Gestion des circuits de ventilation : nouveautés, évolution des pratiques

Aline Le-Rouzic, David Pelé

Service de Réanimation médicale – Hôpital Pellegrin (Bordeaux)

Introduction

La ventilation mécanique d'un patient implique la mise en place d'un circuit respiratoire, interface entre le patient et le ventilateur. L'intubation provoque un court-circuit des voies aériennes supérieures dont nous exposerons les conséquences. Le circuit respiratoire permettra entre autre de pallier à ces conséquences. En remontant du patient au ventilateur, nous présenterons d'abord le filtre, puis le système d'aspiration. Ensuite, nous évoquerons le système d'humidification-réchauffement puis de filtration, avec un rappel sur la physiologie de la respiration spontanée. Pour finir, nous traiterons des tuyaux qui intègrent ce circuit respiratoire. Dans chaque partie, nous analyserons la littérature existante afin d'en faire ressortir les recommandations et consensus quant à la gestion du circuit respiratoire.

1. Le raccord

Juste après la sonde d'intubation, on trouvera un raccord. Il permet les aspirations trachéales indispensables au patient, du fait de l'impossibilité d'évacuer seul ses sécrétions bronchiques hors du circuit respiratoire. Cette incapacité sera majorée chez un sujet sédaté, ou plus encore curarisé. Ce geste sans déconnexion du circuit respiratoire vise à conserver la meilleure ventilation possible et limiter un dé-recrutement important. Ce dernier sera caractérisé par la fermeture d'alvéoles pulmonaires, qui seront perfusées mais mal ventilées, réalisant un shunt.

Il existe :

- le raccord annelé (ou long) qui sera mis en première intention. Il permet une plus grande sécurité lors des mobilisations ou chez un patient agité de par sa longueur et sa flexibilité ;
- le raccord court, choisi sur décision médicale, a un volume compressible moindre. Cette différence de volume permet une réduction de l'espace mort instrumental. L'espace mort correspond physiologiquement au volume d'air qui ne participe pas aux échanges gazeux, et anatomiquement à l'air contenu

dans les voies aériennes de conduction. Un espace mort alvéolaire pourra se rajouter, défini par un air contenu dans un territoire alvéolaire ventilé mais mal perfusé.

Ce raccord sera utilisé chez les patients nécessitant une réduction du volume courant aboutissant à une ventilation en hypercapnie permissive : syndrome de défaillance respiratoire aigu (SDRA) [1], difficulté de sevrage respiratoire ou asthme aigu grave (AAG).

2. Le système d'aspiration

En systématique, les aspirations trachéales se feront à travers un petit opercule, prévu sur le raccord, qu'il soit court ou long. Cette technique vise à limiter le dé-recrutement, même si elle oblige à ouvrir le circuit et donc en perturber le débit. Il sera utile d'assurer une pré-oxygénation avant l'aspiration trachéale chez tout patient à risque. On veut aussi éviter ou limiter la dissémination des germes du patient dans son environnement, tout en visant une manœuvre aseptique et a-traumatique. Il est à noter que ce geste provoque souvent des lésions trachéales objectivées par fibroscopie. Il faudra donc bien adapter son rythme à chaque patient, sans dépasser un délai raisonnable de 3-4 heures pour limiter les obstructions de sonde d'intubation, complètes ou pas. L'infirmier devra essayer d'évaluer à quelle profondeur il semble toucher la carène afin de l'éviter lors d'une prochaine aspiration.

Dans certains cas, on préférera mettre en place, sur prescription médicale, un système clos d'aspiration. Il s'agit d'un système d'aspiration trachéale fermé, réutilisable à patient unique. Il est inséré entre la sonde d'intubation et le circuit respiratoire. On réalise les aspirations trachéales en ouvrant une branche située en Y par rapport au circuit respiratoire. Il inclut une sonde d'aspiration 16CH que l'on manipule à travers une gaine plastifiée occlusive. Ce geste reste stérile pour le patient, évite une dissémination des germes du patient dans l'air ou sur les mains du soignant. Il sera changé tous les trois jours dans notre service, la sonde d'aspiration n'étant que rincée après chaque utilisation par du sérum physiologique (via un opercule dédié).

