

# Humidification des voies aériennes lors de la ventilation à domicile

S. Sortor Leger

---

L'humidification des voies aériennes est un facteur crucial de la tolérance de l'assistance ventilatoire, et, par voie de conséquence, de la compliance thérapeutique lorsqu'il s'agit de ventilation à domicile. En complément des articles de la série « ventilation à domicile » coordonnée par A. Mercat, A. Cuvelier et J-L Pépin, cette fiche technique a pour objectif de donner sur ce problème parfois épineux des éléments pratiques qui ne peuvent qu'aider les prescripteurs et leurs patients à obtenir les meilleurs résultats possibles.

---

Le retour à domicile des patients atteints d'insuffisance respiratoire aiguë et nécessitant une ventilation artificielle est une éventualité souhaitable. Pour qu'une telle démarche soit couronnée de succès, on devra porter la plus grande attention aux détails de l'organisation de cette prise en charge. L'humidification administrée au moyen de vapeur d'eau moléculaire est reconnue comme indispensable chez les patients ventilés par trachéotomie et est, maintenant, de plus en plus utilisée dans la ventilation non-invasive. Cet article se propose d'examiner les différentes indications d'un système d'humidification chez les patients sous ventilation mécanique à domicile, d'effectuer une revue de la littérature afin de recenser les résultats positifs obtenus grâce à l'humidification et, en dernier lieu, de décrire les types d'humidificateurs les plus efficaces.

## Introduction

Pour que la fonction pulmonaire s'exerce normalement et, en particulier, pour que la fonction muco-ciliaire ait lieu dans des conditions optimales, il est nécessaire que les gaz inspirés subissent un conditionnement avant de pénétrer dans les voies aériennes inférieures. Le nez, de même que les voies aériennes supérieures, possèdent toutes les caractéristiques d'un climatiseur efficace ; ils sont dotés de structures favorisant la formation de turbulences ainsi qu'un contact prolongé entre l'air qui s'écoule et les muqueuses. Les muqueuses des voies aériennes supérieures étant abondamment vascularisées, elles assurent l'humidification et le réchauffement de l'air inspiré. En conditions normales, l'air inspiré est porté à environ 32 °C et a été complètement humidifié lorsqu'il quitte le pharynx. C'est dans la trachée moyenne que, normalement, l'air est amené à la température du corps (37 °C) et qu'il atteint le

ResMed SA, Saint-Priest, France.

**Correspondance** : S. Sortor Leger  
ResMed SA, Parc de la Bandonnière, 2, rue Maurice Audibert,  
69800 Saint-Priest.  
SusanSL@resmed.fr

*Réception version princeps à la Revue : 22.09.2005.  
Acceptation définitive : 05.10.2005.*

degré requis d'hygrométrie, à savoir : 44 mg/l ; cette région est appelée ISB *Isothermic Saturation Boundary* (Limite de Saturation Isotherme). Pendant l'expiration, l'écoulement aérien s'inverse et un tiers, environ, de l'eau qui s'est évaporée pendant l'inspiration est récupérée par condensation. En dépit de la récupération de l'eau pendant l'expiration, les voies respiratoires perdent 300 à 400 ml d'eau toutes les 24 heures (pertes respiratoires insensibles).

En court-circuitant les voies aériennes supérieures, la sonde de trachéotomie shunte aussi le système de mise en condition de l'air et fait descendre l'ISB le long de l'arbre aérien. Ceci provoque l'assèchement des muqueuses ainsi qu'une augmentation de la viscosité des sécrétions aboutissant à une diminution de la clairance muco-ciliaire. Après un certain temps, on observe un dysfonctionnement ciliaire, une destruction des cellules des muqueuses, une atelectasie et une pneumonie. Les premières tentatives de recours à la ventilation invasive sans humidification se sont généralement soldées par ces complications et l'adjonction d'un humidificateur est devenue la norme dans la prise en charge des patients recevant une ventilation invasive. Les humidificateurs utilisés pour la ventilation invasive au long cours délivrent dans la sonde trachéale un gaz complètement réchauffé et humidifié ; dans le cas de la ventilation des nourrissons, ces humidificateurs peuvent être dotés de fils chauffants incorporés au système d'administration d'air.

