

# Humidification chauffée

Résumé de données cliniques



## Table des matières



### Revues. Des principes à l'application

R1. Physiologie et défense des voies respiratoires	1
R2. Principes fondamentaux de la chaleur et de l'humidité	4
R3. Méthodes de réchauffement et d'humidification des gaz inspiratoires	6
R4. Implications du choix du dispositif pour le ventilateur et la mécanique ventilatoire	8
R5. L'humidification chauffée pour tous	10



Résumé	12
--------	----



Glossaire	13
-----------	----



Principales références	15
------------------------	----





## INTRODUCTION

Les trois principales fonctions des voies respiratoires supérieures sont de filtrer, réchauffer et humidifier les gaz inspirés.<sup>1</sup> Pratiquement toutes les particules sont éliminées, tandis que les gaz inspirés sont réchauffés à la température du corps (37 °C) et saturés à 100 % d'humidité (44 mg H<sub>2</sub>O/L).<sup>1</sup> Cette section passe en revue les principes de la physiologie et de la défense des voies respiratoires, afin de développer une compréhension des facteurs qu'il convient de prendre en compte chez les patients placés sous assistance respiratoire.

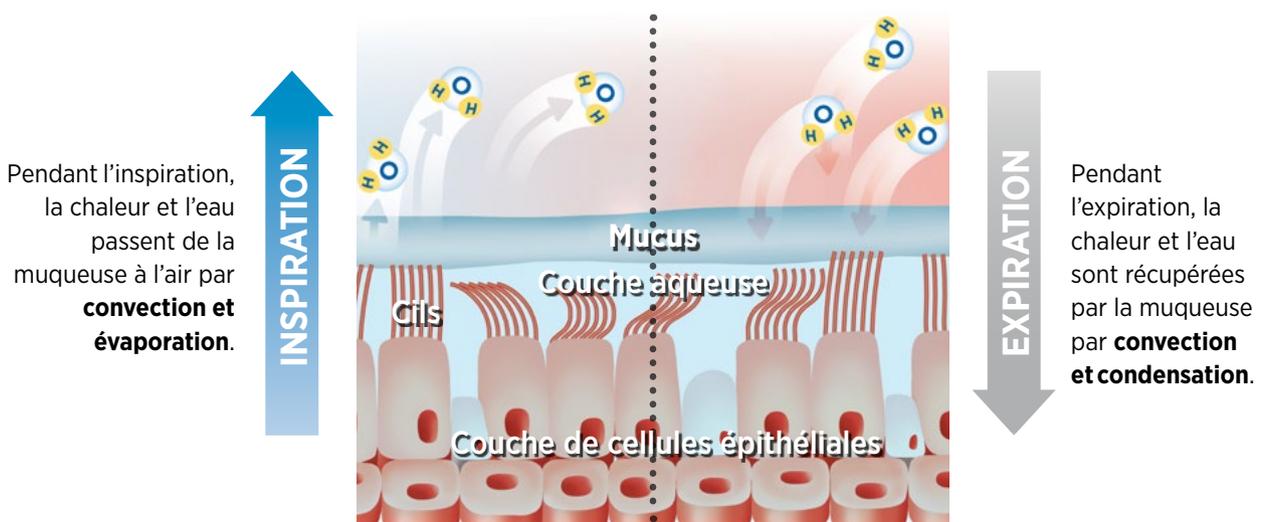
## DÉFENSES DES VOIES RESPIRATOIRES

Les principaux mécanismes de défense mécanique des voies respiratoires supérieures sont l'éternuement, la toux, le réflexe nauséux et la filtration par la muqueuse nasale. Une deuxième ligne de défense est assurée par le système de transport mucociliaire, une barrière physique extracellulaire qui retient et neutralise les agents pathogènes et les contaminants pour les transporter hors des voies respiratoires.<sup>2</sup> Ce système est la dernière ligne de défense mécanique des voies respiratoires chez les patients dont les voies respiratoires sont shuntées, et elle dépend de la chaleur et de l'humidité des gaz inspirés pour fonctionner de manière optimale.

Le système de transport mucociliaire est constitué de trois couches :<sup>2</sup>

1. Une couche cellulaire - composée de cellules sécrétoires, absorbantes, sensorielles et ciliées.
2. Une couche aqueuse (liquide périciliaire) - contenant un mince film de fluide à faible viscosité de 5-6 µm.
3. Une couche de gel viscoélastique (mucus) - composée du mucus sécrété en réaction à la présence de contaminants ou d'irritants. Le mucus est composé de 95 % d'eau et de 5 % de glycoprotéines, protéoglycanes et lipides à l'état colloïdal.

Les cils à la surface des cellules ciliées effectuent des battements en fréquence et en coordination avec les cils des cellules voisines et baignent dans le liquide périciliaire.<sup>2</sup> En réponse à une stimulation, l'eau est absorbée à partir du liquide périciliaire pour former le mucus, qui est transporté vers le larynx par le battement des cils.<sup>2</sup> La fonction du système de transport mucociliaire dépend de la coordination entre les couches cellulaires, aqueuses et viscoélastiques de la muqueuse des voies respiratoires, et est modifiée par des changements dans la fréquence de battement des cils, la rhéologie et la profondeur du liquide périciliaire, et la rhéologie du mucus.<sup>2</sup>



**Figure 1 :** Le système de transport mucociliaire protège les voies respiratoires contre les particules, tout en favorisant le réchauffement et l'humidification du gaz inspiré.

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.