Ces deux indications principales seront :

- limiter au maximum le dé-recrutement alvéolaire et donc les désaturations (SDRA) [2] ;
- les patients placés sous isolement air (grippe H1N1, tuberculose, rougeole, varicelle, ...) ou isolement gouttelettes (BMR, grippe saisonnière, méningocoque, rubéole, ...).

3. Les systèmes d'humidification, de réchauffement et de filtration

Les voies aériennes supérieures (VAS) sont composées du nez, du pharynx et du larynx.

Elles constituent l'élément essentiel de l'humidification, du réchauffement et de la filtration de l'air inspiré.

3.1. Humidification et réchauffement en respiration spontanée [3]

La muqueuse des voies respiratoires, des fosses nasales jusqu'aux bronchioles, a la capacité de saturer l'air inspiré en vapeur d'eau. Les voies aériennes supérieures assurent 65 % de l'humidification de l'air, dont 50 % par le nez. La trachée et les bronches assurent les 35 % restants. Ces fonctions permettent d'obtenir au niveau des alvéoles un air à 37°C, stérile et saturé en humidité à 100 %.

Sous nos climats tempérés, l'air ambiant a une humidité relative de 50 % (pourcentage d'eau contenu dans le gaz par rapport à la quantité qu'il peut contenir à saturation), soit une moyenne de 9mg d'eau/l de gaz à une température de 22°C.

Après passage dans le nasopharynx, l'air inspiré atteint 29-32°C pour une saturation à 90 % d'humidité relative, soit 30mg d'eau /l de gaz.

Au niveau de la carène, la température de l'air inspiré passe à 32-34°C pour une saturation à 100 % d'humidité relative, soit 42mg d'eau/l de gaz.

A partir de la 4ème ou 5ème division bronchique, l'air inspiré termine à 37°C, avec une saturation de 100 % d'humidité relative, soit 44mg d'eau/l de gaz.

Lors de l'expiration, le mélange gazeux se refroidit, et cède par condensation une partie de sa vapeur d'eau aux voies aériennes supérieures qui agissent donc comme un échangeur à contre-courant de chaleur et d'humidité. A l'inspiration, l'air inhalé se réchauffe et s'humidifie par le mécanisme inverse.

Ce processus consomme 350ml d'eau et 1.5 kcal par jour en moyenne.

Lors de l'intubation ou de la trachéotomie, il se produit un court-circuit des voies respiratoires hautes, empêchant le réchauffement, l'humidification et la filtration de l'air inspiré. Ceci alors que le ventilateur délivre à haut débit un mélange gazeux sec et à température ambiante. En l'espace de 10 minutes, la viscosité du mucus ciliaire et la perte de chaleur augmentent.

En théorie, la ventilation mécanique et sa sous-humidification entraîne de nombreuses perturbations physiologiques, bien démontrées par des études humaines et animales :

- Au niveau structurel :
 - réduction de la clairance muco-ciliaire, ce qui implique une diminution de la protection de la muqueuse contre les agressions extérieures et les infections.
 - augmentation de la viscosité des sécrétions.
 - modification de la cytologie trachéale, inflammation de l'épithélium bronchique.
 - perte de surfactant pouvant majorer un syndrome de détresse respiratoire.
- Au niveau clinique :
 - rétention des sécrétions avec risque de survenue de bouchons muqueux et d'occlusion de la sonde d'intubation.
 - apparition d'atélectasies.
 - Hypothermie.
 - hypoxie

A contrario, une sur-humidification pourra provoquer une dilution du mucus, une accumulation des sécrétions et des micro-atélectasies diffuses.

En réanimation, la préoccupation première sera d'humidifier et de réchauffer en raison d'une ventilation de longue durée et d'une fréquente dégradation de la

fonction respiratoire. A l'inverse, en anesthésie, la filtration sera privilégiée afin de limiter le risque de transmission croisée d'infections nosocomiales lors de ventilations de courte durée.

Il sera donc indispensable de mettre en place différents matériels pour pallier au court-circuit des VAS et en assurer artificiellement les trois fonctions précitées.

3. 2. Filtration en respiration spontanée

Cette troisième fonction de l'appareil respiratoire est assurée par les cils et le tapis muqueux qui permettent l'évacuation des particules étrangères. En effet, à l'intérieur de nos bronches, des milliards de cils microscopiques battent de manière synchronisée et constituent un « tapis roulant » qui protège nos poumons des agressions extérieures et des infections.

