

Moussa RIACHY

Riachy M. Modalités pratiques de réalisation de la ventilation non invasive en aigu. J Méd Lib 2006 ; 54 (1) : 32-36.

ABSTRACT : Noninvasive ventilation is currently an established therapeutic tool. The tendency to its generalization emanates from the avoidance of invasive endotracheal intubation but also from the reduction of the duration of stay in critical care unit, the reduction in the incidence of nosocomial pneumonia and the reduction of mortality. The success of non-invasive ventilation requires a coordinated staff work between the couple physiotherapist/nurse responsible of the application of noninvasive ventilation and the treating physician responsible of the adjustments and modifications of the respiratory parameters. The follow-up appreciates the effectiveness, detects the complications and checks that ventilation is applied correctly.

La ventilation non invasive (VNI) désigne la ventilation sans recours à une sonde oro- ou nasotrachéale. Elle utilise un respirateur qui délivre son support ventilatoire à travers une interface nasale, buccale ou faciale. A côté de ce choix que l'on pourrait qualifier de « philosophique » entre intubation et non-intubation, il existe des raisons plus pragmatiques pour choisir la VNI. Ces raisons sont : une réduction de la durée de séjour en réanimation [1], une diminution de l'incidence des pneumopathies nosocomiales [2-4], une réduction de la mortalité [2, 5-12]. Elles constituent un argument fort en faveur d'une généralisation de la VNI.

I. TRIAGE DES MALADES POUR LA VNI

La ventilation non invasive est une méthode sûre et efficace dans la correction des mécanismes physiopathologiques de l'insuffisance respiratoire aiguë, dans la réduction du travail ventilatoire alors que les traitements concomitants corrigent ses causes.

Le succès de la ventilation non invasive (VNI) en tant

que traitement des décompensations aiguës des bronchopathies chroniques obstructives est largement établi dans la littérature scientifique médicale [5, 8, 13-14] et est considérée actuellement comme une intervention de premier niveau dans la prise en charge de ces malades [15]. Dans une méta-analyse récente, Keenan et collaborateurs [14] rapportent que l'adjonction de la ventilation non invasive au traitement standard des exacerbations modérées et sévères de bronchopathies chroniques diminue le taux des intubations (réduction du risque de 28%, intervalle de confiance [IC] à 95% 15-40%), le séjour hospitalier (4,57 jours, IC à 95% 2,30-6,83 jours) et le taux de mortalité intrahospitalière (réduction du risque 10%, IC à 95% 5-15%).

En contrepartie, l'insuffisance respiratoire aiguë hypoxémique est le point culminant de plusieurs pathologies et les mécanismes responsables de l'hypoxie peuvent largement varier (shunt, *mismatch* ventilation/perfusion, problème de diffusion). Dans ces cas, l'efficacité de la ventilation non invasive dépend non seulement de la sévérité de l'hypoxie, mesuré par le rapport PaO₂/FiO₂, mais aussi et surtout de la pathologie sous-jacente. Ainsi le résultat est très disparate s'il s'agit d'un œdème pulmonaire cardiogénique ou d'une pneumonie communautaire [16]. Dans une étude de cohorte prospective multicentrique sur 354 malades [17], le taux d'intubation est abaissé chez les malades souffrant d'œdème pulmonaire cardiogénique (10%), d'une contusion pulmonaire (18%) et d'une atélectasie (32%). Par contre, un taux d'échec élevé avec nécessité d'intubation est observé chez les malades avec un syndrome de détresse respiratoire de l'adulte (51%) et de pneumonie communautaire (50%).

La ventilation non invasive est contre-indiquée en présence d'une instabilité cardio-vasculaire (hypotension artérielle, arythmie sérieuse, ischémie myocardique), traumatisme ou brûlure cranio-faciale, impossibilité de protéger les voies aériennes ou quand l'indication d'une intubation urgente est présente [8, 14].

