

# Ventilation non invasive (VNI) en situations d'urgence

M.Mazerolles, B.Degano, D.Duterque, P Rougé, CHU Rangueil, TOULOUSE

Ce fut la ventilation par pression négative péri thoracique (« Poumons d'acier »), au début des années 50, qui marqua les débuts de la VNI. En raison des complications liées à l'intubation et à la trachéotomie, profitant des perfectionnements technologiques apportés aux respirateurs, la VNI connaît, depuis les années 85, un succès sans cesse grandissant. La Ventilation Non Invasive (VNI) regroupe l'ensemble des techniques d'assistance ventilatoire mécanique permettant d'éviter l'abord endotrachéal prenant en charge une partie ou la totalité du travail respiratoire afin d'assurer une ventilation alvéolaire satisfaisante. Tous les modes ventilatoires applicables en débit ou en pression sont utilisables, mais les modes assisté-contrôlé (VAC), l'aide inspiratoire (AI) et la BIPAP sont les plus couramment mis en œuvre. La mise en route de la VNI concerne l'ensemble de l'équipe soignante qui doit connaître les objectifs, les indications et les limites de la méthode.

## 1- Principes de la VNI

### 1-1 Bases physiopathologiques

La VNI a largement été documentée chez le BPCO. Cette pathologie bronchique est caractérisée par :

- un encombrement distal responsable d'une gêne ventilatoire inspiratoire et expiratoire.
- un collapsus bronchique par altération de la structure responsable d'une augmentation du volume de fermeture (affaissement précoce des bronches au cours de l'expiration empêchant les alvéoles de se vider complètement).

Les conséquences de l'augmentation du volume de fermeture (VF) sont multiples :

- pour tenter d'échapper à l'augmentation du VF, le BPCO va ventiler dans ses hauts niveaux de volumes pulmonaires obligeant les muscles respiratoires à travailler selon une géométrie qui majore le travail ventilatoire.
- l'impossibilité de vider complètement les alvéoles est responsable de la persistance d'une force élastique, donc d'une pression intra-alvéolaire nommée PEP intrinsèque (PEPi). À chaque mouvement respiratoire, le BPCO devra, avant de mobiliser un volume courant, lutter contre cette PEPi avec, pour conséquence, une augmentation du travail ventilatoire, pouvant atteindre 30 % de son travail ventilatoire.
- une diminution du volume courant compensée par une hyperventilation qui augmente le travail ventilatoire et favorise le trapping gazeux par diminution du temps expiratoire. En cas de pathologie parenchymateuse surajoutée, le surcroît de travail peut ne plus être supporté par le patient aboutissant à la décompensation.

#### 1.1.1 Avantages et inconvénients que l'on peut attendre de la VNI sur le plan physiopathologique

Les effets bénéfiques sont ceux de la ventilation assistée en général: en premier lieu, la VNI permet la diminution du travail respiratoire [1] [2] [3] proportionnelle au niveau d'assistance [4]. Par ailleurs, l'utilisation éventuelle d'un niveau de PEP permet un certain recrutement alvéolaire et l'amélioration de la compliance thoraco-pulmonaire [5]. Ce recrutement s'ajoute au recrutement dynamique liée à l'augmentation du volume

courant du fait de l'assistance. Cet effet, associé à l'enrichissement en oxygène, améliorent la PaO<sub>2</sub>. Le corollaire négatif est que l'augmentation de la pression thoracique induit une diminution de la précharge ventriculaire droite qui peut entraîner une diminution du débit cardiaque. Comme en ventilation conventionnelle, il convient de rechercher le niveau de PEP et d'assistance minimum efficace tout en optimisant l'hémodynamique le cas échéant, par un support volémique et/ou inotrope adéquat.

#### 1.1.2 Intérêt de l'adjonction d'une PEP extrinsèque (PEP<sub>e</sub>)

L'adjonction d'une PEP<sub>e</sub> va permettre d'améliorer les échanges et le travail ventilatoire des BPCO :

- par un phénomène de recrutement alvéolaire améliorant l'oxymétrie
- en s'opposant à la PEP<sub>i</sub>. En maintenant une pression positive en fin d'expiration la pression nécessaire à l'ouverture des bronches sera diminuée de la valeur de la PEP<sub>e</sub>, ce qui va améliorer le travail ventilatoire et augmenter les volumes mobilisés et les échanges. La réduction de la fréquence ventilatoire qui s'en suit participe à l'allègement du travail ventilatoire. Cependant une PEP<sub>e</sub> trop élevée expose au risque d'hyperdistension et de barotraumatisme. Il est conseillé pour la valeur de la PEP<sub>e</sub> de ne pas dépasser 80 % de la PEP<sub>i</sub>.

