BF between the Y-piece of the anesthesia breathing circuit and the proximal end of the endotracheal tube in order to prevent contamination of

the breathing circuit, therefore allowing the reuse of the same breathing circuit for several patients. This practice originates from concerns about cost containment in health care. Indeed if the retail price of a BF is significantly lower than the cost of a disposable breathing circuit or the cost of sterilization of reusable breathing circuits, this practice could be cost efficient and could also ease the maintenance of anesthesia equipment in the course of busy operating schedules. A survey done across Canada shows that the practice of using breathing filters and reusing the same anesthesia breathing circuit for multiple patients appears to be quite prevalent.⁸ In 24 of the 83 institutions (29%) surveyed, the breathing circuit is not changed between patients and a BF or a HMEF is used. However, surprisingly the BF is not changed between patients in 21% of these institutions.

This practice is very controversial. Although it looks attractive from the cost-effectiveness standpoint, its safety and efficacy have not been established. Before implementing it, we, as anesthesiologists, should first answer the following questions. Are BF effective to prevent contamination of breathing circuits and cross infections? Are there risks associated with the use of BF? What are the recommendations of regulatory agencies?

Are breathing filters effective to prevent contamination of breathing circuits and cross infections?

The performance of BF has been assessed in laboratory studies, most of them reporting filtration efficacy exceeding 99.99% both for BF and HMEF. Although very useful to compare the performance of different BF between them, these values may not be relevant to the clinical setting. First the conditions encountered during anesthesia when the BF are submitted to moisture, secretions, cough, bidirectional airflow and pressure changes differ from the laboratory setting. Second, in laboratory testing, the performance of BF is usually

From the Département d'anesthésie-réanimation, Centre hospitalier *affilié* universitaire de Québec, (hôpital Enfant-Jésus), Université Laval, Québec, Québec, Canada.

Address correspondence to: Dr. Martin R. Lessard, Département d'anesthésie-réanimation, CHA, hôpital Enfant-Jésus, 1401, 18^{ième} Rue, Québec, Québec G1J 1Z4, Canada. Phone: 418-649-5807; Fax: 418-649-5918; E-mail: mrlessard@videotron.ca

reported as the titer reduction value and the bacterial removal efficiency. These are calculations of the ratio of microorganisms recovered downstream the BF and of the ratio of microorganisms retained in the BF respectively when the BF is submitted to a known bacterial challenge. Obviously these measurements have limitations since, in the clinical setting, any contamination of the breathing circuit must be considered a failure of the BF to maintain the sterility of the breathing circuit. Ideally, the safety of BF and reuse of the breathing circuit should be evaluated by comparing the incidence of postoperative respiratory tract infection to the incidence associated with the standard practice of using sterile breathing circuits. However such a study is hardly feasible because the incidence of respiratory tract infection in the general surgical population is low and its causes are numerous. Thus we must rely on microbiological studies done in the clinical setting to assess the clinical effectiveness of BF. Luttrupp *et al.* have studied 55 BF of three different types (Pall Ultipor BB 50®, Gibeck Humid-Vent® and Pharma BACT-HME®) placed between the Y-piece and the endotracheal tube during low flow anesthesia,⁹ and Rathgeber *et al.* have studied 200 HMEF of three different types (DAR Hygrobac®, Hygrobac S® and Medisize Hygrovent S®).¹⁰ Both studies reported that all the BF and HMEF tested prevented contamination of the breathing circuit in 100% of cases. In a larger sample ($n=2001$) of a single model of BF (DAR Barrierbac S®), we have also reported a clinical effectiveness of 99.9% (CI 95%=99.6–99.998%).¹¹ We estimated that the practice of using a sterile BF for every patient while reusing the anesthesia breathing circuit could result in contamination of the breathing circuit in less than one every 250 cases. The performance of BF for viruses and mycobacteria is more difficult to assess. Adequate viral filtration efficacy has been reported in only a limited number of laboratory studies.¹² Data on filtration efficacy against mycobacteria and fungi are even more sparse and only a limited number of BF have been tested in laboratory.¹³ Most importantly, clinical data are lacking both for viruses and mycobacteria.

Are there risks associated with the use of BF?