La ventilation non invasive (VNI) est, maintenant, une technique couramment utilisée pour la ventilation à domicile des malades chroniques. Bien que l'administration de la ventilation au masque et non plus au moyen d'une sonde trachéale évite de court-circuiter l'appareil naturel de conditionnement de l'air, cette méthode a toutefois l'inconvénient de soumettre l'organisme à un stress non négligeable. Les structures de mise en condition de l'air sont appelées à modifier leurs modes de travail en fonction de l'environnement et, dans ce cas, un réseau neural local intervient pour réguler l'échange d'eau entre les vaisseaux sanguins de la muqueuse et sa surface. Le besoin en eau s'accroît si l'air inhalé est froid et sec et si les débits augmentent ; il en va de même si le débit d'air est principalement unidirectionnel, ce qui empêche l'eau d'être restituée à la muqueuse lors de l'expiration. Si le besoin en humidification dépasse la capacité d'apport en eau de la muqueuse, celle-ci devient progressivement hyperosmolaire. Dans le cas où cette situation se prolonge, on assiste à un déclenchement du processus inflammatoire dans les cellules et à une congestion des muqueuses. Ce processus débute par une sensation de sécheresse au niveau des muqueuses nasales ainsi que par une gêne qui progresse vers une aggravation de la congestion nasale qui donne lieu, enfin, à la production d'un écoulement.

La ventilation en pression positive crée fréquemment des conditions qui finissent par submerger et rendre inopérant l'organe de conditionnement de l'air, ce qui aboutit à une inflammation des muqueuses et à des symptômes affectant les voies aériennes supérieures.

## L'humidification en ventilation invasive

La ventilation mécanique à domicile par trachéotomie est de moins en moins utilisée car il est maintenant possible de ventiler la plupart des patients grâce à des techniques non invasives. Toutefois, en France, elle continue à être pratiquée chez un nombre important de malades. La majorité des patients utilisant cette technique sont atteints de maladies neuromusculaires et ont des difficultés à tousser pour mobiliser les sécrétions. Pour ces patients, il est utile d'ajouter à la prise en charge quotidienne, des techniques de désencombrement comme l'aide à la toux lorsqu'un phénomène de congestion s'installe. Comme la canule de trachéotomie fait pénétrer l'air dans les poumons en court-circuitant le nez et les voies aériennes supérieures, il est nécessaire d'utiliser un système d'humidification, non seulement pour humidifier, mais aussi, parfois, pour réchauffer l'air qui entre dans la canule de trachéotomie. La quantité de chaleur et d'humidité fournie par un humidificateur est, généralement, appelée le taux d'humidification. Les patients sous ventilation mécanique et ayant des sécrétions normales nécessitent au minimum de 26 mg H<sub>2</sub>O/l pour éviter l'assèchement des sécrétions et assurer une bonne fonction muco-ciliaire. Lorsque les voies aériennes supérieures sont court-circuitées de façon permanente, ce besoin peut être légèrement modifié car la morphologie des voies aériennes supérieures devra s'adapter afin de permettre un meilleur échange de chaleur et d'humidité [1]. Les patients dont les sécrétions sont abondantes auront besoin de davantage de chaleur et d'humidité. Le taux d'humidification délivré aux patients sous ventilation mécanique dépend du type d'humidificateur utilisé. Habituellement, le ventilateur invasif fournit l'humidité par deux méthodes : un humidificateur est mobile, l'autre est fixe. Quel que soit le dispositif, celui-ci devrait délivrer au minimum 30 mg H<sub>2</sub>O/l de gaz insufflé à 30 °C [2].

La méthode fixe la plus fréquente utilise un humidificateur chauffant de type « Pass over » qui est placé à proximité du lit du patient et qui fonctionne pendant le sommeil (*fig. 1*). Avec ce type d'humidificateur, le gaz délivré par le ventilateur traverse une chambre d'humidification, lèche la surface d'eau contenue dans le réservoir et ressort par le circuit du ventilateur. Il s'agit de la forme la plus simple d'humidification et son efficacité dépend de la superficie du liquide et de la température. Le taux d'humidification généralement produit par un humidificateur chauffant est de 33 mg H<sub>2</sub>O/l [1]. Pour garantir le niveau d'humidification souhaité, il est nécessaire de chauffer l'eau dans l'humidificateur et de la maintenir à une température constante jusqu'à ce qu'il atteigne la canule de trachéotomie. Plus la différence entre la température dans la chambre d'humidification et la température ambiante est grande, plus forte sera la condensation sous forme de gouttelettes dans le circuit du patient (phénomène de "Rain-out"). La diminution de la température de l'humidificateur permettra de diminuer le "rain-out" mais aura aussi pour effet d'abaisser le taux d'humidité de l'air délivré au patient. Une solution simple pour éviter le "rain-out" et main-



Fig. 1.

tenir une température et un taux d'humidité adéquats est d'isoler le circuit du patient au moyen d'une manchette (fig. 2) ou de simplement l'enrouler d'une bande de coton ou de gaze. En raison du risque potentiel de "rain-out", il faut toujours veiller à installer l'humidificateur au même niveau que le ventilateur ou à un niveau inférieur à celui-ci pour éviter que l'eau ne reflue vers la machine.