### **1-2 Modes d'action et bénéfiques de la VNI**

Malgré de nombreux travaux menés sur la VNI, son mécanisme d'action n'est pas encore totalement élucidé. La VNI permet surtout de prendre en charge une partie du travail ventilatoire, évitant ainsi la survenue d'un épuisement. Cette prise en charge doit donc être précoce. Elle se fait en général par l'utilisation d'un mode avec aide inspiratoire. L'utilisation d'une PEP<sub>e</sub> permet, comme nous l'avons vu de diminuer le travail ventilatoire tout en optimisant les échanges. La VNI semble de plus améliorer la réponse des centres respiratoires. L'amélioration de l'oxymétrie et de l'hypercapnie n'est probablement pas les seuls facteurs en cause.

#### 1.2.1 Diminution des contraintes mécaniques sur les muscles respiratoires

L'efficacité des modes volumétriques pour diminuer l'activité des muscles respiratoires a été démontrée, tant chez le sujet sain qu'en pathologie. Une réduction spectaculaire de l'électromyographie du diaphragme en deçà de 10% a été rapportée par Carrey [6] associée à une réduction de la pression œsophagienne, ainsi que de la pression trans-diaphragmatique. L'application intermittente de la VNI suffit à obtenir de bons résultats tant physiologiques que cliniques. On peut envisager plusieurs mécanismes : probablement directement sur la restauration des propriétés contractiles de certaines fibres diaphragmatiques, mais aussi certainement par une modification des informations afférentes envoyées aux systèmes de contrôle contribuant à rendre plus harmonieuse l'activité centrale.

Par la mesure des pressions trans-diaphragmatiques, Appendini et coll. [7] montrent la diminution de l'effort des muscles inspiratoires lors de différents modes ventilatoires.

#### 1.2.2 Résistances des voies aériennes

La VNI n'impose pas ou peu de résistance additionnelle à l'écoulement du gaz dans les voies aériennes, alors que sur une prothèse endotrachéale 6 à 10 cmH<sub>2</sub>O d'aide inspiratoire peuvent être nécessaires simplement pour surmonter cette résistance. La diminution de la densité du gaz (Hélium/O<sub>2</sub>) permet également de diminuer les résistances et ainsi d'abaisser de 30% le travail ventilatoire [8]. Cela réduit également le nombre d'intubation [9]

#### 1.2.3 Permet d'éviter les complications de l'intubation

- *Complications infectieuses et inflammatoires* (pulmonaires ou sinusiennes) dont la survenue entraîne toujours une surmortalité [10] ; libération de cytokines, de médiateurs relaxateurs par l'effet mécanique de la ventilation.
- *Complications liées au geste* : les conditions d'intubation sont souvent difficiles en raison de l'impossibilité d'allonger le patient, de l'hypoxémie et de l'hypercapnie. Ces complications peuvent être traumatiques et rythmiques.
- *Complications mécaniques* : pneumothorax, sténose trachéale.
- La VNI évite la sédation souvent nécessaire pour adapter les patients au respirateur. On sait que cette dernière majore le risque nosocomial, se complique souvent d'atteintes neuromusculaires et rend le sevrage plus difficile.
- La VNI laisse au patient la possibilité de parler, de s'alimenter et de tousser.
- La VNI offre également une alternative chez les patients « à ne pas intuber ». En effet pour des raisons d'âge ou de pronostic, l'intubation peut paraître un geste trop « lourd ». Il en est de même pour les patients refusant l'intubation, la sédation et la ventilation artificielle.
- Enfin la VNI permet une prise en charge ventilatoire plus précoce des patients chez qui, en raison de la lourdeur du geste, l'intubation est toujours retardée au maximum.

## **2- Les outils de la VNI**

### **2-1 Quel respirateur et quel mode utiliser pour la ventilation non invasive ?**

Chaque fois que cela est possible, on choisira un déclenchement en débit qui induit moins de travail inspiratoire que le déclenchement classique en pression [11]. L'adjonction systématique d'une PEP permet aussi de limiter l'effort de déclenchement chez les patients ayant une PEP intrinsèque [12]. Il existe différents générateurs de force mécanique au niveau des respirateurs : Pistons, Soufflets, Turbines. Reste le choix du mode ventilatoire. La VACI reste utilisée en VNI par certaines équipes [13] [14] [15]. Mais, ce sont les modes en pression qui sont les plus utilisés actuellement : aide inspiratoire, pression contrôlée, BiPAP. L'ajustement du ou des niveaux de pression est empirique et se fait par tâtonnement. Il faut assurer une fréquence et un volume courant optimaux, tout en minimisant l'inconfort et les fuites. Ces dernières compliquent considérablement le réglage du ventilateur et surtout, la détection de l'expiration en aide inspiratoire. Dans tous les cas, le déclenchement doit être réglé au plus sensible. Les pressions utiles sont souvent plus faibles que celles requises chez un patient intubé, en raison de l'absence de résistance de la sonde d'intubation. Il faut aussi souligner le fait que le patient doit être confortablement installé dans son lit, demi-assis. C'est une position qui permet une bonne mobilité diaphragmatique tout en assurant le repos, sans effort de posture.