## CONDITIONNEMENT DES GAZ

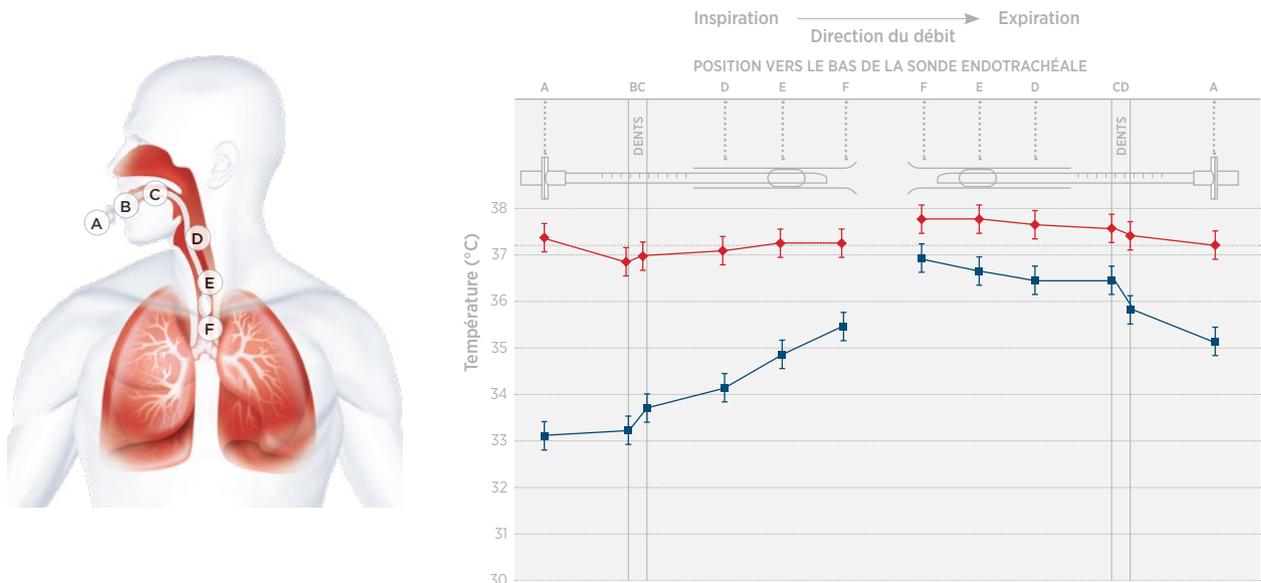
La température et l'humidité des gaz inspirés sont essentielles au fonctionnement optimal du système de transport mucociliaire, car la délivrance d'une chaleur et d'une humidité sous-optimales entraîne un ralentissement progressif du système et une défense inefficace des voies respiratoires.<sup>2</sup>

À chaque respiration, les voies respiratoires ajoutent de la chaleur et de l'humidité aux gaz lors de l'inspiration et récupèrent une fraction de cette chaleur et de cette humidité lors de l'expiration. L'air ambiant est conditionné de manière à ce que le gaz atteigne les alvéoles à la température centrale et soit entièrement saturé en vapeur d'eau (44 mg H<sub>2</sub>O/L à 37 °C, chez un patient normothermique). Cet état est parfois appelé Pression et température corporelles, saturées (Body Temperature and Pressure, Saturated). Le point du système respiratoire où l'air inspiré atteint ce niveau de chaleur et d'humidité est appelé la limite de saturation isotherme (LSI). Il est situé à peu près au niveau des bronches souches principales chez un adulte lors d'une respiration calme et normale de l'air ambiant, mais sa position peut varier en fonction de la chaleur et de l'humidité de l'air inspiré et des schémas respiratoires.<sup>3</sup>

Par conséquent, un gradient de température et un gradient d'humidité existent le long des voies respiratoires, depuis la température et l'humidité ambiantes à l'entrée des voies respiratoires jusqu'à la température centrale et l'humidité relative de 100 % à la LSI. La muqueuse située au-dessus de la LSI, qui fournit de la chaleur et de l'humidité pendant l'inspiration, est partiellement chauffée et humidifiée à partir de la réserve systémique avant le début de l'expiration. Le gaz alvéolaire expiré va donc rencontrer une muqueuse froide, ce qui induit de la condensation et libère de l'humidité et de l'énergie dans la muqueuse (Figure 1). Il existe donc une relation directe et dynamique entre l'humidité expirée et l'humidité inspirée.<sup>2,3</sup>

## MAINTENIR L'ÉQUILIBRE PENDANT L'ASSISTANCE RESPIRATOIRE

De nombreux aspects de la physiologie des voies respiratoires sont contournés ou éliminés pendant la ventilation invasive ou sont compromis par les stratégies de ventilation non invasive. En particulier, lorsqu'un patient respire par une sonde endotrachéale ou une sonde ou canule de trachéotomie, les voies respiratoires supérieures sont shuntées et le gaz est délivré directement aux voies respiratoires inférieures, avec une possibilité moindre de conditionnement normal.



**Figure 2 :** Changements de température le long des voies respiratoires intubées d'un patient sous ventilation invasive pendant l'inspiration et l'expiration. La ligne rouge et les losanges représentent le profil de température lorsque la température des gaz inspirés est réglée à 37 °C. La ligne bleue et les carrés représentent ce profil lorsque la température des gaz inspirés est réglée à 30 °C. Image adaptée de Ryan et al. (2002).<sup>4</sup>

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.



La charge de travail pour les voies respiratoires et la perte d'eau sont neutres uniquement lorsque le gaz inspiré est délivré à la température corporelle et saturé. Comme la muqueuse d'un patient intubé a une capacité limitée à réchauffer l'air inspiré par le tube et ne peut pas augmenter sa teneur en eau (Figure 2), l'air inspiré à une température inférieure à la température corporelle ou qui n'est pas complètement saturé en vapeur d'eau augmente la charge de travail pour les voies respiratoires inférieures. Lorsque la ventilation mécanique se prolonge au-delà de quelques heures, les gaz utilisés pour l'assistance respiratoire doivent être délivrés aux voies respiratoires à la température du corps et saturés afin de minimiser la charge de travail sur les voies respiratoires inférieures pour assurer une fonction optimale des voies respiratoires.<sup>4</sup>

### POINTS CLÉS

- Le système de transport mucociliaire joue un rôle important dans le conditionnement de l'air inspiré en chaleur et en humidité et en empêchant les agents pathogènes d'atteindre les poumons.
- De nombreux mécanismes interviennent dans le conditionnement du gaz pour la respiration depuis le point d'inspiration jusqu'à la LSI.
- Lorsque les voies respiratoires supérieures sont shuntées, les gaz doivent être conditionnés avant l'inspiration afin de minimiser la charge de travail des voies respiratoires inférieures.



### INTRODUCTION

Cette revue présente les concepts clés de l'humidité et de la thermorégulation, dans le but de faciliter la compréhension du rôle que jouent la chaleur et l'humidité dans l'obtention d'un état de santé et d'un fonctionnement optimaux des voies respiratoires pendant la ventilation invasive.