II. LIEU ADÉQUAT DE LA RÉALISATION DE LA VNI

Puisque la paralysie et la sédation ne sont pas nécessaires et parce que le patient ne dépend pas nécessairement d'une machine pour la respiration, la ventilation en dehors d'un service de réanimation est une option. La probabilité du succès de la technique est un facteur important dans la décision où la ventilation non invasive devrait être exécutée [18]. L'accès facile à la ventilation invasive est important quand la ventilation non invasive

Service de Pneumologie et de Réanimation médicale, CHU Hôtel-Dieu de France & Faculté de Médecine, Université Saint-Joseph, Beyrouth, Liban.

Correspondance : Dr Moussa Riachy. Service de Pneumologie et de Réanimation médicale. Hôtel-Dieu de France. Rue Alfred Naccache. Achrafieh - Beyrouth. Liban.

Tél.: (961) 1 615 300/400 Ext 9218/8058

Fax : (961) 1 611 144 E-mail : riachy@dm.net.lb

n'est pas indiquée dès le début ou échoue après une première épreuve [19]. La ventilation non invasive pour des exacerbations aiguës de la maladie pulmonaire obstructive chronique peut être efficace en salle, cependant habituellement chez les patients présentant des exacerbations moins graves [20-21]. Une unité intermédiaire, ou même un département d'urgence spécialisé [6] ayant une expertise particulière en ventilation non invasive peut fournir un meilleur environnement en termes de résultats, mais également de rentabilité.

III. MISE EN PLACE INITIALE DE LA VNI

La prise en charge d'un malade en VNI est une charge au moins aussi importante que celle d'un malade intubé, du moins à la phase initiale [22]. Par la suite, lorsque le malade est stabilisé, les procédures deviennent routinières. Le patient va s'autonomiser et collaborer. Le deuxième passage difficile sera le passage à une interface nasale ou buccale seule, en relais de l'interface naso-buccale qui est le plus souvent choisie au départ, s'il est nécessaire de continuer la VNI.

L'explication de l'intensité de cette prise en charge réside dans le fait que l'interface malade-respirateur est instable et que le malade dépendant de cette interface ne peut être sédaté que d'une manière judicieuse [7]. De là découle un risque d'accidents de débranchement du malade.

La ventilation va être plus difficile à régler car il ne peut être question de forcer un malade à s'adapter à son respirateur en l'endormant. Il faudra donc conjuguer persuasion, efficacité ventilatoire (en particulier essayer de commencer par diminuer la dyspnée quand elle existe : convaincre un malade essoufflé qu'on va l'améliorer en l'enfermant sous un masque n'est pas forcément une tâche facile) et donc jouer de finesse dans les réglages.

Il sera plus facile d'adapter le malade somnolent hypercapnique hypoventilant (ex : décompensation d'insuffisance respiratoire chronique) que le malade confus agité hyperventilant parce qu'en détresse aiguë (ex : pneumopathie grave, syndrome de détresse respiratoire de l'adulte).

1. Rôle de l'infirmière/infirmier

Elle va effectuer tous les branchements du malade tout au long de son évolution. Il n'y a qu'à la phase d'adaptation (en pratique souvent seulement les deux premiers branchements compte tenu des contraintes horaires) que le branchement est effectué par le kinésithérapeute.

Elle va continuer tout au long de ces branchements à expliquer le but et la raison de la VNI, prolongeant le rôle didactique qui a été initialisé par le kinésithérapeute et le médecin. Elle évalue l'état de conscience, et le note.

Elle s'assure avant tout branchement : • 1. Dégagement des voies aériennes (encombrement, dentier) et prend ou fait prendre les mesures nécessaires si un problème est détecté. • 2. Elle fait le bilan des lésions cutanées afin

de choisir l'interface et de comparer aux lésions qu'elle observera au débranchement suivant. Elle note par écrit ce qu'elle observe. • 3. Avant tout branchement elle vérifie que le matériel d'urgence est disponible et en état. Puis le branchement sera réalisé en appliquant manuellement le masque et en recherchant la position d'étanchéité maximale. Une fois celle-ci déterminée elle attache les sangles qui ont été au préalable glissées sous l'occiput. Les sangles doivent être serrées au minimum afin de préserver la peau et de limiter toute douleur, d'où l'importance de rechercher au préalable la position d'étanchéité maximale. Pour ne pas déplacer le masque au cours des manœuvres d'accrochage des sangles, l'aide de l'aide-soignant(e) du secteur est vivement souhaitée. A défaut, une collègue ou tout autre membre du personnel soignant fera l'affaire.