On retrouve sur les respirateurs utilisés pour la VNI :

#### 1- Le mode volumétrique (VAC, VACI)

Le respirateur délivre un volume courant pendant un temps inspiratoire (TI) défini selon un débit inspiratoire défini par les réglages consignés. Quelles que soient les variations de compliance (C) et de résistance (R) de l'appareil thoracopulmonaire, l'appareil délivre un volume (minute ou courant), mais ne tient pas compte de la demande du patient et ne possède pas de compensation des fuites.

#### 2- Les modes des respirateurs barométriques

Le respirateur établit et maintient une pression constante dans les voies aériennes selon les consignes de pression du prescripteur, d'où une possibilité de compensation des fuites facilitée et de volume courant proportionnel à la pression générée par le respirateur facilitant le couplage respirateur/patient.

En ventilation à pression contrôlée (VPC) : le patient ne peut ni déclencher, ni arrêter l'inspiration.

En ventilation à pression positive en mode assisté-contrôlé (VPAC) : le patient peut déclencher sans arrêter l'inspiration.

En VS - Aide inspiratoire AI : le patient peut déclencher et arrêter l'inspiration.

## **2-2 Interfaces**

L'interface " idéale " doit avoir une étanchéité pour des régimes de pression pouvant atteindre 30 cmH<sub>2</sub>O, un faible espace mort, un faible poids, une bonne tolérance, plusieurs tailles disponibles, une installation facile, une ablation rapide et possible par le malade, une maintenance facile de l'ensemble masque et fixation, être à usage unique, d'un faible coût.

Les connections de surface peuvent être périthoraciques : poumon d'acier (ventilation à pression négative intermittente VPNI), cuirasse, poncho ou périabdominales : sangles (ventilation à pression positive intermittente VPPI), lit basculant. Tout ce matériel concerne des indications particulières.

Au niveau des voies aériennes, le plus souvent, il s'agit: d'embout ou pièce buccale (pipette, embout) ; de masque ou canules : nasal ou facial. Les indications des différents modes de connexion sont schématiquement : le masque facial lors d'insuffisance respiratoire aiguë et le masque nasal, la canule nasale ou l'embout buccal lors d'insuffisance respiratoire chronique.

### **Quel masque facial ?**

1 Le masque naso-buccal ou facial est l'interface la plus fiable et la plus inconfortable. Les fuites autour du masque peuvent être très importantes si celui-ci est mal adapté ou si le patient est agité rendant la VNI inefficace ; l'espace mort important nécessite une compensation ; il expose au risque d'escarre de l'arête nasale. La protection de la racine du nez par une petite plaque d'hydrocolloïde constitue une précaution utile. Ce masque est très dangereux lors de vomissements surtout s'ils sont associés à des troubles de la vigilance ou à une pathologie neuromusculaire.

2. Le masque nasal est la méthode utilisée pour la VNI à domicile avec de très nombreux masques disponibles de plus en plus confortables ; bien tolérés ; présentant un faible espace mort ; des fuites péri-prothétiques souvent minimales. Le bon déclenchement de l'inspiration est d'autant meilleur que le volume est faible. Les fuites buccales peuvent être importantes et rendre la VNI inefficace en aiguë. Il est difficile d'utiliser un masque nasal, en période périopératoire, malgré sa bonne tolérance car un apprentissage préalable serait nécessaire pour se laisser ventiler par le nez, bouche fermée.

3. L'embout buccal est peu utilisé et nécessite une excellente coopération. Cette méthode est fatigante pour le patient. Les fuites nasales peuvent être compensées par un pince nez. L'hypersalivation favorise une inhalation de salive et d'air. La sécheresse de l'air inspiré impose la mise en place d'une humidification sur le respirateur.

4. Le masque buccal représente la méthode la moins fatigante, demandant moins de coopération que l'embout buccal ; intéressante lorsqu'il existe une SNG de gros calibre (post opératoire). Les fuites nasales peuvent être compensées par un pince nez.

### **2-3 Installation du patient**

Le patient doit être assis ou demi-assis en position la plus confortable (car sinon majoration de la fermeture des petites voies aériennes, collapsus alvéolaire, meilleure répartition de la ventilation, moindre résistances des viscères au travail diaphragmatique). Mettre la tête en légère extension pour diminuer les résistances des VAS et limiter la distension gastrique.

### **2-4 Oxygène**

L'apport d'oxygène lors de la VNI peut se faire soit par le réglage de la FiO<sub>2</sub> sur le respirateur, soit par le branchement en Y d'une source d'oxygène.