3. 3. Les filtres échangeurs de chaleur et d'humidité (FECH) [4]

En Europe, environ 80 % des professionnels de santé utilisent ces filtres.

Nous rappellerons ici qu'en réanimation, on privilégiera plutôt un filtre offrant une humidification et un réchauffement optimal. En anesthésie, la filtration prédominera.

Les FECH sont des systèmes d'humidification passive. Ils récupèrent de l'humidité et de la chaleur latente contenues dans le gaz expiré par le patient pour les lui restituer lors de l'inspiration suivante. L'air expiré par le patient entre en contact avec une surface plus froide au niveau de l'échangeur, la vapeur d'eau se condense en partie et libère ainsi de la chaleur. L'air inspiré va se réchauffer et s'humidifier en traversant l'échangeur.

La filtration antimicrobienne sera le plus souvent obtenue grâce à un élément électrostatique et/ou un composant hydrophobe (fibres de céramique ou de verre). Ils possèdent aussi également, à des degrés variables, des propriétés d'humidification et un support hydrophile (papier, mousse) avec l'incorporation de sels hygroscopiques (chlorure de calcium le plus souvent, lithium, magnésium).

Ils sont majoritairement tous égaux face à la filtration avec un pourcentage supérieur à 99 %. Le choix du filtre utilisé dépendra donc de son volume compressible, de sa capacité à réchauffer et humidifier et accessoirement son poids. L'enjeu sera de trouver un compromis entre un volume compressible qui devra être le plus faible possible pour limiter la majoration de l'espace mort, et une bonne humidification qui nécessite des matériaux assez volumineux. Au vu de l'enjeu économique de ces dernières années, le coût intervient bien évidemment dans la décision. La norme iso 9360 - 1 : 2000 fixe le minimum d'humidification à 30mg d'eau/l de gaz inspiré, à l'identique des recommandations américaines, seuil qu'ils n'atteignent pas tous. Le volume compressible peut aller de 10 à 90 ml.

On notera que des filtres humidificateurs dits « actifs » sont disponibles depuis 1992. Leur fonctionnement est hybride avec une partie de l'humidité délivrée au patient dépendant du contenu en eau du gaz expiré et une partie provenant d'un apport d'eau externe, non dépendant du patient (perfusion de NaCl...).

Leur fréquence de changement est fixée par la norme iso à 24 heures mais certaines études envisagent de pouvoir augmenter ce délai à 2, 3 voire 7 jours [5][6]. A ce jour, il n'existe pas de consensus quant à cette question. Des études discordantes sont retrouvées. Le risque de rallonger cette durée d'utilisation sera une perte d'efficacité de ce filtre par une obstruction ou une occlusion partielle de la sonde d'intubation par des sécrétions.

- **Les bonnes pratiques :**

- changer le FECH lorsqu'il est souillé par des sécrétions abondantes.
- toujours le positionner en position haute par rapport à la sonde d'intubation.
- fréquence de changement entre 24h et 7 jours ?
- vérifier la présence de gouttelettes et de vapeur dans le raccord entre le patient et le filtre, ce qui est un bon indicateur d'efficacité du filtre.

- **les avantages :**

- certains FECH se rapprochent de l'humidification et du réchauffement physiologique soit 44mg d'eau/L de gaz inspiré.
- leur rapidité et facilité de mise en place.
- simplicité d'utilisation engendrant une baisse de la charge de travail.

- coût moindre par rapport à un HC.
- filtration bactérienne et virale efficace, protégeant le circuit et l'environnement de toute contamination.
- **les limites :**
 - certains FECH ne fournissent pas une humidification suffisante.
 - augmentation des résistances expiratoires, en tenir compte en VSAI.
 - majoration de l'espace mort.
 - risque de saturation du filtre plus ou moins contrôlable.
 - risque d'erreur dans le bon choix du filtre (grosse différence entre un filtre utilisé en anesthésie et un filtre utilisé en réanimation).
 - pas d'alarme en cas de filtre défectueux ou inefficace.
- **les contre-indications :**
 - Hypercapnie (le filtre augmente la réabsorption du CO₂ expiré).
 - SDRA ou toute ventilation protectrice à faible volume courant, car hausse du rapport espace mort/volume courant [6].
 - hypothermie accidentelle ou thérapeutique (ACR).
 - fistule broncho-pleurale drainée (diminution de la fraction de gaz expiré).
 - intoxication par des produits à élimination respiratoire, alcool notamment, car ré-inhalation.
 - hémoptysie massive.
 - sécrétions abondantes.