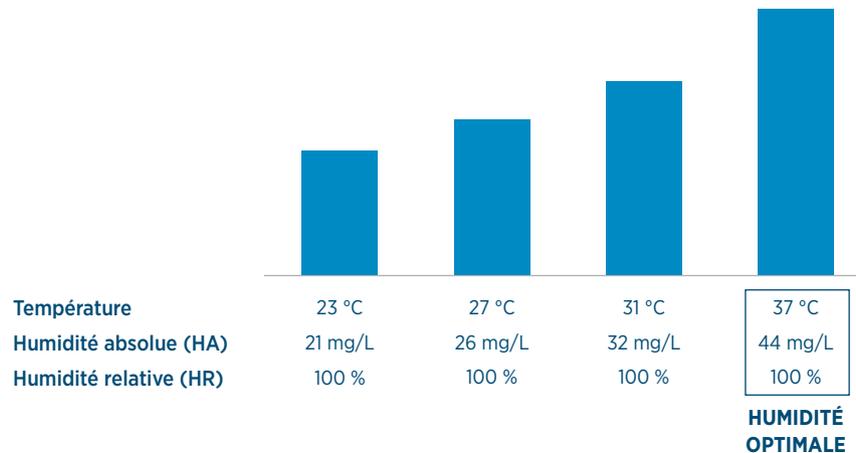
### QU'EST-CE QUE L'HUMIDITÉ ?

L'humidité désigne la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère ou dans un gaz, cette humidité peut varier en fonction de la température. La présence de vapeur d'eau peut être exprimée de deux manières :<sup>3</sup>

- L'humidité absolue (HA) désigne la masse de vapeur d'eau contenue dans un volume de gaz, indépendamment de la température, et s'exprime en milligrammes d'eau par litre de gaz (mg H<sub>2</sub>O/L).
- L'humidité relative (HR) désigne la masse de vapeur d'eau contenue dans un volume de gaz par rapport à la masse maximale d'eau que ce volume de gaz peut contenir à une température donnée. Elle est exprimée en pourcentage.

LA VAPEUR D'EAU  
DÉSIGNE LES  
MOLÉCULES D'EAU  
À L'ÉTAT GAZEUX, QUI  
SONT INVISIBLES À L'ŒIL NU.

Il existe une relation fixe entre l'humidité absolue, l'humidité relative et la température. Un gaz est dit saturé, c.-à-d., à 100 % d'humidité relative, lorsqu'il contient la vapeur d'eau à sa capacité maximale pour la température donnée. Cependant, lorsque le gaz saturé est chauffé, sa capacité à contenir de la vapeur d'eau augmente. Ainsi, bien que la teneur absolue en eau reste inchangée, l'augmentation de la capacité induit une diminution de l'humidité relative du gaz (HR <100 %). Inversement, lorsqu'un gaz saturé est refroidi, sa capacité à contenir la vapeur d'eau diminue et l'excès de vapeur d'eau qui ne peut plus être stocké est perdue sous forme de condensation. Le gaz atteint alors un nouvel équilibre de saturation à la température inférieure.<sup>2</sup>



**Figure 3 :** La capacité d'un gaz à contenir de la vapeur d'eau augmente avec la température. Lorsque le gaz est chauffé, la teneur maximale en eau qu'il peut contenir augmente. Tous ces échantillons sont saturés (100 % HR), mais contiennent différents niveaux absolus de vapeur d'eau.

L'énergie totale de l'air est composée de chaleur sensible (reflétée par la température de l'air) et de chaleur latente (reflétée par la masse de vapeur d'eau). La modification de la température de l'eau nécessite environ deux fois plus d'énergie que la modification de la température du gaz. La modification de la température du gaz sans modification de la teneur en vapeur d'eau n'a qu'un faible effet sur l'énergie totale du gaz par rapport à l'absorption d'énergie due à l'ajout de vapeur d'eau. Par conséquent, l'air humidifié contient plus d'énergie que l'air sec à la même température.

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.

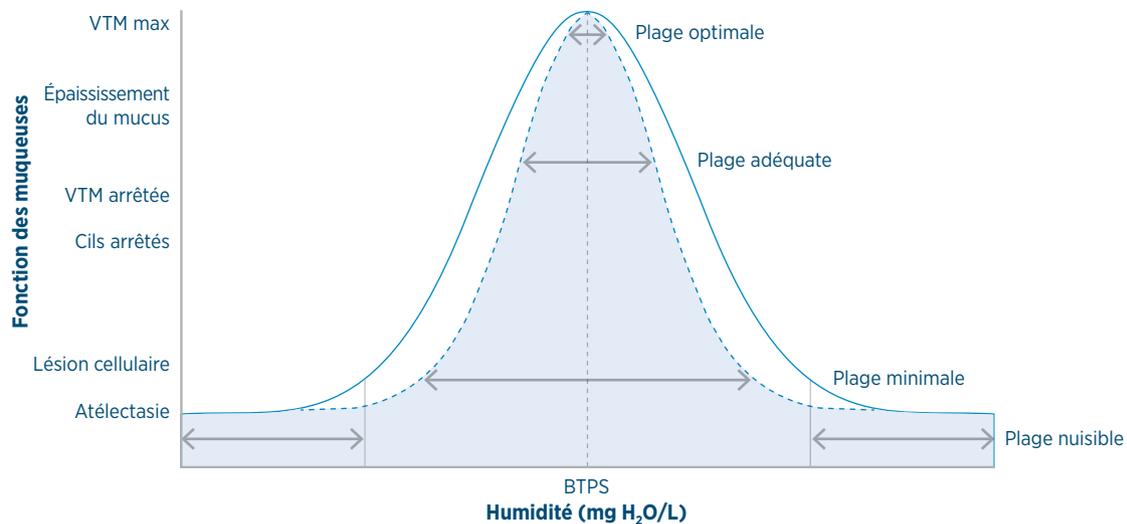


### QU'EST-CE QUE L'HUMIDITÉ OPTIMALE ?

Dans le contexte du patient intubé, l'humidité optimale désigne l'administration d'un gaz inspiré à la température du corps, saturé (37 °C, 100 % HR), ce qui le rend neutre sur le plan thermodynamique.<sup>4</sup> La charge de travail et la perte d'eau des voies respiratoires augmentent de façon linéaire lorsque le gaz inspiré diminue par rapport à ces niveaux optimaux, tout comme l'apparition d'un dysfonctionnement mucociliaire.<sup>2</sup>

Il a été prouvé que la température et l'humidité des gaz inspirés sont des facteurs déterminants de la fonction des muqueuses. Seul un gaz inspiré conditionné à la température centrale et saturé à 100 % permet une vitesse de transport mucociliaire optimale (Figure 4).