## **3- Comment mettre en place la VNI ?**

Des procédures opérationnelles simples doivent être facilement disponibles pour optimiser la réalisation de la VNI. Ces procédures doivent préciser, quel ventilateur utiliser, comment le régler, quelle interface utiliser, comment la mettre en place. La surveillance doit être " rapprochée " lors de la mise en route de la VNI. A l'inverse de la ventilation sur sonde endotrachéale, la mise en route de la VNI ne règle pas "définitivement" le problème respiratoire. La surveillance doit, en particulier, dépister l'aggravation de l'état respiratoire qui pourrait conduire à l'intubation endotrachéale : la persistance d'une fréquence respiratoire élevée avec sensation de dyspnée chez un malade qui s'agite, ou à l'inverse une bradypnée chez un malade somnolent. Lorsque le malade répond favorablement à la VNI, l'amélioration clinique est habituellement rapide et se traduit par une réduction de la fréquence respiratoire et de la dyspnée. Il est habituel, par contre, que la gazométrie artérielle se corrige plus lentement, ce qui incite à poursuivre la VNI.

## **4- Quels malades peuvent bénéficier de la VNI ?**

### **4-1 Les décompensations d'IRC**

Ce sont les indications privilégiées de la VNI. Quelle que soit la sévérité de l'hypoventilation alvéolaire (sauf défaillance multiviscérale, choc profond.....), la VNI mérite d'être essayée même en cas d'encéphalopathie respiratoire sous surveillance clinique constante. Les publications de Meduri et Coll. [17] en 1989 et Brochard et Coll. [18] montrent que la VNI permet de diminuer le nombre d'intubation. De nombreuses études ont montré l'avantage de la VNI en termes de surmortalité. L'étude multicentrique européenne [16] de L. Brochard, menées dans les décompensations de BPCO, retrouvait une diminution de la mortalité de 29 % à 9 % par diminution du nombre d'infection pulmonaire et de la durée de séjour de 39 à 22 jours.

Plusieurs études prospectives randomisées ont actuellement bien démontré l'efficacité clinique de la VNI au cours de l'insuffisance respiratoire aiguë (IRA), en particulier hypercapnique [19-20]. Ce bénéfice clinique confirmé chez les patients BPCO par une méta-analyse [21], consiste non seulement en une amélioration des échanges gazeux mais également en une diminution du recours à l'intubation pouvant atteindre 50 à 70% dans certaines séries, une réduction des complications et de la durée de la ventilation ainsi qu'une diminution de la durée de séjour et de la mortalité chez des patients sélectionnés. Il apparaît que l'hypercapnie au cours de l'IRA est un critère déterminant de la réponse à la VNI [19-20]. Les facteurs prédictifs de succès de la VNI à plus ou moins long terme sont de faibles fuites aériennes autour du masque et surtout l'effet positif initial

de la VNI sur le mode ventilatoire (fréquence respiratoire, volume courant), et les échanges gazeux ( $\text{PaCO}_2$ , pH) [24].

Le recours à la VNI dans la BPCO décompensée a plusieurs objectifs :

- assurer une ventilation efficace sans avoir recours à l'intubation endotrachéale
- ralentir l'évolution de la détresse vers une situation plus grave
- éviter les complications inhérentes à l'intubation endotrachéale
- améliorer le confort des malades nécessitant un support ventilatoire (élocution, alimentation, dyspnée)
- éviter une évolution fatale si l'intubation endotrachéale est refusée

Dans cette indication, le respirateur peut être réglé en mode BiPAP, et un masque facial peut être proposé. Le réglage initial comporte une PEP à 5 cm  $\text{H}_2\text{O}$  et une AI de 10 cm  $\text{H}_2\text{O}$ . L'AI est ensuite modulée en fonction de la tolérance. Le même matériel, mais le ventilateur réglé en mode VAC, semble également être une solution efficace.

#### **4-2 Les pneumopathies hypoxémiantes (SDRA)**

En pratique, la réalisation de la VNI dans cette situation est difficile en raison de la mauvaise tolérance du passage en ventilation spontanée et de la nécessité de maintenir une ventilation longue continue sur plusieurs jours. Deux indications peuvent être retenues :

1-La pneumopathie hypoxémiante avec hypercapnie où les résultats sont assez encourageant (VNI instituée sur la notion d'hypercapnie avec souvent un shunt modéré). La pneumopathie hypoxémiante où une fraction de l'hypoxémie est secondaire à des troubles de ventilation qui s'améliore rapidement sous VNI. Devant une pneumopathie hypoxémiante, la VNI doit être essayée, si l'amélioration est persistante après mise en VS, on poursuit dans la même voie. Si le patient désature rapidement en VS, l'intubation s'impose.

2-La VNI peut correspondre à la seule solution proposée : le malade qui refuse l'intubation [22] ou le patient pour lequel il est décidé de ne pas intuber [23].