Il est important de parler au malade durant cette phase de manière à le rassurer car le branchement est toujours ressenti négativement (contrainte importante en perspective). Le patient sera installé en position demi-assise, la sonnette à portée de main, le saturomètre en place. A la fin de la séance, elle assure le débranchement.

2. Rôle du kinésithérapeute

Son rôle aussi est essentiel puisqu'il est chargé de l'apprentissage, de la mise en œuvre des premières séances. A ce titre il est l'homme clé de la gestion de l'interface et il peut intervenir sur les réglages du respirateur afin d'assurer le confort ventilatoire et les fuites minimales. Il soumet ses interventions au médecin responsable. Il travaille donc en collaboration avec le médecin et l'infirmière et se trouve théoriquement au point de convergence de tous les intervenants dans les soins. Il est le pivot du traitement, au moins à sa mise en place.

Son rôle didactique est au moins aussi important. Dans la mesure où il est le responsable des premiers branchements il hérite de la fonction d'expliquer au malade le but du traitement, de le rassurer, de le persuader, de calmer son angoisse, etc. Il est souhaitable qu'il reste à côté du patient pendant tout le temps nécessaire à une tolérance acceptable et durable de la VNI. Si l'intolérance du malade est importante, il ne faut pas insister inutilement et recommencer fréquemment d'autres essais en multipliant les explications. Il est fréquent que ce soit la motivation affichée du personnel soignant qui finisse par se transmettre au malade.

Il faut débiter en tenant le masque à la main, en encourageant le patient et en l'aidant à ressentir ce qu'il doit recevoir de la ventilation, en le conseillant sur la manière de respirer sous VNI. A cette phase, il vaut mieux raccourcir les périodes de ventilation, quitte à les répéter plus souvent, pour obtenir un effet d'apprentissage et apprivoiser le malade sans le décourager par les difficultés qu'il pourrait rencontrer à se laisser ventiler. On va laisser peu à peu le malade sous son masque de plus en plus longtemps, le quitter pour des périodes de plus en plus longues.

Au mieux cette phase est gérée par le duo kiné/infirmière. Si son rôle est majeur à la mise en place, il doit se sentir concerné tout au long de la prise en charge et ne doit pas trop vite tout déléguer à l'infirmière. Il doit intervenir à la demande si le malade doit être désencombré avant une séance de ventilation.

Si nécessaire, le kiné est responsable dans des cas particuliers de la confection de masques moulés « sur mesure » pour offrir étanchéité et confort suffisants.

3. Rôle de l'aide-soignante/soignant (ASD)

Son assistance lors du branchement et du débranchement du malade est vivement recommandée puisqu'elle doit participer à l'installation du malade et à la pose du masque. L'ASD doit participer au maternage du malade et son rôle d'encouragement, d'explication, de réassurance du malade est impératif, et ce n'est pas parce qu'infirmières, kinésithérapeutes et médecin ont déjà parlé que l'ASD n'a rien à rajouter, à apporter. Le malade doit avoir le sentiment que toute l'équipe est motivée par le résultat des soins qui lui sont apportés. L'ASD aura probablement un discours moins technique que les autres intervenants mais sera peut-être mieux compris(e).

Elle a un rôle fondamental dans le dépistage des troubles de la déglutition puisqu'elle participe aux repas du malade.

4. Rôle du médecin

Il pose l'indication de la VNI après en avoir éliminé les contre-indications. Il choisit le mode de ventilation et les réglages qu'il adapte au besoin du malade en collaboration avec le kinésithérapeute. Il participe à la prise en charge psychologique du malade et a un rôle didactique complémentaire de celui du duo infirmière/kiné.