3. 4. Les humidificateurs chauffants (HC) [4]

Un humidificateur chauffant se compose : d'une base chauffante, d'une chambre d'humidification à remplissage automatique, alimentée par de l'EPPI, et d'un circuit respiratoire spécifique incluant une sonde thermique. Dans le système utilisé actuellement, le gaz s'humidifie en passant au-dessus d'une eau chauffée et récupère la vapeur d'eau présente dans la chambre d'humidification. Pour un contrôle permanent de la température, les modèles ont évolués et certains fabricants

proposent une régulation de la température des gaz délivrés au patient via un algorithme complexe utilisant une sonde thermique placée sur la pièce en Y avant le patient, l'autre au niveau de la chambre d'humidification.

Ce système permet une humidification et une température optimales en mode ventilation invasive (37°C et 44mg d'eau/l de gaz) ou une humidité essentielle en mode ventilation non-invasive (31°C et 32 mg d'eau/l de gaz). En ventilation invasive, un HC devra atteindre une humidité entre 33 et 44mg d'eau/l de gaz, avec une température comprise entre 34 et 41°C [6]. La base chauffante est réutilisable après désinfection de surface. La sonde thermique est réutilisable après un traitement protocolisé par aniozyme/anioxyde. La chambre d'humidification qui vient s'y insérer ainsi que le circuit sont des consommables à usage unique.

- **Les bonnes pratiques liées à l'utilisation de ce matériel sont :**

- le constructeur recommande un changement systématique de tuyau tous les 7 jours mais toutes les études d'experts montrent que ne pas changer les tuyaux n'accroît pas le nombre de pneumopathies.
- s'assurer que la bouteille d'eau PPI soit à au moins 50 cm au-dessus de la chambre d'humidification.
- vérifier que le niveau d'eau de la chambre d'humidification ne soit pas inférieur au repère du constructeur.
- confirmer la correspondance entre le mode de ventilation en cours et celui affiché sur la base chauffante (invasif ou non-invasif) car cela règle une température différente.
- positionner la sonde thermique située sur la branche inspiratoire (côté patient) vers le haut pour éviter que la condensation ne perturbe ses mesures
- fixer le circuit à l'aide du bras du ventilateur afin de réaliser un coude où se collectera une éventuelle condensation, ce afin qu'elle ne puisse ni être inhalée par le patient, ni renversée dans la chambre d'humidification
- être vigilant quant à la présence d'eau dans les deux branches du circuit. Dans la branche inspiratoire, cette eau peut provoquer une PAVM par inhalation. Dans la branche expiratoire, elle peut engendrer une spirométrie perturbée et/ou un blocage de la valve expiratoire. Il est

possible de rajouter un filtre hydrophobe avant la valve expiratoire pour prévenir ce risque. La mise en place de ce filtre majorerait le travail respiratoire du patient via une augmentation des résistances expiratoires. En VSAI, cette augmentation a été évaluée entre 5 et 10 cm d'eau. Ceci semblerait peu envisageable dans la prise en charge de pathologies fréquemment rencontrées en réanimation médicale (Guillain-Barré,...) et dans le sevrage respiratoire, même si on la compensait par une hausse de l'aide inspiratoire réglée.

- **les avantages :**

- aucune contre-indication
- humidification efficace approchant les 44mg d'eau/l de gaz (humidification physiologique)
- pas de majoration de l'espace mort
- pas de résistance supplémentaire
- alarmes en cas de dysfonctionnement du réchauffeur

- **les limites :**

- risque de condensation, voire d'eau stagnante dans les tuyaux. Sur la branche inspiratoire, risque accru de PAVM par inhalation. Pour la branche expiratoire, risque de perturbations spirométriques et de blocage de la valve expiratoire en l'absence de filtres hydrophobes.
- circuit rapidement colonisé par les germes du patient (déjà après 24 heures de ventilation).
- surveillance paramédicale importante, accroissant la charge de travail.
- coût important (2500 euros /an pour une base chauffante comprenant les consommables, la maintenance et le prix d'achat étalé sur 15 ans, durée moyenne d'une base chauffante).
- efficacité de l'humidification pouvant être dégradée si conditions environnementales difficiles (température ambiante élevée non prévue dans les algorithmes de contrôle de température).
- parfois, condensation persistante malgré les fils chauffants, qui peut obliger à une déconnection pour la vider, ou alors on la vide dans la

chambre d'humidification après avoir déconnecté la sonde thermique qui s'y trouve afin de ne pas fausser sa mesure en la mouillant).