In this issue of the Journal, Williams *et al.* present a well documented description of a critical incident: the occlusion of a BF inserted at the Y-piece of the anesthesia breathing circuit by pulmonary edema fluid.¹⁴ This report adds to a significant number of other problems and incidents already reported with the use of BF and HMEF. These include barotrauma and pneumothorax caused by obstruction of the BF,^{15,16} air leak and inefficient ventilation caused by discon-

nection of the BF or a defect in the BF,^{17,18} inaccurate measurement of end-tidal carbon dioxide.¹⁹ The exact incidence of problems and incidents associated with BF and HMEF during anesthesia is not known, but these problems are most likely under reported. As illustrated by Williams, a minor incident can rapidly become a life-threatening one, more so during an emergency procedure.¹⁴

What are the recommendation of regulatory agencies?

In the *Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia*, the CDC stresses the importance of nosocomial respiratory infection and the risk of cross contamination by contaminated equipment. It is stated that sterile anesthesia breathing material should be used for every patient.¹ On the issue of BF, the CDC makes “no recommendation for placing a bacterial filter in the breathing system or patient circuit of anesthesia equipment”.¹ It is considered an unresolved issue requiring additional investigation. The Committee on Occupational Health of Operating Room Personnel of the ASA has endorsed these recommendations.⁶ The Canadian LCDC “requires, at a minimum, high-level disinfection” of breathing circuits between use and makes no mention of the use of BF.⁵ Thus the practice of reusing the anesthesia breathing circuit for more than one patient while placing a BF between the Y-piece and the endotracheal tube has not been approved by North American regulatory agencies. On the other hand, the Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland has taken a different position.²⁰ They too recognize the problem of transmission of infection via the anesthesia breathing system. However they recommend either the use of a new breathing circuit for each patient or the use of a new BF placed at the Y-piece for each patient if the same breathing circuit is reused.

Should we use BF to reuse breathing circuits?

First, it must be remembered that the main reason for using BF and reusing breathing circuits is cost containment. However the cost saving of reusing anesthesia breathing circuit without sterilization or high-degree disinfection between use might not be as substantial as one could expect. Indeed the cost of the BF used must be subtracted from the savings generated by the avoidance of purchase or sterilization of breathing circuits. It can be suspected that significant cost savings will be realized only if low cost BF are used and not with the more expensive HMEF. Second, any cost saving must be weighed against the risks associated with the use of BF. The most important one is the fact that the clinical effectiveness of BF has not been definitely established against a whole

variety of microorganisms present in the respiratory tract. The rising incidence of multiple resistant tuberculosis and the increasing number of immunocompromised patients presenting for surgery further emphasizes this point. Finally, the report by Williams *et al.* reminds us that the use of BF is associated with potentially life-threatening complications.¹⁴

Therefore we believe that current evidence does not support the use of BF in order to reuse anesthesia breathing circuits. Anesthesiologists should abide by the current recommendations of the CDC, the Canadian LCDC and the ASA.^{1,5,6} "Clean and then sterilize or subject to high-level liquid chemical disinfection or pasteurization reusable components of the breathing system or patient circuit (e.g., tracheal tube or face mask, inspiratory and expiratory breathing tubing, Y-piece, reservoir bag, humidifier, and humidifier tubing) between uses on different patients".¹ We must remember that, although cost containment concerns are important, they should not prevail over the safety of our patients.

Devrions-nous utiliser des filtres respiratoires en anesthésie ?

L'infection des voies respiratoires est le deuxième plus fréquent type d'infection nosocomiale et est associée à un taux de mortalité élevé, une hospitalisation prolongée et une hausse des coûts.¹ Le matériel d'anesthésie contaminé a été reconnu comme facteur causal d'infections croisées.²⁻⁴ En effet, des micro-organismes ont été isolés dans presque toutes les parties du système respiratoire d'anesthésie.⁴ Quoique les bactéries constituent le groupe de micro-organismes le plus souvent responsables de ces infections, des virus, des mycobactéries et des champignons peuvent aussi être en cause. Selon les recommandations des *Centers for Disease Control (CDC)*, du Laboratoire de lutte contre la maladie canadien (LLCM, Direction générale de la protection de la santé, Santé Canada) et de l'*American Society of Anesthesiologists (ASA)*, il faudrait donc utiliser du matériel respiratoire stérile pour chaque patient.^{1,5,6} Aussi, devrait-on se servir de circuits respiratoires stériles à usage unique pour chaque patient anesthésié ou, dans le cas de circuits réutilisables, les stériliser ou les soumettre à une désinfection de haut degré entre chaque patient.^{1,5,6}