La Figure 4 est une représentation graphique de la fonction des muqueuses par rapport à l'humidité inspirée. Elle montre un continuum de dysfonctionnement des muqueuses en cas d'écart avec le taux d'humidité optimal. Le degré d'impact d'un écart avec le taux d'humidité optimal sur la fonction des muqueuses dépend de l'ampleur de l'écart par rapport au taux d'humidité optimal, de sa durée et de l'état de santé du patient.



**Figure 4 :** Courbe de la fonction des muqueuses par rapport à l'humidité inspirée. Image d'après Williams et al. (1996).<sup>2</sup>  
Abréviations : BTPS : pression et température corporelles, saturées en vapeur d'eau (Body Temperature and Pressure, Saturated) ; VTM : vitesse de transport mucociliaire.

La courbe est unique en fonction du contexte et des facteurs thérapeutiques de chaque patient ; cependant, la forme parabolique de la courbe devrait être similaire d'un individu à l'autre.<sup>2</sup> La courbe devrait se rétrécir en présence d'un état de santé détérioré, car elle suppose que le patient gravement malade a d'autres exigences systémiques qui le rendent moins tolérant à la masse d'eau et aux difficultés thermiques auxquelles la muqueuse de ses voies respiratoires est soumise. Cela peut notamment se produire lorsque le patient est intubé, lorsque le gaz est administré à des débits élevés ou lorsque le traitement se poursuit de manière prolongée. Cette variation signifie que les besoins en humidification peuvent différer d'un patient à l'autre ou changer au fil du temps chez un même patient.<sup>5</sup>

#### POINTS CLÉS

- Il existe une relation fixe entre l'humidité absolue, l'humidité relative et la température.
- L'impact de l'écart par rapport à l'humidité optimale sur la fonction des muqueuses dépend de l'ampleur et de la durée de l'écart, et de l'état de santé du patient.

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.



### INTRODUCTION

Il existe un rationnel fort pour l'administration de gaz inspiratoire aux patients intubés se rapprochant le plus possible de l'humidité optimale. Cette étude décrit et compare les méthodes disponibles pour chauffer et humidifier les gaz respiratoires et leur applicabilité aux besoins des patients et aux exigences de traitement.

Les gaz médicaux et l'air ambiant sont souvent beaucoup plus secs que le niveau d'humidité dont nos poumons ont besoin, contraignant le système respiratoire à compenser (Tableau 1).<sup>6</sup>

**Tableau 1 :** Mesures de la température moyenne et de l'humidité relative (HR) pour les gaz médicaux muraux et l'air ambiant au Royal Women's Hospital (Melbourne, Australie), comparées à l'humidité optimale pour la fonction respiratoire. Données d'après Dawson et al. (2014).<sup>6</sup>

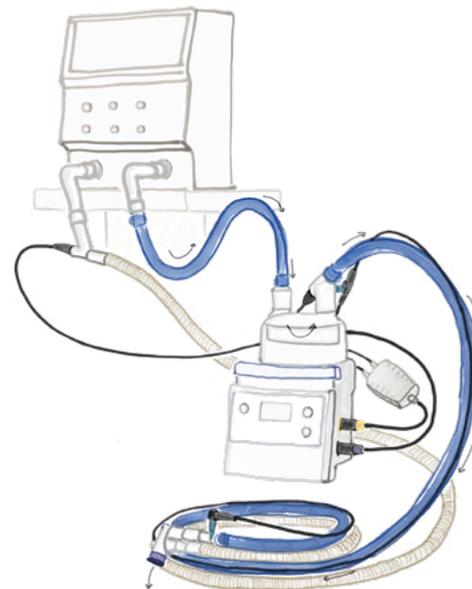
Oxygène médical (prise murale)	Air ambiant	Humidité optimale
23 °C	23 °C	37 °C
HR 2,1 %	HR 41,1 %	HR 100 %
0,4 mg H <sub>2</sub> O/L	8,4 mg H <sub>2</sub> O/L	44 mg H <sub>2</sub> O/L

L'humidification des gaz respiratoires avant leur administration dans les voies respiratoires est généralement réalisée par humidification active à l'aide d'un humidificateur chauffant ou par humidification passive à l'aide d'un échangeur de chaleur et d'humidité (ECH). Les deux dispositifs agissent en réchauffant le gaz et en y ajoutant de l'humidité, et donc de l'énergie.<sup>3,5</sup> Leur degré d'efficacité et les circonstances dans lesquelles leur utilisation est appropriée varient en fonction du type de dispositif.

### CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES HUMIDIFICATEURS ACTIFS ET PASSIFS

Les humidificateurs actifs permettent à l'air de passer sur le dessus d'un réservoir d'eau chauffé. L'eau contenue dans le réservoir s'évapore, ajoutant de la vapeur d'eau au passage du gaz. La vapeur d'eau ne peut pas transmettre une infection,<sup>3</sup> car les molécules d'eau sont beaucoup plus petites que les bactéries et les virus. Le HC est placé dans la branche inspiratoire du circuit de ventilation, au plus près du ventilateur. Une fois que le gaz a traversé le réservoir et s'est chargé en humidité, il avance le long de la branche inspiratoire jusqu'aux voies respiratoires du patient (Figure 5).<sup>3,5</sup>

Les ECH passifs (également appelés nez artificiels) imitent l'action humidifiante de la cavité nasale. Les ECH se placent entre la pièce en Y et les voies respiratoires du patient.<sup>3</sup> Ces dispositifs contiennent un élément condensateur qui retient l'humidité lors de l'expiration, de sorte que lorsque la prochaine respiration inspirée le traverse, elle peut gagner passivement de la chaleur et de l'humidité. Contrairement à l'utilisation d'un HC, cela signifie que la capacité de conditionnement d'un ECH dépend de l'apport de chaleur et d'humidité par le patient.<sup>5</sup> Il existe une hétérogénéité considérable dans les performances d'humidification des ECH, avec des valeurs d'humidité absolue sur 48 dispositifs testés allant de 17 à 32 mg H<sub>2</sub>O/L.<sup>7</sup>



**Figure 5 :** Les humidificateurs actifs ajoutent de la chaleur et de l'humidité aux gaz médicaux avant l'inspiration. Les flèches indiquent le débit de gaz vers le patient pour l'inspiration à travers la branche inspiratoire (bleue).