#### **4-3 VNI et œdème aigu pulmonaire (OAP)**

Les patients présentant une insuffisance cardiaque suffisamment sévère pour entraîner une hypoxémie voire une hypercapnie ont un travail ventilatoire accru dû à une diminution du volume et de la compliance pulmonaires, et une augmentation de la résistance des voies aériennes. L'augmentation du coût énergétique de la ventilation associée à une baisse de la délivrance d'oxygène aux muscles (baisse du débit cardiaque) peut faire rentrer le malade dans un véritable cercle vicieux.

Au cours des œdèmes pulmonaires cardiogéniques graves, la décision d'entreprendre une ventilation artificielle relève d'un triple objectif :

- 1- mettre au repos des muscles respiratoires épuisés
- 2- améliorer la mécanique ventilatoire et les échanges gazeux par augmentation de la ventilation alvéolaire
- 3- en cas de cardiopathie congestive seulement, améliorer la fonction ventriculaire gauche en abaissant la pré-charge du ventricule gauche (VG) par diminution du retour veineux (augmentation de la pression intrathoracique) et par diminution de la post-charge en abaissant la pression transmurale du ventricule gauche (différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur du VG).

Une controverse demeure toutefois sur l'intérêt et les dangers respectifs de la BiPAP et de la CPAP.

- la BiPAP améliore plus rapidement les paramètres de ventilation alvéolaire mais s'accompagne pour certains auteurs d'une incidence plus élevée d'infarctus du myocarde
- la CPAP améliore l'oxygénation par les effets sur le travail du VG et sur la PEPi, mais n'améliore que peu la ventilation alvéolaire

Certaines équipes utilisent la VNI en pré-hospitalier pour traiter les OAP. L'utilisation de la VNI dans le cadre du choc cardiogénique avec OAP a des résultats moins probants que dans l'OAP simple. Une méta-analyse récente montre que la VS-PEP a un effet bénéfique modeste en cas d'OAP cardiogénique avec une diminution du taux d'intubation, et des données suggèrent une tendance à la réduction de la mortalité qui n'est toutefois pas significative [25]. Les auteurs insistent sur la nécessité de mieux documenter la VNI (AI et VAC) dans ces indications avant d'en proposer l'utilisation extensive. Il faut relever également que la VNI apparaît d'autant plus efficace qu'il existe une hypercapnie sous jacente [26]. Des études comparatives entre CPAP et VSAI-PEP ont montré des résultats équivalents en termes d'efficacité, mais un nombre plus important de nécroses myocardiques a été constaté dans le groupe VSAI-PEP [20]. En cas de fatigue ventilatoire avec hypercapnie importante, l'utilisation de la VSAI semble cependant préférable. Mehta et Coll. [27] souligne le danger de diminuer trop vite le CO<sub>2</sub> et Rusterholtz et coll. [26] ont montré une élévation des enzymes cardiaques plus marquées lorsqu'il existe une augmentation rapide du rapport PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> et une diminution rapide de PaCO<sub>2</sub>.

Les patients concernés sont ceux qui présentent une insuffisance respiratoire aiguë secondaire à une insuffisance cardiaque. On doit mettre en route un traitement optimal de la pathologie cardiaque et éliminer d'éventuels facteurs iatrogènes. Les principales indications de la prise en charge ventilatoire lors des OAP graves sont : l'asphyxie, l'épuisement musculaire, les troubles de la conscience, les complications hémodynamiques graves, la non amélioration sous traitement conventionnel.

Les modalités de mise en place de la VNI peut varier en fonction de la capnie du patient :

Œdème aigu du poumon avec PaCO<sub>2</sub> ≥ 45mmHg :

Un ventilateur de réanimation réglé en mode AI-PEP associé à un masque facial

Le réglage initial comporte une PEP entre 8 et 10 cm H<sub>2</sub>O et une AI de 10 cm H<sub>2</sub>O. L'AI est ensuite modulée en fonction de la tolérance.

Œdème aigu du poumon avec PaCO<sub>2</sub> < 45mmHg :

Le choix est possible entre un ventilateur de réanimation réglé en mode AI-PEP, un ventilateur de domicile réglé en mode BiPAP et l'application d'une CPAP quel que soit le matériel.

La CPAP sera instaurée à un niveau oscillant entre de 10 à 15 cm H<sub>2</sub>O et sera ensuite modulée en fonction de l'efficacité et de la tolérance.