Fig. 2.

Avec les humidificateurs « pass-over », il est recommandé d'utiliser de l'eau propre déminéralisée. Pour diminuer le coût de l'approvisionnement en eau déminéralisée, certaines institutions spécialisées dans la prise en charge des patients à domicile recommandent l'utilisation de filtres du commerce (comme ceux de la marque Brita), étant donné la plus grande commodité d'utilisation et le moindre prix de revient comparé à l'achat d'eau déminéralisée. L'eau introduite dans l'humidificateur doit être changée quotidiennement. Les recommandations concernant le nettoyage et le remplacement de l'humidificateur varient considérablement et sont, généralement, laissées à l'appréciation des organismes. En cas d'infection, il est possible de décontaminer la chambre d'inhalation en la faisant tremper pendant plusieurs heures dans une solution contenant 1/3 de vinaigre blanc et 2/3 d'eau. On prendra soin de rincer la chambre d'humidification avant de la réutiliser.

Les humidificateurs chauffants « pass-over » constituent le moyen le moins coûteux et le plus efficace pour humidifier l'air administré aux patients ventilés par une méthode invasive mais cette technique est mal commode et n'offre pas des garanties de sécurité suffisantes si les patients sont mobiles, en particulier, s'ils sont en fauteuil roulant. Il existe un risque que l'eau coule sur les batteries du fauteuil roulant. Un autre inconvénient est que les mouvements risquent de faire pénétrer eau dans le ventilateur.

L'humidificateur mobile pour les patients sous ventilation invasive fait appel à la technique du condensateur humidificateur hygroscopique ; ce type d'appareil est souvent appelé "nez artificiel" ou "Filtre échangeur de chaleur et d'humidité" (FECH). Il en existe une grande variété de formes et de types fonctionnant avec différentes sortes de matériaux filtrants. La plupart des FECH comportent une cartouche filtrante constituée d'un matériau tissé et plissé à travers lequel passent les gaz inspirés et expirés. Ce matériel hygroscopique recueille l'eau des gaz expirés et la restitue lors de l'inspiration. Les études en laboratoire de ces dispositifs indiquent un taux d'humidification de 18 à 28 mg H<sub>2</sub>O/l à un VT de 500-1 000 ml. Les cliniciens doivent, cependant, garder à l'esprit que les nez artificiels les plus efficaces restituent à peine 70 à 80 % de l'humidité de l'air expiré par le patient, de sorte que l'utilisation de ce système ne compense jamais la perte nette en chaleur et en humidité. C'est pour cette raison qu'ils sont presque toujours associés à un humidificateur chauffant « pass-over » fixé à l'appareil. L'utilisation d'un FECH n'est pas recommandée chez les patients ayant un volume courant expiré inférieur à 70 % du volume courant administré. On peut rencontrer ce genre de situation chez les patients trachéotomisés qui dégonflent leur ballonnet pour permettre la phonation. Il est important de garder à l'esprit qu'un volume courant suffisant expiré dans le FECH est nécessaire pour garantir un taux d'humidité satisfaisant. Dans un nez artificiel, la résistance au débit des gaz s'accroît au fur et à mesure que la densité du filtre augmente et que l'espace mort diminue. Cette augmentation de résistance peut avoir un effet délétère sur le travail respiratoire du patient et peut,