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.



#### RECOMMANDATIONS ET CONTRE-INDICATIONS

Il n'y a pas de contre-indications à l'ajout de chaleur et d'humidité aux gaz inspirés, ni à l'utilisation d'un humidificateur chauffant pour ce faire. Cependant, dans certains cas, les ECH sont contre-indiqués (Tableau 2).

Le Tableau 2 résume les recommandations de l'American Association for Respiratory Care (AARC) concernant l'humidification dans le cadre de l'assistance respiratoire invasive et non invasive pour toutes les populations.<sup>8</sup> L'AARC recommande l'utilisation d'un HC plutôt qu'un ECH pour la ventilation non invasive sur la base de données indiquant un meilleur confort et une meilleure tolérance du patient.

**Tableau 2 :** Recommandations de l'American Association for Respiratory Care pour l'humidification pour l'assistance respiratoire invasive et non invasive.<sup>8</sup>

L'humidification est recommandée pour <b>tous</b> les patients sous ventilation invasive.	Lors de l'utilisation d'un ECH chez des patients sous ventilation invasive, il est suggéré d'utiliser un taux d'humidité <b>minimum</b> de 30 mg H <sub>2</sub> O/L.
Les HC sont recommandés pour l' <b>assistance respiratoire non invasive</b> , car ils peuvent améliorer l'observance et le confort du patient.	Les ECH ne sont <b>pas recommandés</b> pour la ventilation non invasive.
Il est suggéré que le HC atteigne un niveau d'humidité entre 33-44 mg H <sub>2</sub> O/L et une température de 34-41 °C au niveau de la pièce en Y du circuit, avec une humidité relative de 100 %.	Les ECH ne sont <b>pas recommandés</b> chez les patients ayant un faible volume courant (comme lorsque des stratégies de ventilation protectrices des poumons sont utilisées) en raison de l' <b>ajout d'espace mort</b> .
En raison de leurs caractéristiques et de leurs mécanismes de fonctionnement, les ECH sont <b>contre-indiqués</b> chez certains groupes de patients, notamment ceux qui présentent des sécrétions nettement épaisses, abondantes, sanglantes, un volume courant expiré <70 % du volume courant délivré, une température corporelle <32 °C, et ceux qui sont sous ventilation non invasive avec des fuites importantes au niveau du masque.	

Outre les contre-indications absolues à l'utilisation d'un ECH spécifiées par l'AARC chez les patients sous assistance respiratoire, les ECH posent des problèmes potentiels dans de nombreux autres contextes, lesquelles ont été relevés dans la littérature.

#### POINTS CLÉS

- L'ajout de chaleur et d'humidification aux gaz administrés pour l'assistance respiratoire est bénéfique pour les patients, indépendamment de la méthode d'administration. Cependant, le bénéfice associé à l'ajout de chaleur et d'humidité est maximisé lorsque l'air inspiré se rapproche le plus possible des conditions physiologiques normales.
- Il n'existe actuellement aucune contre-indication publiée au réchauffement et à l'humidification des gaz respiratoires ou à l'utilisation d'un humidificateur chauffant à cet effet. Il existe de nombreux contextes dans lesquels l'utilisation d'un ECH est contre-indiquée.

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.



### INTRODUCTION

Alors que les humidificateurs chauffants sont placés dans la branche inspiratoire du circuit, près du ventilateur, les ECH sont placés entre la pièce en Y et le patient, près des voies respiratoires.<sup>5</sup> Le positionnement des ECH peut augmenter la résistance au débit d'air non seulement lors de l'inspiration mais aussi pendant la phase expiratoire.<sup>5</sup> Cette revue met en évidence les différences entre les HC et les ECH pour le ventilateur et la mécanique ventilatoire, en soulignant l'impact sur le patient.

### EFFETS SUR LE VENTILATEUR

L'utilisation de HC actifs chez les patients sous ventilation mécanique à volume contrôlé permet d'utiliser des volumes courants plus faibles dans des conditions isocapniques par rapport aux ECH, entraînant une réduction de la pression de plateau des voies respiratoires et de la pression d'entraînement.<sup>9,10</sup> Dans une étude croisée portant sur 18 patients en syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) et présentant des lésions cérébrales, le remplacement de l'ECH par un HC a permis d'obtenir une réduction médiane du volume courant de 120 mL (P <0,001, IC 95 % [98, 144]), tandis que la pression de plateau des voies respiratoires et la pression d'entraînement ont toutes deux été réduites de 3,7 cmH<sub>2</sub>O (P <0,001, IC 95 % [-29, -4,3]).<sup>10</sup> La réduction du volume courant et de la pression motrice fait partie des facteurs modifiables les plus importants susceptibles d'améliorer la survie des patients en SDRA.<sup>10</sup> Pour les patients souffrant de lésions cérébrales, cette approche n'est pas associée à un dérecrutement alvéolaire, à une hypoxémie, à des changements dans la perfusion cérébrale ou à une altération du débit sanguin.<sup>10</sup>



Chez les patients bénéficiant d'une aide inspiratoire, l'utilisation d'un HC peut réduire les besoins en aide inspiratoire par rapport à un ECH, ce qui peut être utile lors du sevrage de la ventilation mécanique.<sup>11,12</sup> Une étude randomisée et croisée portant sur 11 patients souffrant d'insuffisance respiratoire chronique a montré qu'une augmentation de la ventilation assistée de  $\geq 8$  cmH<sub>2</sub> était nécessaire pour compenser les effets de l'utilisation d'un ECH par rapport aux effets associés à l'utilisation d'un HC.<sup>11</sup>