#### **4-4 VNI et défaillance respiratoire post-opératoire**

En post-opératoire de chirurgie abdominale, il existe une diminution de la CRF, compliquée par une faiblesse de la toux responsable de micro-atélectasies aggravant l'hypoxémie. La VNI avec PEP permet en post-opératoire une augmentation de la CRF et la levée des micro-atélectasies. Le problème principal vient de la sonde naso-gastrique qui complique la mise en place des interfaces. Le masque buccal a une place dans ce cadre. De nombreuses publications ont été consacrées aux effets de la VNI (CPAP et Bi-PAP en particulier) sur la fonction respiratoire post-opératoire. Le plus souvent, il s'agissait de patients subissant une chirurgie réglée et en

dehors de toute défaillance respiratoire aiguë [28-30]. Dans ces conditions, les résultats en particulier en terme d'échanges gazeux et de volumes pulmonaires sont assez favorables, mais le bénéfice est souvent limité dans le temps. Néanmoins, chez des patients avec une obésité importante et bénéficiant d'une gastroplastie, Joris et Coll. [29] ont montré que l'application d'une Bi-PAP (pression positive des voies aériennes inspiratoires et expiratoires réglées à 12 et une PEP à 4 cm H<sub>2</sub>O) pendant 24 heures en post-opératoire, améliorait, au moins jusqu'à J3 le syndrome restrictif pulmonaire. Il faut noter cependant que la durée d'hospitalisation n'était pas modifiée et qu'aucun des patients de l'étude ne développait d'insuffisance respiratoire post-opératoire.

Actuellement, il n'est pas démontré que l'application d'une VNI systématique, prophylactique, même chez les patients à risque respiratoire élevé, réduise le risque de survenue d'une défaillance respiratoire aiguë post-opératoire. Par ailleurs, il n'existe aucun travail évaluant l'intérêt de la VNI pour la prise en charge du patient développant une détresse respiratoire post-opératoire. De nouvelles études sont donc nécessaires pour préciser la place de la VNI dans l'IRA post-opératoire en sachant que sa mise en œuvre est rendue plus complexe en raison de la présence d'une sonde gastrique, de la baisse de la compliance abdominale et thoracique, et de la fréquence des troubles de la conscience. En pratique, si la VNI prophylactique peut être discutée pour des patients à haut risque respiratoire, sa place indiscutable est représentée par les patients présentant un syndrome d'apnée du sommeil. La reconnaissance de ce syndrome lors de la consultation d'anesthésie doit conduire à son évaluation en vue de son éventuel appareillage (CPAP le plus souvent). Rennotte et Coll. [31] ont bien montré l'intérêt de cette prise en charge spécifique pour ces patients qui réduit la morbidité respiratoire et permet l'introduction d'une analgésie morphinique efficace avec une excellente marge de sécurité. Le deuxième grand champ d'application potentiel de la VNI est celui du sevrage de la ventilation endotrachéale. Cette stratégie permettrait une réduction de la durée de l'intubation prolongée en post-opératoire mais n'a pas encore été documentée.

En post-opératoire immédiat, les retards de réveil peuvent être pris en charge par la VNI. L'utilisation alors d'un masque laryngé est préférable au masque facial en raison de l'hypotonie des muscles laryngés.

Dans les suites d'une chirurgie thoracique et abdominale, les atélectasies ou micro atélectasies liées à l'hypoventilation et à la diminution de la toux sont responsables d'altérations gazométriques. La VNI en VSAI peut remplacer avantageusement la VPPI (Bird à la pipette ou au masque) classiquement utilisée.

#### **4-5 VNI et traumatisme thoracique**

Le mono-traumatisme thoracique avec hypoxémie est une excellente indication de la VNI, associée à l'analgésie lorsque les épanchements gazeux sont maîtrisés. Le traumatisme thoracique est souvent responsable d'une diminution de la CRF, associé à une diminution du VT et une augmentation de la FR. La faiblesse de la toux liée à la douleur est responsable d'une atélectasie source d'hypoxémie. L'analgésie efficace déprime souvent la toux qui doit être en permanence stimulée. La VNI avec PEP permet une augmentation de la CRF et la levée des atélectasies. Les modalités BIPAP ou VS-AI-PEP paraissent adaptées à la prise en charge de ces patients en cas de contusions pulmonaires hypoxiques permettant de passer le cap des 24-48 premières heures. Aucune étude randomisée n'a été publiée mais des évaluations préliminaires et rétrospectives semblent confirmer la faisabilité de cette modalité ventilatoire chez le traumatisé thoracique. Il est possible que la gravité de la défaillance respiratoire des patients étudiés soit modérée et ces résultats devront être confirmés [32-33].

#### **4.6. VNI et sevrage de la ventilation endotrachéale (VEDT) :**



La VNI pourrait s'avérer bénéfique lors du sevrage de la ventilation mécanique, en permettant, chez certains malades, de diminuer la durée et le taux de complications liées à la ventilation mécanique conventionnelle. Lors du sevrage, le passage de la VEDT à la VS se caractérise par une augmentation du travail musculaire respiratoire qui peut conduire dans les cas de sevrage difficile à une fatigue musculaire et à une défaillance de la pompe ventilatoire avec altération des échanges gazeux. Le recours à la VNI lors du sevrage ou en relais d'une extubation difficile, pourrait donc prévenir ou limiter l'apparition des signes de fatigue musculaire et contribuer à la restauration d'un mode ventilatoire efficace.