pour certains ventilateurs, perturber le fonctionnement des alarmes, comme l'alarme pression basse, par exemple. L'inconvénient majeur associé à l'augmentation de la résistance dans le FECH est que le matériel filtrant peut s'obstruer sous l'effet des sécrétions produites par la toux. Enfin, il convient de déconnecter le FECH du circuit du patient pendant l'administration d'un traitement par aérosol lorsque le nébuliseur est raccordé au circuit du patient. Cela permet d'éviter l'accumulation de substances médicamenteuses dans le FECH ce qui risquerait d'augmenter significativement la résistance. Néanmoins, le respect des recommandations du constructeur en ce qui concerne le changement régulier du FECH devrait permettre d'éviter ces difficultés potentielles. La plupart des constructeurs préconisent de changer le nez artificiel toutes les 24 heures, mais de récentes études indiquent que si le dispositif reste exempt de sécrétions, l'intervalle de changement peut être toutes les 48 heures ou mêmes 72 heures sans effets délétères à condition que l'on prenne le soin de l'inspecter régulièrement pour vérifier la présence de sécrétions [3]. Pour une utilisation à domicile, certaines institutions spécialisées dans les soins à domicile recommandent un rythme de changement toutes les 24 heures d'utilisation effective, ce qui peut prolonger la durée à 48 ou 72 heures. L'inconvénient majeur de l'utilisation des FECH à domicile est leur coût. Actuellement, le coût moyen d'un FECH se situe entre 2 et 3 euros qui sont intégrés dans le barème de remboursement de la ventilation mécanique à domicile. Il n'y a pas de remboursement séparé prévu pour les dispositifs d'humidification.

## L'humidification dans la ventilation non invasive (VNI)

La ventilation non invasive consiste en l'administration d'une ventilation artificielle dans les poumons au moyen de techniques qui ne nécessitent ni une trachéotomie ni une intubation endotrachéale. Avec la ventilation non-invasive à pression positive (NPPV), il est pratiquement impossible d'éviter un certain degré de fuite d'air, que ce soit par la bouche avec les masques nasaux, par le nez avec les embouts buccaux ou autour du masque avec n'importe quel type d'interface. Grâce aux progrès de la technologie, la plupart des ventilateurs à pression ont la possibilité de compenser ces pertes inhérentes aux systèmes en augmentant de façon considérable le débit d'air ; toutefois, cette compensation peut aboutir à des débits inspiratoires qui peuvent être le double ou le triple des débits d'air inspirés pendant la respiration spontanée. Les effets indésirables les plus fréquemment associés à des débits d'air élevés sont la sécheresse de la muqueuse nasale ou buccale, la congestion nasale et les écoulements [4]. La congestion et la sécheresse nasales constituent des plaintes fréquentes chez les patients sous VNI et sont des phénomènes souvent décrits dans la littérature. Lorsque ces effets revêtent une forme sévère, ils peuvent conduire à l'épistaxis et à une mauvaise tolérance du système de ventilation par le patient. Pereira et

ses collaborateurs ont indiqué que dans une étude comportant 64 insuffisants respiratoires chroniques traités par ventilation non invasive au moyen de ventilateurs à turbine, 86 % se plaignaient de symptômes nasaux et 48 % de sécheresse de la gorge. Les auteurs concluent que l'humidification devrait être proposée systématiquement [5]. Dans une autre étude examinant la tolérance et l'efficacité de la VNI chez 78 patients insuffisants respiratoires chroniques, 69 % considéraient l'obstruction nasale comme un effet indésirable majeur [6].

Bien que plusieurs mécanismes puissent être impliqués dans le développement d'une telle gêne au niveau du nez, on pense généralement que les symptômes des voies aériennes supérieures sont dus aux fuites, en particulier au niveau de la bouche, parce qu'elles occasionnent un écoulement d'air inspiratoire unidirectionnel dans le nez et un dessèchement progressif des muqueuses nasales. Plus précisément, ce mécanisme d'écoulement inspiratoire unidirectionnel favorise la libération de médiateurs inflammatoires qui peuvent augmenter la résistance des voies aériennes nasales [7]. Les patients qui souffrent d'une affection nasale chronique peuvent essentiellement respirer par la bouche et, de ce fait, développer des fuites autour de la bouche dans le cadre d'une PPC.

D'autres facteurs pouvant justifier le recours à l'humidification lors d'une NPPV sont la ventilation à des pressions élevées, l'utilisation d'un apport en oxygène ou l'utilisation de médicaments contribuant à l'assèchement ou les deux, ou une hydratation insuffisante du patient [8]. Les patients qui requièrent un niveau de pression ventilatoire élevé sont les plus susceptibles de développer des fuites, et sont, donc, ceux qui présentent le plus de risques de développer des manifestations des voies aériennes. L'apport d'oxygène dans le cas d'une VNI à domicile est habituellement réalisé au moyen d'un concentrateur d'oxygène ou de bouteilles d'oxygène liquide. Les deux systèmes délivrent de l'oxygène qui est très sec. Plus la concentration d'oxygène ajouté au circuit du ventilateur est élevée, plus l'oxygène contribuera à diminuer le taux d'humidité absolu de l'air inspiré. Un grand nombre de ventilateurs portables ne sont pas équipés de mélangeurs d'oxygène, aussi, l'oxygène supplémentaire est habituellement alimenté directement dans le circuit inspiratoire par un raccord en T placé à la sortie du ventilateur avant l'humidificateur. Le fait de faire transiter l'oxygène par l'humidificateur avant d'arriver au patient diminue l'effet asséchant.