### EFFETS SUR LES POUMONS ET L'EFFORT INSPIRATOIRE

Chez les patients sous ventilation mécanique à volume contrôlé, l'utilisation d'un HC plutôt qu'un ECH réduit l'espace mort total sans affecter l'espace mort alvéolaire.<sup>9,10</sup> Dans une étude portant sur 17 patients souffrant de lésions pulmonaires aiguës ou d'un SDRA (selon les critères de la Conférence de consensus américano-européenne), le remplacement des ECH par des HC a entraîné une diminution significative des niveaux de PaCO<sub>2</sub> (40 par rapport à 46 mmHg, P <0,001) et une amélioration significative de la compliance du système respiratoire (42 par rapport à 35 mL/cmH<sub>2</sub>O, P <0,001).<sup>9</sup>

Par comparaison à l'ECH, l'utilisation d'un HC réduit l'effort inspiratoire chez les patients bénéficiant d'une aide inspiratoire.<sup>11,12</sup> Dans l'étude par Girault et al. (2003), le passage à un ECH a également entraîné une acidose respiratoire sévère, qui n'a pas pu être compensée par l'augmentation de la ventilation minute de 1,0 L/min (P <0,005).<sup>11</sup>

Les niveaux de PaCO<sub>2</sub> significativement plus élevés observés lors de l'utilisation de l'ECH par rapport au HC (de 1,5 ou 1,9 kPa selon le niveau d'aide inspiratoire, tous deux P <0,01) ont également entraîné une gêne respiratoire significative pour les patients.<sup>11</sup>

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.



### POINTS CLÉS

- Le choix du dispositif d'humidification peut avoir des conséquences importantes sur la gestion du ventilateur.
- Un HC permet d'utiliser des stratégies de ventilation protectrices des poumons et peut améliorer la compliance du système respiratoire par comparaison à un ECH.
- L'utilisation d'un HC réduit les besoins en aide inspiratoire et réduit l'effort inspiratoire par rapport à un ECH.



### INTRODUCTION

L'humidification chauffée réduit la nécessité de récupérer la chaleur et l'humidité des gaz expirés et minimise la perte systémique de chaleur et d'humidité.<sup>2</sup> Lorsque l'air est délivré à une humidité optimale, la rhéologie et un volume normal de sécrétions des voies respiratoires sont maintenus, la clairance mucociliaire est maximisée et les réactions inflammatoires dues à des déséquilibres thermiques ou liquides dans les voies respiratoires sont évitées.<sup>2</sup> La perméabilité des voies respiratoires et la compliance pulmonaire sont favorisées, préservant ainsi la mécanique pulmonaire.<sup>2</sup> La défense optimale des voies respiratoires par le système de transport mucociliaire est assurée uniquement lorsque le gaz inspiré est à la température et à la pression corporelles, saturées (BTPS).<sup>2</sup>

Cette revue se concentre sur des données cliniques spécifiques qui démontrent quel impact l'utilisation d'humidificateurs chauffants actifs (HC) par comparaison aux échangeurs de chaleur et d'humidité (ECH) passifs a sur les résultats des patients sous ventilation mécanique.

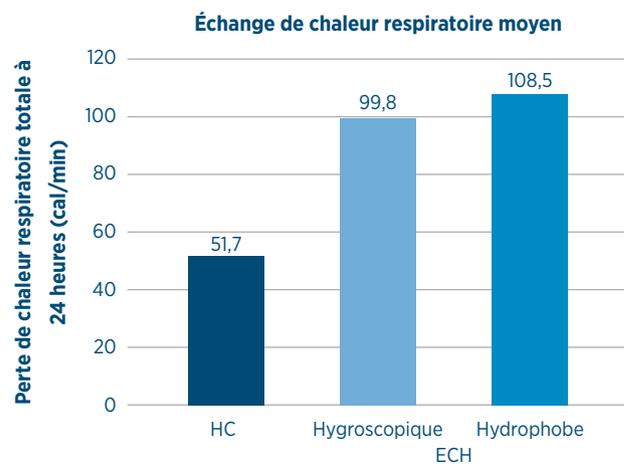
### DONNÉES ISSUES DE LA LITTÉRATURE

#### REDUCED AIRWAY BURDEN *Thomachot et al., 2001*

- Une étude randomisée et croisée portant sur 10 patients en réanimation sous ventilation mécanique a permis d'évaluer si un changement de la température trachéale constitue une estimation fiable de la perte de chaleur respiratoire totale.
- Les patients ont été ventilés pendant trois périodes consécutives de 24 heures avec un HC, un ECH hydrophobe et un ECH hygroscopique.
- La perte de chaleur respiratoire totale était significativement plus faible avec le HC qu'avec les deux ECH ( $P < 0,01$ ).
- Le HC était le dispositif le plus performant pour maximiser l'humidité relative et absolue des gaz inspirés.<sup>13</sup>

#### IMPROVED SECRETION QUALITY *Martin et al., 1990*

- Une étude prospective et randomisée portant sur 73 patients en unités de réanimation sous ventilation mécanique a comparé la sécurité et l'efficacité d'un ECH avec filtre et d'un HC.
- Des sécrétions bronchiques épaisses et tenaces sont apparues sur 4 % des jours dans le groupe ECH, par rapport à aucun jour dans le groupe HC ( $P < 0,02$ ).
- Il y a eu six occlusions du tube de trachéotomie chez six patients du groupe ECH, par rapport à zéro occlusion dans le groupe HC ( $P < 0,01$ ).
- L'hypothermie est survenue sur 22 % des jours dans le groupe ECH par rapport à 12 % des jours dans le groupe HC ( $P < 0,01$ ).
- Les auteurs ont conclu que l'ECH ne pouvait pas fournir une humidification adéquate et que, chez les patients ayant un volume minute  $>10$  L/min, pouvait entraîner un risque accru d'occlusion de la sonde trachéale. Ils ont également constaté que les instillations trachéales seules n'offrent pas toujours une protection suffisante contre les obstructions des voies respiratoires.<sup>14</sup>



**Figure 6 :** Perte de chaleur respiratoire moyenne à 24 heures avec l'humidification active ou passive. Données d'après Thomachot et al., 2001.<sup>13</sup>





- L'impact de l'écart par rapport à l'humidité optimale sur la fonction des muqueuses dépend de l'ampleur et de la durée de l'écart, et de l'état de santé du patient.