- La VNI dans l'insuffisance respiratoire précoce après l'extubation

Hilbert et Coll. [42] ont évalué l'impact de la VNI (assistance inspiratoire avec PEP par masque facial) lors de l'insuffisance respiratoire aiguë hypercapnique survenant dans un délai de < 72 heures après extubation chez 30 patients atteints de BPCO, extubés selon des critères reconnus. Les auteurs ont comparé les résultats obtenus au moyen de la VNI à ceux documentés chez 30 patients-contrôles, appariés, traités sans ventilation non invasive. Le taux de réintubation est de 20% chez les patients soumis à la VNI, alors qu'il est de 67% chez les patients qui n'ont pas bénéficiés de cette technique. De plus, le recours à la VNI a permis chez ces malades une diminution du temps d'assistance ventilatoire nécessaire au traitement de l'épisode de décompensation respiratoire en cause ( $6 \pm 4$  vs.  $11 \pm 8$  jours), ainsi que la durée du séjour aux soins intensifs ( $8 \pm 4$  vs.  $14 \pm 8$  jours). Aucune différence de mortalité n'a pu être observée. Ainsi, la VNI semble diminuer le taux de réintubation lorsque survient une insuffisance respiratoire aiguë durant la phase précoce après une extubation basée sur des critères reconnus.

- La VNI et l'extubation précoce

Ces études se fondent sur le concept qui revient à extuber un patient qui ne remplit pas tous les critères habituellement reconnus validés pour le succès d'une extubation, dans le but de raccourcir la durée de la ventilation mécanique en recourant d'emblée à la VNI. Les auteurs retiennent certains critères comme une déglutition, une toux conservées, un faible volume de sécrétions bronchiques, une fraction inspirée d'oxygène basse, l'absence d'instabilité hémodynamique, et la capacité de respirer sans assistance mécanique durant 15 minutes. Deux études prospectives randomisées comparent le sevrage en VNI au sevrage conventionnel en aide inspiratoire et montrent clairement que la VNI réduit la durée d'intubation sans augmenter le risque d'échec du sevrage [34-35].

Dans une étude prospective, randomisée et contrôlée, réalisée chez 50 malades atteints de BPCO, Nava et Coll. [45] adoptent la stratégie suivante : après 48 heures de VM, si les patients sont apyrétiques, sans anomalie neurologique ni instabilité hémodynamique,  $SpO_2 > 88\%$  sous  $FiO_2$  de 0.4, un test de respiration spontanée sous tube en T est entrepris. Si ces critères ne sont pas remplis, la VM est poursuivie et une évaluation quotidienne effectuée. Dans le cas contraire, le patient est extubé soit après une phase de compensation sous aide inspiratoire d'une durée de 30-60 mn et la mise en route d'une VNI par masque facial, soit par sevrage classique en AI au moyen du tube endotrachéal. Les auteurs observent que le taux d'extubation réussie à 60 jours est supérieur (88 vs 68%) et la durée totale de VM ( $10 \pm 7$  vs  $17 \pm 12$  jours) et de séjour aux soins intensifs ( $15 \pm 5$  vs  $24 \pm 14$  jours) plus courte dans le groupe qui reçoit de la VNI. De plus, le taux de survie à 60 jours des patients du groupe avec VNI est supérieur (92% vs 72%).

De même, Girault et Coll. [34] ont réalisé le même type d'étude chez 33 malades atteints de BPCO. Une évaluation initiale quotidienne est pratiquée chez les patients sous VM depuis plus de 48 heures. Si certains critères de stabilité sont remplis, un tube en T durant deux heures est entrepris. Le patient est extubé si la fréquence respiratoire reste  $< 35/\text{min}$ , la SaO<sub>2</sub> ne s'abaisse pas de 5%, la pression artérielle ou la fréquence cardiaque n'augmentent pas de 20%. Contrairement aux résultats de Nava, les auteurs n'observent aucune différence dans les taux d'extubation réussie à 5 jours (VNI 77% vs 75% sevrage classique). La durée de séjour aux soins intensifs ou à l'hôpital ou encore le taux de survie à 3 mois. Ces auteurs démontrent que la durée de VM chez le groupe VNI est inférieure ( $4.6 \pm 1.8$  vs  $7.7 \pm 3.8$ ) mais la durée de soutien ventilatoire est supérieure dans ce même groupe ( $11.5 \pm 5$  vs  $3.5 \pm 1.4$ ).

- L'usage de la VNI prophylactique systématique après extubation

Une étude a exploré 38 patients selon des critères classiques puis un groupe a bénéficié d'un traitement préventif de VNI, un autre d'un traitement classique sans VNI. Quarante huit heures après l'extubation, 95% des patients du groupe VNI sont restés extubés, contre 61% dans l'autre groupe [46]. Ces résultats demandent confirmation car le taux de réintubation paraît élevé dans le groupe contrôle.