Bien qu'à l'heure actuelle peu de données aient été publiées concernant l'humidification dans le cadre d'une VNI, les résultats des études portant sur la ventilation en pression positive continue (PPC) nocturne et l'humidification dans l'apnée du sommeil semblent pouvoir être transposés à la VNI. Dans une étude expérimentale sur des sujets sains, Richards et coll. [9] ont démontré que les fuites survenant par la bouche pendant la PPC nocturne provoquaient une augmentation significative de la résistance nasale mais que ce phénomène pouvait être évité en humidifiant abondamment l'air inspiré. Martins et coll. [10] ont constaté que l'utilisation d'un système d'humidification et de chauffage de l'air pen-

tant une PPC nocturne pouvait considérablement diminuer la sécheresse de l'air inhalé, même en présence de fuites buccales, et qu'elle pouvait être totalement évitée en utilisant un masque facial.

Il est clair que les symptômes nasaux provoqués par les fuites peuvent être évités par le port d'un masque facial complet ou par le recours à des humidificateurs chauffants, mais les faibles niveaux d'humidification fournis par les humidificateurs froids « pass-over » rendent ces systèmes moins efficaces [11]. L'humidification la plus efficace est celle qui est administrée après chauffage et ce, à un stade précoce du traitement, avant que les effets indésirables au niveau de la muqueuse nasale n'aient eu le temps d'apparaître.

La problématique de l'humidification dans la ventilation non invasive est assez peu différente de celle de l'humidification dans la ventilation invasive. Les humidificateurs fixés à l'appareil sont généralement les mêmes que ceux qui sont utilisés dans les modes invasifs. L'humidification étant devenue une pratique plus courante dans la NPPV, les fabricants proposent maintenant des systèmes avec humidificateur intégré (fig. 3).

Etant donné que la NPPV est principalement utilisée pendant la nuit, un dispositif d'humidification portable est rarement nécessaire. Si l'on envisage la ventilation mécanique à domicile avec système d'humidification, il est important de



Fig. 3.

garder à l'esprit que son efficacité sera moindre s'il s'agit d'une VNI et si des fuites sont présentes.

## L'humidification et les infections nosocomiales

L'une des inquiétudes souvent évoquées lorsqu'on envisage d'apporter un complément d'humidification est le risque d'infection en cas de contamination du circuit. Rien n'indique qu'un tel problème soit réel dans le cadre d'une utilisation à domicile. Une étude récente, présentée sous la forme d'un résumé lors du congrès de l'*European Respiratory Society* en 2004, a montré qu'après 6 mois d'utilisation on observait, sur toutes les interfaces de la plupart des systèmes chauffants, une colonisation par des bactéries présentes sur la peau et dans le pharynx. Toutefois, les agents pathogènes de la pneumonie et les champignons sont rares et ne provoquent pas d'infections ayant une pertinence clinique. Dans cette étude, les malades devaient nettoyer leur masque avec de l'eau savonneuse, remplir le système chauffant avec de l'eau stérile et faire bouillir les flexibles [12]. Une autre étude récente a montré que la contamination des ventilateurs et le risque d'infection des patients ne dépendaient ni du type de ventilateur utilisé ni de la durée sous ventilation ni, même, de la présence ou non d'un humidificateur mais de l'attention portée à la propreté de l'appareil et à sa maintenance [13].

Les données dont nous disposons actuellement démontrent clairement que les avantages de l'utilisation d'un humidificateur surpassent les risques éventuels d'infection, mais des études portant sur un plus grand nombre de malades seraient nécessaires.