- La nature indépendante des HC leur permet de maximiser l'humidité du gaz inspiré et de minimiser la perte de chaleur respiratoire chez les patients sous ventilation mécanique, par comparaison aux ECH.

- Il n'existe actuellement aucune contre-indication publiée au réchauffement et à l'humidification des gaz respiratoires ou à l'utilisation d'un humidificateur chauffant à cet effet. Il existe de nombreux contextes dans lesquels l'utilisation d'un ECH est contre-indiquée.

- Un HC permet d'utiliser des stratégies de ventilation protectrices des poumons et améliore la compliance du système respiratoire par comparaison à un ECH.

- Par comparaison à l'utilisation d'un ECH, l'utilisation d'un HC pour les patients sous ventilation mécanique réduit l'incidence d'occlusion des voies respiratoires artificielles.

Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.

## AARC

American Association for Respiratory Care (Association américaine pour les soins respiratoires).

## HUMIDITÉ ABSOLUE (HA)

Quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, indépendamment de la température (exprimée en mg H<sub>2</sub>O/L).

## ACIDOSE

Quantité excessive d'acide dans les fluides corporels (pH faible <7,35). L'acidose respiratoire peut être causée par une déficience de la clairance et une accumulation subséquente de dioxyde de carbone.

## SYNDROME DE DÉTRESSE RESPIRATOIRE AIGUË (SDRA)

Syndrome dans lequel le système respiratoire ne parvient pas à assurer l'une ou les deux fonctions d'échange gazeux : oxygénation et élimination du dioxyde de carbone.

## INSUFFISANCE RESPIRATOIRE AIGUË (IRA)

Diminution de l'absorption d'oxygène, ce qui entraîne un manque d'oxygène dans le sang (hypoxémie) ainsi qu'une réduction de l'élimination du dioxyde de carbone, pouvant entraîner un taux élevé de dioxyde de carbone (hypercapnie).

## ALVÉOLES

Minuscules poches d'air dans les poumons par lesquelles l'oxygène entre et le dioxyde de carbone quitte la circulation sanguine.

## ATÉLECTASIE

Diminution ou absence d'air dans les poumons entraînant une perte du volume pulmonaire.

## TEMPÉRATURE ET PRESSION CORPORELLES, SATURÉES (BTSP)

Un état de température corporelle, de pression ambiante et de vapeur d'eau saturée (100 % d'humidité relative).

## CILS

Structures en forme de poils à la surface des cellules épithéliales qui recouvrent les voies respiratoires.

## ESPACE MORT

Volume de gaz qui ne participe pas aux échanges gazeux et qui est commun aux voies inspiratoires et expiratoires. On distingue différents types d'espaces morts, notamment :

- Espace mort alvéolaire : Alvéoles qui sont ventilées mais pas perfusées, et qui à ce titre, ne peuvent pas fournir d'oxygène au sang.
- Espace mort anatomique : Volume de gaz à l'intérieur de la zone conductrice des poumons et des voies respiratoires supérieures (quantité de volume qui n'entre pas dans les alvéoles).
- Espace mort instrumental (également appelé espace mort mécanique) : Volume dû à la présence d'équipements qui entraînent une réinspiration des gaz.
- Espace mort physiologique : Espace mort anatomique et alvéolaire.

## POINT DE ROSÉE

Température à laquelle l'air est entièrement saturé de vapeur d'eau (100 % d'humidité relative), en dessous de laquelle la vapeur d'eau se condense pour former de l'eau liquide.

## SONDE ENDOTRACHÉALE (SET)

Une voie respiratoire artificielle insérée dans les voies respiratoires trachéobronchiques d'un patient par la bouche ou le nez et à travers les cordes vocales. L'extrémité externe de la sonde se connecte à un dispositif de réanimation manuelle, ou à un circuit relié à un ventilateur.

## EXTUBATION

Retrait d'une sonde endotrachéale (SET) des voies respiratoires d'un patient.

## CAPACITÉ RÉSIDUELLE FONCTIONNELLE (CRF)

Volume d'air qui reste dans les poumons après une phase expiratoire typique ; important pour garder les poumons ouverts après l'expiration et poursuivre les échanges gazeux passifs.

## HUMIDIFICATEUR CHAUFFANT (HC)

Dispositif qui ajoute activement au gaz inspiré de la chaleur et de la vapeur d'eau à partir de sources externes.

## ÉCHANGEUR DE CHALEUR ET D'HUMIDITÉ (ECH)

Dispositif d'humidification passive conçu pour recueillir et conserver une partie de la chaleur et de l'humidité de l'air expiré par le patient et les restituer au mélange gazeux inspiré lors de l'inspiration.



## **INTUBATION**

Insertion d'une sonde endotrachéale (SET) dans la trachée.

## **LIMITE DE SATURATION ISOTHERME (LSI)**

Point des voies respiratoires où l'air inspiré est conditionné à la température du corps et à une humidité relative de 100 %, et en dessous duquel le conditionnement de l'air reste constant.

## **VENTILATION INVASIVE**

L'utilisation d'une voie respiratoire artificielle invasive pour assister ou remplacer mécaniquement la respiration spontanée lorsqu'un patient n'est pas en mesure de respirer spontanément. Souvent employé de manière interchangeable avec la ventilation mécanique.

## **SYSTÈME DE TRANSPORT MUCOCILIAIRE (STM)**

Système de défense des voies respiratoires qui retient les contaminants dans le mucus et les transporte hors des voies respiratoires grâce au battement des cils.

## **VENTILATION NON INVASIVE (VNI)**

Administration d'une assistance ventilatoire à pression positive sans qu'il soit nécessaire de recourir à une voie respiratoire artificielle invasive.

## **HUMIDITÉ OPTIMALE**

La condition dans laquelle le gaz inspiré est chauffé et humidifié dans les voies respiratoires. Chez un patient normothermique, cette valeur est de 37 °C et 44 mg H<sub>2</sub>O/L (BTPS).

## **PRESSION PARTIELLE D'OXYGÈNE ARTÉRIEL (PaO<sub>2</sub>)**

La partie de la pression totale des gaz du sang exercée par l'oxygène gazeux - une mesure de la quantité d'oxygène dissoute dans le sang et de la capacité du dioxyde de carbone à être éliminé de l'organisme.