Les filtres respiratoires (FR) sont conçus pour empêcher le passage des micro-organismes et pour réduire le taux de contamination du matériel d'anesthésie et de soins respiratoires.⁷ Certains FR, appelés filtres échangeurs de chaleur et d'humidité (FECH), combinent les propriétés d'échangeur de chaleur et d'humidité ainsi que le pouvoir filtrant. Ils recyclent la chaleur et l'humidité provenant des gaz expirés pour réchauffer et humidifier les gaz inspirés sans avoir recours à un humidificateur chauffant. Il existe une grande variété de FR et de FECH de matériaux, modèles et prix différents. Il a été suggéré d'ajouter des FR à différents endroits du système respiratoire d'anesthésie dans le but de diminuer son taux de contamination. Plus particulièrement, certains ont proposé de placer un FR entre la pièce en Y du circuit respiratoire et l'extrémité proximale du tube endotrachéal afin de prévenir la contamination du circuit et ainsi permettre la réutilisation du même circuit respiratoire pour plusieurs patients. Cette pratique vient d'une préoccupation accrue du contrôle des coûts des soins de santé. En effet, si le prix de détail d'un FR est beaucoup plus bas que celui d'un circuit respiratoire jetable ou que le coût de la stérilisation des circuits réutilisables, cette pratique peut être économique et peut également faciliter l'entretien du matériel d'anesthésie au cours d'horaires chargés en salle d'opération. Une enquête pancanadienne montre que l'utilisation de filtres respiratoires et la réutilisation d'un même circuit pour plus d'un patients sont assez répandues.⁸ Dans 24 des 83 institutions (29 %) sondées, le circuit respiratoire n'est pas changé entre les patients et un FR ou un FECH est utilisé. Il est cependant étonnant de constater que, dans 21 % de ces hôpitaux, le FR n'est pas changé entre les patients.

Cette façon de faire est très controversée. La pratique est attrayante au plan rentabilité, mais son innocuité et son efficacité n'ont pas été démontrées. Avant de la mettre en application, nous, anesthésiologistes, devons d'abord répondre aux questions suivantes. Le FR est-il efficace pour prévenir la contamination du circuit respiratoire et les infections croisées ? Y a-t-il des risques associés à l'usage d'un FR ? Quelles sont les recommandations des organismes de réglementation ?

Le FR est-il efficace pour prévenir la contamination du circuit respiratoire et les infections croisées ?

Le rendement des FR a été évalué par des études en laboratoire dont la plupart ont montré une efficacité de filtration au delà de 99,99 % pour les FR et les FECH. Très utiles pour comparer la performance de différents FR entre eux, ces valeurs sont peu applicables en cli-

nique. D'abord, les conditions de l'anesthésie, où le FR est soumis à l'humidité, aux sécrétions, à la toux, aux changements bidirectionnels de circulation et de pression de l'air, différent de celles du laboratoire. Ensuite, en laboratoire, la performance du FR est habituellement exprimée par la valeur de réduction du titre et l'efficacité de suppression bactérienne. Ce sont les calculs respectifs du ratio de micro-organismes récupérés en aval du FR et du ratio de micro-organismes retenus par le FR, lorsque le FR est soumis à une charge bactérienne connue. La valeur de ces mesures est évidemment limitée, puisqu'en clinique toute contamination du circuit respiratoire doit être considérée comme une défaillance du FR à maintenir la stérilité du circuit. Idéalement, l'innocuité du FR et de la réutilisation du circuit respiratoire devraient être évaluées en comparant l'incidence d'infection postopératoire des voies respiratoires à l'incidence associée à l'utilisation normale de circuits respiratoires stériles. Une étude semblable est toutefois difficile à faire, l'incidence d'infection respiratoire étant faible dans la population chirurgicale, et ses causes, nombreuses. Il faut donc se fier aux études microbiologiques cliniques pour évaluer l'efficacité du FR. Luttrupp *et coll.* ont étudié 55 FR de trois types différents (Pall Ultipor BB 50®, Gibeck Humid-Vent® et Pharma BACT-HME®) placés entre la pièce en Y et le tube endotrachéal pendant l'anesthésie à bas débit,⁹ et Rathgeber *et coll.* ont étudié 200 FECH de trois types différents (DAR Hygrobac®, Hygrobac S® et Medisize Hygrovent S®).¹⁰ Les deux études ont montré que tous les FR et les FECH testés ont empêché la contamination du circuit respiratoire dans 100 % des cas. Avec un échantillon plus important ($n = 2001$) d'un seul modèle de FR (DAR Barrierbac S®), nous avons également montré une efficacité clinique de 99,9 % (IC 95 % = 99,6–99,998 %).¹¹ Il a été estimé que l'utilisation d'un FR stérile pour chaque patient, combinée à la réutilisation du circuit respiratoire d'anesthésie, entraînerait la contamination du circuit respiratoire dans moins d'un cas sur 250. Le rendement du FR contre les virus et les mycobactéries est plus difficile à évaluer. L'efficacité de filtration virale n'a été rapportée que dans un nombre limité d'études en laboratoire.¹² Les données sur l'efficacité de filtration contre les mycobactéries et les champignons sont encore plus rares et seul un nombre restreint de FR ont été testés en laboratoire.¹³ De plus, on ne possède pas de données cliniques sur les virus et les mycobactéries.