4. Les tuyaux

Avec un humidificateur chauffant, il existe aujourd'hui des tuyaux avec ou sans fils chauffants. La dernière génération d'HC utilise des circuits bi-chauffants, permettant de chauffer les branches inspiratoires et expiratoires, minimisant ainsi la formation de condensation et le risque de contamination. Certaines technologies employées pour la branche expiratoire permettent la diffusion de la vapeur d'eau à travers sa membrane, minimisant la formation de condensation mobile. Une évolution de cette technologie permettra prochainement un nouveau matériau probablement plus performant, disposé sur les deux branches du circuit. Ce dernier aurait la capacité de capturer l'eau stagnant dans le circuit respiratoire.

Le changement des tuyaux du circuit respiratoire avec un HC doit se faire tous les 7 jours en routine, selon le constructeur. Cependant, l'ensemble des experts a recommandé de ne pas changer ces tuyaux systématiquement, mais seulement lors de la présence de salissures macroscopiquement observables dans le circuit. [7-9].

Conclusion

A l'heure actuelle, chaque choix de matériel doit être un bon compromis entre efficacité clinique et aspects économiques. Dans cette revue, nous avons décrit les différents dispositifs médicaux présents du ventilateur au patient. Il est possible de réduire les coûts en ne changeant pas les tuyaux du respirateur et en utilisant les systèmes d'aspirations clos que dans les SDRA sévères ou en cas de risque hygiénique dit « gouttelette ». Quant au système de réchauffement et d'humidification des gaz, même s'il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus entre FECH et HC, nous pensons au terme de cette revue qu'en raison de leur simplicité d'utilisation, d'un bon pouvoir humidifiant, de leur fonction de filtre

antibactérien, et de leur impact favorable sur les coûts, les FECH constituent une solution plus attrayante. Toutefois, nous avons vu plus haut, qu'il existait des contre-indications formelles et relatives pour les FECH. En réanimation, ces deux types de matériels ont leur place mais leur cohabitation pourrait causer un problème d'organisation quant au choix initial et au montage des ventilateurs.

Bibliographie

- [1] Recommandations d'experts de la SRLF. Prise en charge ventilatoire du SDRA 2005 ; 4. 3. 1. et 4. 3.2.
- [2] Recommandations d'experts de la SRLF. Prise en charge ventilatoire du SDRA 2005 ; 4. 7.
- [3] Boyer A, Ricard J-D, Markowicz P, Dreyffus D. Humidification et circuits des respirateurs. "in Réanimation Médicale, Collège National des Enseignants en Réanimation Médicale", Masson, 2000.
- [4] Beydon L., Belii A., Markowicz P. Filtration et Humidification des gaz inspirés en anesthésie et réanimation ; Mapar.
- [5] Boyer A, Thiery G, Lasry S, Pigne E, Salah A, De Lassence A, et al. Long -term mechanical ventilation with hygroscopic heat and moisture exchangers used for 48 hours : a prospective clinical, hygrometric, and bacteriologic study. Crit Care Med. 2003 Mar ; 31(3) : 823 – 9.
- [6] American Association for Respiratory Care, Restrepo RD, Walsh BK . Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation : 2012 ; Respire Care.
- [7] Statement of the 4th International consensus conference in Critical Care on ICU - Acquired Pneumonia-Chicago, Illinois, May 2002.
- [8] Lorente L., Blot S., Rello J. Evidence on measures for the prevention of ventilator-associated pneumonia; Eur. Respir J. 2007, 30 : 1993 – 1207.
- [9] Official statement of the American Thoracic Society and the Infectious Diseases Society of America. Guidelines for the Management of Adults with Hospital-acquired Ventilator-associated, and Healthcare-associated Pneumonia, 2004 October and December.