Il détermine le rythme des séances et leur répartition dans le nyctémère. Il détermine l'interface (nasale, naso-buccale, buccale) et le rythme de la surveillance clinique et biologique.

IV. SURVEILLANCE DE L'APPLICATION DE LA VNI ET DE SON EFFICACITÉ

Elle est plus complexe que celle d'un malade intubé car elle comporte des aspects plus variés. A part la surveillance habituelle de tout malade de réanimation qui est fonction de sa pathologie propre, elle combine la surveillance d'un malade ventilé et celle d'un malade à risque d'être intubé en urgence.

La surveillance a plusieurs buts : vérifier que le traitement est administré correctement, en apprécier l'efficacité, et dépister les complications.

Avant chaque séance l'état d'encombrement du malade doit être estimé afin de proposer, si nécessaire, une séance de désencombrement préalable à la ventilation. Il faut en outre à chaque séance repositionner le masque autant de fois que nécessaire pour minimiser les fuites [23-24], s'assurer que la VNI est administrée correctement et que les réglages satisfont toujours le malade. Il faut pour cela apprécier la synchronisation entre

le malade et son respirateur [24-27].

L'efficacité de la ventilation sera appréciée sur des paramètres cliniques et paracliniques.

– La clinique [28] évalue des symptômes et des signes qui ne seront le témoin d'une évolution favorable que lorsqu'ils seront améliorés à la fin d'une période de ventilation spontanée. Leur amélioration sous VNI est un prérequis mais ne saurait être considéré comme un succès définitif. Ce sont : l'état de conscience, le mode ventilatoire, la dyspnée, la cyanose, les sécrétions (purulence, abondance), les signes d'hypercapnie aiguë (hypertension, sueurs, vasodilatation faciale = rougeur, tremblements, *flapping tremor*, somnolence, confusion, agitation), l'état de fatigue musculaire (ampliation thoracique, balancement thoraco-abdominal, force de toux, capacité physique pour le repas, la toilette, aide aux mobilisations, force de la voix).

– Les données objectives vont comporter une radiographie thoracique, la surveillance électrocardioscopique continue de la fréquence cardiaque, le monitoring continu de la SaO₂ et de la fréquence respiratoire, la surveillance régulière de la tension artérielle, de la diurèse. Les gaz du sang artériels sont à faire après 1 à 2 heures de ventilation et au besoin [7, 28]. La surveillance de la capnie est rendue possible dans des cas particuliers par des moyens non invasifs transcutanés et de fin expiratoire [29].

L'infirmière est le personnage clé. Elle va recueillir tous les signes qui vont renseigner sur une aggravation et/ou une amélioration. Chaque paramètre doit être évalué et noté en VS et sous VNI. Le kinésithérapeute intervient de concert avec l'infirmière dans la surveillance, le traitement et la prévention des complications. Il poursuit son rôle dans la kinésithérapie globale « non spécifique » du malade. L'activité de rééducation se fera si besoin sous VNI. L'ASD assiste l'infirmière (ou le kiné) dans la mesure du possible lors du branchement et participe à la surveillance et à la prévention des complications. Il est de son devoir d'identifier l'alarme et d'en informer le plus rapidement possible l'infirmière, le kiné, ou un médecin. Le médecin est le prescripteur des réglages du respirateur et de leurs modifications. Pour ce faire, il s'appuie sur les renseignements cliniques (fuites, comportement nocturne, synchronisation, difficultés de tolérance et/ou d'adaptation des masques, etc.) fournis par ses interlocuteurs, kinés et infirmier(e)s et bien sûr sur son observation personnelle du malade. Il se pose au quotidien la question de la nécessité de poursuivre ou non la VNI et le passage du masque naso-buccal au masque nasal ou buccal. Il continue à remplir son rôle didactique auprès du malade et de la famille.