## Conclusion

En résumé, les données actuelles nous permettent de conclure que :

- L'humidification devrait être utilisée chez tous les patients sous une assistance ventilatoire amenant à shunter les voies aériennes supérieures,
- Un grand nombre d'utilisateurs de VNI se plaignent de symptômes des voies aériennes supérieures occasionnés par le traitement. L'humidification doit être envisagée pour augmenter le bien-être du patient et diminuer les symptômes nasaux,
- L'humidification doit être envisagée chez tous les patients sous VNI qui produisent des sécrétions en excès ou qui sont incapables de mobiliser ces sécrétions par la toux,
- Les filtres échangeurs de chaleur et d'humidité sont utiles lorsqu'ils sont utilisés sous forme d'humidificateurs portables, particulièrement, chez les patients bénéficiant de la ventilation invasive. On utilisera ces appareils avec prudence en présence de fuites ou chez les patients qui ont un volume courant expiré inférieur à 70 % du volume courant total administré,
- Le risque de colonisation du ventilateur par des agents pathogènes et de contamination des patients peut être évité en

respectant les règles d'hygiène et en veillant à l'entretien du ventilateur et ne dépend pas de l'utilisation ou non d'un humidificateur,

– Aucune étude clinique n'a été effectuée pour la VNI ; par contre, celles menées pour la PPC recommandent l'utilisation d'une humidification chauffante de préférence à l'insufflation d'air sec ou d'air humidifié mais non chauffé et montrent clairement les avantages d'une humidification chauffante pour les patients qui en ont besoin,

– Des études plus nombreuses devraient être organisées pour examiner le rôle de l'humidification dans la ventilation mécanique à domicile.

## Remerciements

L'auteur souhaite remercier les personnes qui l'ont aidé dans la rédaction de cet article : le Pr Thomas Similowski, le Dr Glenn Richards, le Dr Sylvie Rouault, Megumi Sata, Patrick McSweeney et le Dr Patrick Leger.

## Références

- 1 Branson RD : Humidification for Patients with Artificial Airways. *Respir Care* 1999 ; 44 : 630-42.
- 2 AARC Clinical Guidelines : Humidification during mechanical ventilation. *Respir Care* 1992 ; 37 : 887-90.
- 3 Davis K JR, Evans SL, Campbell RS, Johannigman JA, Luchette FA, Porembka DT, Branson RD : Prolonged use of heat and moisture exchangers does not effect device efficiency or incidence of nosocomial pneumonia. *Crit Care Med* 2000 ; 28 : 1412-8.
- 4 Mehta S, Hill N : Noninvasive ventilation: State of the Art. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 163 : 540-77.
- 5 Pereira C, Cain-Rossow B, Tamisier R, Macone F, Barel R, Blaive B, Perrin C : Analyse des effets indésirables au cours de la ventilation en pression positive intermittente par masque à domicile dans l'insuffisance respiratoire chronique. *Rev Mal Respir* 2001 ; 17 : 1S69.
- 6 Pinto P, Branco E, Caetano F, Santos J, Bugalho A, Santos O, Borrego M, Tavares M, Raposo L, Barbabra C : 5<sup>th</sup> Mediterranean Meeting on Non Invasive Ventilation 2000.
- 7 Fontanari P, Burnet H, Zattara-Hartmann MC, Badier M, Jammes Y : Changes in airway resistance induced by nasal or oral intermittent positive pressure ventilation in normal individuals. *Eur Respir J* 1999 ; 13 : 867-72.
- 8 Rakotonanahary D, Pelletier-Fleury N, Gagnadoux F, Fleury B : Predictive factors for the need for additional humidification during nasal continuous positive airway pressure therapy. *Chest* 2001 ; 119 : 460-5.
- 9 Richards GN, Cistulli PA, Ungar RG, Berthon-Jones M, Sullivan CE : Mouth leak with nasal continuous positive airway pressure increases nasal airway resistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1996 ; 154 : 182-6.
- 10 Martins de Araujo MT, Vieira SB, Vasquez EC, Fleury B : Heated humidification or face mask to prevent upper airway dryness during continuous positive airway pressure therapy. *Chest* 2000 ; 117 : 142-7.
- 11 Massie CA, Hart RW, Peralez K, Richards GN : Effects of humidification on nasal symptoms and compliance in sleep apnea patients using continuous positive airway pressure. *Chest* 1999 ; 116: 403-8.
- 12 Kink E, Huber M, Schweiger E, Hartl S, Burghuber OC : Microbial colonisation of interface and heating system in noninvasive home ventilation. *Eur Resp J* 2004 ; 24 : 544s.
- 13 Rodriguez Gonzalez-Moro JM, Andrade Vivero G, De Miguel Diez J, Lopez Martin S, Sanchez C, Izquierdo Alonso JL, De Lucas Ramos P : Bacterial colonization and home mechanical ventilation: prevalence and risk factors. *Arch Bronconeumol* 2004 ; 40 : 392-6.