Y a-t-il des risques associés à l'usage d'un FR ?

Dans le présent numéro du Journal, Williams *et coll.* présentent une description bien documentée d'un incident critique : l'occlusion d'un FR, inséré à la

pièce en Y du circuit respiratoire, par le liquide d'un œdème pulmonaire.¹⁴ Leur cas s'ajoute à un nombre significatif d'autres problèmes et incidents déjà signalés avec l'usage de FR et de FECH. Ils comprennent, entre autres, le barotrauma et le pneumothorax causés par l'obstruction du FR,^{15,16} les fuites et la ventilation inefficace causées par la déconnexion du FR ou un défaut du FR,^{17,18} et la mesure imprécise du gaz carbonique télé-expiratoire.¹⁹ L'incidence exacte des problèmes et des incidents associés au FR et au FECH pendant l'anesthésie n'est pas connue, mais cette situation est sans doute sous-déclarée. Le cas décrit par Williams démontre bien qu'un incident mineur peut rapidement devenir critique, surtout pendant une intervention d'urgence.¹⁴

Quelles sont les recommandations des organismes de réglementation ?

Dans les *Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia*, le CDC insiste sur l'importance de l'infection respiratoire nosocomiale et sur le risque de contamination croisée par le matériel contaminé. On y affirme que du matériel respiratoire stérile doit être utilisé pour l'anesthésie de chaque patient.¹ Quant au FR, le CDC ne fait "aucune recommandation de placer un filtre bactérien dans le système respiratoire ou le circuit anesthésique du patient".¹ Cela est considéré comme une question non résolue nécessitant des données supplémentaires. Le *Committee on Occupational Health of Operating Room Personnel* de l'ASA a adopté ces recommandations.⁶ Le LLCM canadien "exige, tout au moins, une désinfection radicale" des circuits respiratoires entre chaque utilisation, et ne fait pas mention de l'usage des FR.⁵ La pratique de réutilisation du circuit respiratoire d'anesthésie pour plus d'un patient, en plaçant un FR entre la pièce en Y et le tube endotrachéal, n'a donc pas été approuvée par les organismes de réglementation nord-américains. Par ailleurs, l'*Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland* a adopté une position différente.²⁰ Elle a aussi reconnu le problème de transmission de l'infection par le système respiratoire d'anesthésie. Cependant, elle recommande soit l'usage d'un nouveau circuit respiratoire pour chaque patient, soit l'usage d'un nouveau FR placé à la pièce en Y, pour chaque patient, si le même circuit est réutilisé.

Devons-nous utiliser un FR pour pouvoir réutiliser les circuits respiratoires ?

Premièrement, on doit se rappeler que la raison d'utiliser un FR et de réutiliser les circuits respiratoires est de réduire les coûts. Cependant, l'économie réalisée en réutilisant le circuit respiratoire sans stérilisation ou

désinfection radicale entre chaque patient pourrait être beaucoup moins importante que prévue. En effet, le coût de l'utilisation du FR doit être soustrait des économies générées sur le coût d'acquisition ou de stérilisation des circuits. On peut penser que des économies significatives seront réalisées seulement si on utilise des FR bon marché et non avec les FECH plus chers. Deuxièmement, toute économie doit être pondérée par les risques associés à l'usage du FR. Le plus important est le fait que l'efficacité clinique du FR n'a pas été définitivement établie contre une variété de micro-organismes présents dans les voies respiratoires. L'incidence croissante de la tuberculose multirésistante et le nombre grandissant de patients immunosupprimés subissant une intervention chirurgicale renforcent cette préoccupation. Finalement, l'article de Williams *et coll.* nous rappelle que l'usage de FR est associé à des complications potentiellement dangereuses.¹⁴

En conséquence, nous croyons que les données actuelles n'appuient pas l'usage du FR dans le but de réutiliser les circuits respiratoires d'anesthésie. Les anesthésiologistes devraient suivre les recommandations courantes du CDC, du LLCM canadien et de l'ASA.^{1,5,6} "Nettoyer et stériliser ou soumettre à une désinfection chimique liquide de haut degré ou à la pasteurisation les composants réutilisables du système respiratoire ou du circuit du patient (par ex., le tube endotrachéal ou le masque, la portion expiration de la tubulure, la pièce en Y, le sac réservoir et la tubulure de l'humidificateur) entre chaque patient".¹ Certes, la limitation des coûts est importante, mais pas au détriment de la sécurité de nos patients.