V. DIFFÉRENCES PRATIQUES DANS LES MODES VENTILATOIRES DE LA VNI

Aucun mode de ventilation n'a fait la preuve d'une efficacité supérieure en terme de paramètres respiratoires physiologiques ou de mortalité par rapport à un autre mode [23, 30]. Toutefois, compte tenu des problèmes de fuites, il faut privilégier un bon synchronisme

entre malade et respirateur [24-27]. C'est sans doute pour cela que l'aide inspiratoire est le mode le plus utilisé mais la ventilation assistée contrôlée (VAC) peut faire presque aussi bien si elle est réglée finement. Le problème de la VAC est qu'elle impose une révision des réglages à chaque changement d'activité et d'état clinique du malade ; cela est fastidieux et inducteur de confusion car l'équipe infirmière ne dispose pas d'une prescription précise. Par ailleurs le mode PAV (*Proportional Assist Ventilation*) semble offrir une meilleure synchronisation entre patient et ventilateur [31-32].

Les avantages de l'aide inspiratoire (AI) [24, 33-35] sont alors sa souplesse d'adaptation aux besoins du malade et une meilleure compensation des fuites car le volume insufflé est augmenté par l'existence même de la fuite. En cas de fuite non contrôlable, les nouveaux respirateurs offrent la possibilité de limitation du temps inspiratoire (Timax) ou de variation du déclenchement (*trigger*) expiratoire. De même les nouveaux respirateurs de mode S/T (*Spontaneous/Timed*) peuvent atténuer ou gommer une hypoventilation alvéolaire chronique par le réglage d'une fréquence respiratoire minimale plus ou moins élevée.

Les avantages de la VAC [20, 23, 30] sont son indépendance vis-à-vis de l'effort du patient pour déclencher le respirateur (*trigger* inspiratoire) ; ceci est dû à sa capacité d'entraîner la fréquence respiratoire d'un malade en hypoventilation sévère. De même, ce mode a la capacité d'augmenter les pressions d'insufflation pour vaincre des résistances pulmonaires élevées. Ses inconvénients sont le manque d'adaptabilité aux besoins ventilatoires du patient et son incapacité à compenser les fuites.

VI. PRÉDICTION DE LA RÉUSSITE DE LA VNI

La succès de la ventilation se traduit par l'amélioration du pH et la chute dans la fréquence respiratoire. Confalonieri et coll. [28] montrent par un organigramme que les maladies ayant à l'admission un état de réveil altéré (Glasgow Coma Score < 11), une maladie sévère (APACHE II > 29), une fréquence respiratoire > 30 par minute et un pH < 7,25 ont un risque prédit d'échec > 70%. Après deux heures de ventilation, un pH < 7,25 augmente ce risque (> 90%).

VII. EFFETS INDÉSIRABLES DE LA VNI

L'aspect d'un confort qui serait meilleur sous VNI par rapport à ce qu'il est lorsque le malade est intubé, est plus relatif [9, 10, 23, 36-41]. Il sera directement menacé lorsque les complications propres mais rares de la VNI apparaîtront [42-43]. Dans ce cas il faudra que l'amélioration du malade soit nette pour s'autoriser à continuer « coûte que coûte ».