## **PRESSION PARTIELLE DE DIOXYDE DE CARBONE (PaCO<sub>2</sub>)**

La pression partielle de dioxyde de carbone dans le sang artériel est l'un des composants mesurés lors de l'analyse des gaz du sang artériel et permet de diagnostiquer l'hypercapnie.

## **PERMÉABILITÉ DES VOIES RESPIRATOIRES**

Des voies respiratoires ouvertes et dégagées.

## **PRESSION INSPIRATOIRE DE CRÊTE (PCRÊTE)**

La pression la plus élevée appliquée aux poumons lors de l'inspiration.

## **PRESSION EXPIRATOIRE POSITIVE (PEP)**

Dans le contexte d'un système d'administration de pression positive dans les voies respiratoires, la PEP est la pression positive des voies respiratoires qui est administrée pendant la phase expiratoire du cycle respiratoire.

## **ESSAI CONTRÔLÉ RANDOMISÉ (ECR)**

Les participants sont répartis de manière aléatoire pour recevoir ou non des interventions cliniques afin de comparer les résultats obtenus entre les groupes. Ce processus vise à réduire les sources de biais.

## **HUMIDITÉ RELATIVE (HR)**

La quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée en pourcentage de la quantité nécessaire à la saturation à la même température.

## **FRÉQUENCE RESPIRATOIRE**

Nombre de respirations au cours d'une période donnée.

## **SATURATION**

Décrit l'état d'un gaz dont l'humidité relative est de 100 %.

## **VOLUME COURANT (V<sub>T</sub>)**

Volume inspiré ou expiré par respiration.

## **TRACHÉOTOMIE**

Ouverture artificielle à travers le cou dans la trachée.

## **TRAVAIL RESPIRATOIRE (WOB)**

La force nécessaire pour ouvrir les poumons en s'opposant à leurs propriétés élastiques.



1. **PubMed** Jackson C. Humidification in the upper respiratory tract: a physiological overview. *Intensive Crit Care Nurs.* 1996;12(1):27-32.
2. **PubMed** Williams RB, Rankin N, Smith T, Galler D, Seakins P. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of airway mucosa. *Crit Care Med.* 1996;24(11):1920-9.
3. **PubMed** Schulze A. Respiratory gas conditioning and humidification. *Clin Perinatol.* 2007;34(1):19-33.
4. **PubMed** Ryan SN, Rankin N, Meyer E, Williams R. Energy balance in the intubated human airway is an indicator of optimal gas conditioning. *Crit Care Med.* 2002 Feb;30(2):355-61.
5. **PubMed** Al Ashry HS, Modrykamien AM. Humidification during mechanical ventilation in the adult patient. *Biomed Res Int.* 2014/06/25. 2014;2014:715434.
6. **PubMed** Dawson JA, Owen LS, Middleburgh R, Davis PG. Quantifying temperature and relative humidity of medical gases used for newborn resuscitation. *J Paediatr Child Health.* 2014 Jan;50(1):24-6.
7. **PubMed** Lellouche F, Taillé S, Lefrançois F, Deye N, Maggiore SM, Jouvét P, et al. Humidification performance of 48 passive airway humidifiers: comparison with manufacturer data. *Chest.* 2009 Feb;135(2):276-86.
8. **PubMed** Restrepo RD, Walsh BK. AARC Clinical Practice Guideline. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012. *Respir Care.* 2012 May;57(5):782-8.
9. **PubMed** Morán I, Bellapart J, Vari A, Mancebo J. Heat and moisture exchangers and heated humidifiers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. Effects on respiratory mechanics and gas exchange. *Intensive Care Med.* 2006 Apr;32(4):524-31.
10. **PubMed** Pitoni S, D'Arrigo S, Grieco DL, Idone FA, Santantonio MT, Di Giannatale P, et al. Tidal Volume Lowering by Instrumental Dead Space Reduction in Brain-Injured ARDS Patients: Effects on Respiratory Mechanics, Gas Exchange, and Cerebral Hemodynamics. *Neurocrit Care.* 2020 Apr 22;1-10.
11. **PubMed** Girault C, Breton L, Richard J-C, Tamion F, Vandelet P, Aboab J, et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients\*. *Crit Care Med.* 2003; 31(5):1306-11.
12. **PubMed** Lucato JJJ, Cunha TMND, Reis AMD, Picanço PSA, Barbosa RCC, Liberali J, et al. Ventilatory changes during the use of heat and moisture exchangers in patients submitted to mechanical ventilation with support pressure and adjustments in ventilation parameters to compensate for these possible changes: a self-controlled intervention study in humans. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2017;29(2):163-70.
13. **PubMed** Thomachot L, Viviand X, Lagier P, Dejode JM, Albanèse J, Martin C. Measurement of tracheal temperature is not a reliable index of total respiratory heat loss in mechanically ventilated patients. *Crit Care.* 2000/12/08. 2001;5(1):24-30.
14. **PubMed** Martin C, Perrin G, Gevaudan MJ, Saux P, Gouin F. Heat and moisture exchangers and vaporizing humidifiers in the intensive care unit. *Chest.* 1990 Jan;97(1):144-9.
15. **NEJM** Ginestra JC, Atkins J, Mikkelsen M, Mitchell OJL, Gutsche J, Jablonski J, et al. The I-READI Quality and Safety Framework: A Health System's Response to Airway Complications in Mechanically Ventilated Patients with Covid-19. *NEJM Catal.* 2021 Nov 7;2(1).



Tous les résumés d'articles cliniques sont rédigés de manière indépendante par Biowrite Solutions. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être reproduite par quelque procédé que ce soit dans quelque langue que ce soit sans le consentement écrit du titulaire du droit d'auteur. Malgré le soin apporté pour garantir la précision des informations contenues dans la présente publication, ni Biowrite Solutions ni Fisher & Paykel Healthcare ne pourront en aucune façon être tenus responsables de l'exactitude de ces informations dans le temps ou de toute erreur, omission ou imprécision et de toute conséquence en découlant.

Pour plus d'informations, veuillez contacter votre représentant local  
Fisher & Paykel Healthcare