References

- 1 *Public Health Service Centers for Disease Control.* Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia. MMWR 1997; 46 (RR-1): 1-79.
- 2 *Olds JW, Kisch AL, Eberle BJ, Wilson JN.* Pseudomonas aeruginosa respiratory tract infection acquired from a contaminated anesthesia machine. Am Rev Respir Dis 1972; 105: 629-32.
- 3 *Chant K, Kociuba K, Crone S, et al.* Investigation of possible patient-to-patient transmission of hepatitis C in a hospital. NSW Public Health Bull 1994; 5: 47-51.
- 4 *Herwaldt LA, Pottinger JM, Coffin SA.* Nosocomial infections associated with anesthesia. In: Mayhall CG (Ed.). Hospital Epidemiology and Infection Control, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott William & Wilkins, 1999: 847-74.
- 5 *Laboratory Centre for Disease Control.* Infection control guidelines. Hand washing, cleaning, disinfection and sterilization in health care. Canada Communicable Disease Report 1998; 24S8: 10-26.
- 6 *American Society of Anesthesiologists.* Committee on Occupational Health of Operating Room Personnel. Recommendations for infection control for the practice of anesthesiology, 2nd ed., Park Ridge, IL: American Society of Anesthesiologists, 1998.
- 7 *Hedley RM, Allt-Graham J.* Heat and moisture exchangers and breathing filters. Br J Anaesth 1994; 73: 227-36.
- 8 *Alfieri N, Armstrong P.* Patient circuit components of anesthetic equipment between uses on different patients (Letter). Can J Infect Control 1995; 10: 61.
- 9 *Luttrupp HH, Berntman L.* Bacterial filters protect anaesthetic equipment in a low-flow system. Anaesthesia 1993; 48: 520-3.
- 10 *Rathgeber J, Kietzmann D, Mergeryan H, Hub R, Zuchner K, Kettler D.* Prevention of patient bacterial contamination of anaesthesia-circle-systems: a clinical study of the contamination risk and performance of different heat and moisture exchangers with electret filter (HMEF). Eur J Anaesthesiol 1997; 14: 368-73.
- 11 *Vézina DP, Trépanier CA, Lessard MR, Gourdeau M, Tremblay C.* Anesthesia breathing circuits protected by the DAR Barrierbac S® breathing filter have a low bacterial contamination rate. Can J Anesth 2001; 48: 748-54.
- 12 *Lloyd G, Howells J, Liddle C, Klineberg PL.* Barriers to hepatitis C transmission within breathing systems: efficacy of a pleated hydrophobic filter. Anaesth Intensive Care 1997; 25: 235-8.
- 13 *Aranha-Creado H, Prince D, Greene K, Brandwein H.* Removal of mycobacterium species by breathing circuit filters. Infect Control Hosp Epidemiol 1997; 18: 252-4.
- 14 *Williams DJ, Stacey MRW.* Clinical report: rapid and complete occlusion of a heat and moisture exchange filter by pulmonary edema. Can J Anesth 2002; 49: 126-131.
- 15 *Smith CE, Otworth JR, Kaluszyk P.* Bilateral tension pneumothorax due to a defective anesthesia breathing circuit filter. J Clin Anesth 1991; 3: 229-34.
- 16 *McEwan AI, Dowell L, Karis JH.* Bilateral tension pneumothorax caused by a blocked bacterial filter in an anesthesia breathing circuit. Anesth Analg 1993; 76: 440-2.
- 17 *Prasad KK, Chen L.* Complications related to the use of a heat and moisture exchanger (Letter). Anesthesiology 1990; 72: 958.
- 18 *Bengtsson M, Johnson A.* Failure of a heat and moisture exchanger as a cause of disconnection during anaesthesia. Acta Anaesthesiol Scand 1989; 33: 522-3.
- 19 *Hardman JG, Curran J, Mahajan RP.* End-tidal car-

- bon dioxide measurement and breathing system filters. *Anaesthesia* 1997; 52: 646–8.
- 20 *Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland*. A report received by council of the Association of Anaesthetists on blood borne viruses and anaesthesia – An update. January 1996.