RÉFÉRENCES

1. Spessert CK, Weilitz PB, Goodenberger DM. A protocol for initiation of nasal positive pressure ventilation. *Am J Crit Care* 1993 ; 2 (1) : 54-60.
2. Nava S, Ambrosino N, Clini E et al. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. A randomized controlled trial. *Ann Intern Med* 1998 ; 128 (9) : 721-8.
3. Guerin C, Girard R, Chemorin C, De Varax R, Fournier G. Facial mask noninvasive mechanical ventilation reduces the incidence of nosocomial pneumonia. A prospective epidemiological survey from a single ICU [published erratum appears in *Intensive Care Med* 1998 Jan ; 24 (1) : 27]. *Intensive Care Med* 1997 ; 23 (10) : 1024-32.
4. Torres A, el-Ebiary M, Gonzalez J et al. Gastric and pharyngeal flora in nosocomial pneumonia acquired during mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1993 ; 148 (2) : 352-7.
5. Vitacca M, Clini E, Rubini F, Nava S, Foglio K, Ambrosino N. Noninvasive mechanical ventilation in severe chronic obstructive lung disease and acute respiratory failure : short- and long-term prognosis. *Intensive Care Med* 1996 ; 22 (2) : 94-100.
6. Wood KA, Lewis L, Von Harz, Kollef MH. The use of noninvasive positive pressure ventilation in the emergency department : results of a randomized clinical trial. *Chest* 1998 ; 113 (5) : 1339-46.
7. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 163 (2) : 540-77.
8. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease [see comments]. *N Engl J Med* 1995 ; 333 (13) : 817-22.
9. Kramer N, Meyer TJ, Meharg J, Cece RD, Hill NS. Randomized, prospective trial of noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure [see comments]. *Am J Respir Crit Care Med* 1995 ; 151 (6) : 1799-806.
10. Ambrosino N. Ventilation techniques : invasive versus noninvasive [see comments]. *Monaldi Arch Chest Dis* 1994 ; 49 (6) : 513-15.
11. Hilbert G, Gruson D, Portel L, Gbikpi-Benissan G, Cardinaud JP. Noninvasive pressure support ventilation in COPD patients with postextubation hypercapnic respiratory insufficiency. *Eur Respir J* 1998 ; 11 (6) : 1349-53.
12. Vitacca M. Where and how must we perform noninvasive mechanical ventilation ? *Monaldi Arch Chest Dis* 1997 ; 52 (1) : 80-2.
13. Ambrosino N. Noninvasive mechanical ventilation in acute on chronic respiratory failure : determinants of success and failure. *Monaldi Arch Chest Dis* 1997 ; 52 (1) : 73-5.
14. Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, Hill NS. Which patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease benefit from noninvasive positive-pressure ventilation ? A systematic review of the literature. *Ann Intern Med* 2003 ; 138 (11) : 861-70.
15. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002 ; 57 (3) : 192-211.
16. Domenighetti G, Gayer R, Gentilini R. Noninvasive pressure support ventilation in non-COPD patients with acute cardiogenic pulmonary edema and severe community-acquired pneumonia : acute effects and outcome. *Intensive Care Med* 2002 ; 28 (9) : 1226-32.
17. Antonelli M, Conti G, Moro ML et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients

- with acute hypoxemic respiratory failure : a multi-center study. *Intensive Care Med* 2001 ; 27 (11) : 1718-28.
18. Elliott MW, Confalonieri M, Nava S. Where to perform noninvasive ventilation ? *Eur Respir J* 2002 ; 19 (6) : 1159-66.
 19. Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, Wunderink R, Tolley E. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask. First-line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure. *Chest* 1996 ; 109 (1) : 179-93.
 20. Servera E, Perez M, Marin J, Vergara P, Castano R. Noninvasive nasal mask ventilation beyond the ICU for an exacerbation of chronic respiratory insufficiency. *Chest* 1995 ; 108 (6) : 1572-6.
 21. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. Early use of noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards : a multicentre randomized controlled trial. *Lancet* 2000 ; 355 (9219) : 1931-5.
 22. Nava S, Evangelisti I, Rampulla C, Compagnoni ML, Fracchia C, Rubini F. Human and financial costs of noninvasive mechanical ventilation in patients affected by COPD and acute respiratory failure. *Chest* 1997 ; 111 (6) : 1631-8.
 23. Girault C, Richard JC, Chevron V et al. Comparative physiologic effects of noninvasive assist-control and pressure support ventilation in acute hypercapnic respiratory failure [see comments]. *Chest* 1997 ; 111 (6) : 1639-48.
 24. Rabec CA, Reybet-Degat O, Bonniaud P, Fanton A, Camus P. [Leak monitoring in noninvasive ventilation]. *Arch Bronconeumol* 2004 ; 40 (11) : 508-17.
 25. Calderini E, Confalonieri M, Puccio PG, Francavilla N, Stella L, Gregoretti C. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation : the role of expiratory trigger. *Intensive Care Med* 1999 ; 25 (7) : 662-7.
 26. Liesching T, Kwok H, Hill NS. Acute applications of noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 2003 ; 124 (2) : 699-713.
 27. Kacmarek RM. NIPPV : patient-ventilator synchrony, the difference between success and failure ? *Intensive Care Med* 1999 ; 25 (7) : 645-7.
 28. Confalonieri M, Garuti G, Cattaruzza MS et al. A chart of failure risk for noninvasive ventilation in patients with COPD exacerbation. *Eur Respir J* 2005 ; 25 (2) : 348-55.
 29. Sanders MH, Kern NB, Costantino JP et al. Accuracy of end-tidal and transcutaneous PCO₂ monitoring during sleep. *Chest* 1994 ; 106 (2) : 472-83.
 30. Muir JF, Cuvelier A, Verin E, Tegang B. Noninvasive mechanical ventilation and acute respiratory failure : indications and limitations. *Monaldi Arch Chest Dis* 1997 ; 52 (1) : 56-9.
 31. Vitacca M, Clini E, Pagani M et al. Physiologic effects of early administered mask proportional assist ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2000 ; 28 (6) : 1791-7.
 32. Gay PC, Hess DR, Hill NS. Noninvasive proportional assist ventilation for acute respiratory insufficiency. Comparison with pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 164 (9) : 1606-11.
 33. Tassaux D, Strasser S, Fonseca S, Dalmas E, Jolliet P. Comparative bench study of triggering, pressurization, and cycling between the home ventilator VPAP II and three ICU ventilators. *Intensive Care Med* 2002 ; 28 (9) : 1254-61.
 34. Mehta S, McCool FD, Hill NS. Leak compensation in positive pressure ventilators : a lung model study. *Eur Respir J* 2001 ; 17 (2) : 259-67.
 35. Bunburaphong T, Imanaka H, Nishimura M, Hess D, Kacmarek RM. Performance characteristics of bilevel pressure ventilators : a lung model study. *Chest* 1997 ; 111 (4) : 1050-60.
 36. Criner GJ, Travaline JM, Brennan KJ, Kreimer DT. Efficacy of a new full face mask for noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 1994 ; 106 (4) : 1109-15.
 37. Meduri GU, Fox RC, Abou-Shala N, Leeper KV, Wunderink RG. Noninvasive mechanical ventilation via face mask in patients with acute respiratory failure who refused endotracheal intubation. *Crit Care Med* 1994 ; 22 (10) : 1584-90.
 38. McDermott I, Bach JR, Parker C, Sortor S. Custom-fabricated interfaces for intermittent positive pressure ventilation. *Int J Prosthodont* 1989 ; 2 (3) : 224-33.
 39. Campbell ML, Bizek KS, Stewart R. Integrating technology with compassionate care : withdrawal of ventilation in a conscious patient with apnea [see comments]. *Am J Crit Care* 1998 ; 7 (2) : 85-9.
 40. Benhamou D, Muir JF, Melen B. Mechanical ventilation in elderly patients. *Monaldi Arch Chest Dis* 1998 ; 53 (5) : 547-51.
 41. Netzer N, Sorichter S, Bosch W, Werner P, Lehmann M. [The clinical use of an individually fitted nasal mask ("Freiburg Respiratory Mask") within the scope of a case report of controlled BiPAP ventilation]. *Pneumologie* 1997 ; 51 (Suppl 3) : S798-S801.
 42. Hill NS. Complications of noninvasive ventilation. *Respir Care* 2000 ; 45 (5) : 480-1.
 43. Wood KE, Flaten AL, Backes WJ. Inspissated secretions : a life-threatening complication of prolonged noninvasive ventilation. *Respir Care* 2000 ; 45 (5) : 491-3.