- Dans les échecs du sevrage ventilatoire

Après une période de ventilation artificielle prolongée, les difficultés respiratoires sont liées à des altérations persistantes de l'échangeur pulmonaire mais surtout à celles des muscles respiratoires. Il s'agit d'atteintes neuromusculaires liées aux perturbations métaboliques de l'agression, aux polyneuropathies mais aussi à la sédation prolongée.

L'utilisation de la VNI en VSAI permet ainsi d'éviter l'installation d'un épuisement respiratoire à l'origine de la plupart des échecs d'extubation après VA prolongée.

Au cours d'un sevrage simple la VNI peut même raccourcir la période d'intubation, le sevrage étant poursuivi sous VNI.

Si les échecs d'extubation sont rattachés à la survenue d'OAP cardiogénique post extubation l'utilisation de la VSPPC semble pertinente.

#### **4.7 Patients porteurs de pathologies neuromusculaires**

Cela concerne les patients porteurs au départ d'un syndrome restrictif auquel s'ajoutent une altération de la compliance pulmonaire liée à un défaut de croissance ou à une limitation chronique de l'expansion (par rétraction costale et cyphoscoliose) et parenchymateuse par encombrement, survenue d'atélectasies et surinfections. Le travail ventilatoire est considérablement augmenté avec une polypnée superficielle qui balaie surtout les espaces morts. L'hypoventilation et l'hypercapnie augmentent progressivement. Pendant longtemps le patient va tolérer cette situation marquée cependant par des hypoventilations nocturnes lors des phases de sommeil paradoxal (suppression de l'activité des muscles respiratoires accessoires). La mise en place d'une ventilation nasale en pression positive améliore considérablement la qualité du sommeil, la sensibilité des centres respiratoires à l'hypercapnie, l'endurance des muscles inspiratoires et retarde l'installation d'une hypertension artérielle pulmonaire qui marque toujours un tournant péjoratif dans l'évolution de la maladie. La VNI à

domicile trouve tout son intérêt dans la prévention de cette altération de la compliance thoraco-pulmonaire. On utilise en général un mode d'aide en pression le plus souvent sur embout buccal.

#### **4.8 Application aux situations préhospitalières**

Très peu d'expériences sont disponibles dans ce domaine. La pratique de la ventilation non invasive en urgence et particulièrement dans les situations de prise en charge hors réanimation, devrait être possible à deux conditions : d'une part qu'il existe une équipe médicale prenant en charge le patient (ce qui est le cas en France avec les Samu), et d'autre part, qu'un équipement puisse être apporté auprès du patient et/ou dans l'ambulance. Les œdèmes pulmonaires cardiogéniques asphyxiques et les décompensations aiguës d'insuffisance respiratoire chronique paraissent deux indications tout à fait intéressantes à envisager. L'aspect technique et la qualité du matériel est alors un point-clé [35] [36] [37].

#### **4.9 Dans le syndrome d'apnée du sommeil (SAS)**

La physiopathologie du SAS reste complexe et pas encore entièrement élucidée. Le SAS comporte une composante obstructive d'origine laryngée liée à l'hypotonie des muscles laryngés durant le sommeil et favorisée par la dépression inspiratoire pleurale, et une composante centrale par défaut de commande centrale. La VSPPC par voie nasale peut souvent être suffisante, mais se heurte au maintien de la PEP en raison des fuites buccales toujours majorées par l'hypotonie des masséters pendant cette phase de sommeil. La VSAI seule est insuffisante en cas d'apnée centrale et se heurte au barrage pharyngé en cas d'apnée obstructive. L'utilisation de BiPAP en combinant pression inspiratoire, PEP et fréquence minimale imposée semble la mieux adaptée à cette pathologie.

### **5- Limites et contre-indications de la VNI**

Même s'il n'existe pas de contre-indications formelles à « essayer la VNI », il est des situations où son application ne semble pas souhaitable :

- Détresse d'origine respiratoire majeure telle un SDRA ou patient arrivant en état d'épuisement avancé.
- Patients porteurs d'une défaillance multiviscérale.
- Les troubles graves de la conscience. En cas d'encéphalopathie hypercapnique la contre-indication sera portée devant l'absence d'amélioration après une courte période de VNI.
- Agitation, manque de coopération (pour des raisons cliniques, psychologiques ou neurologiques), refus du masque.
- Impossibilité d'utilisation du masque (traumatismes faciaux ++).

→ L'adaptation de l'interface est souvent difficile. Les particularités anatomiques, notamment chez le sujet édenté, rendent l'étanchéité difficile. Un serrage du masque trop important diminue le confort et l'acceptation et risque de provoquer un rétrognatisme. Ce dernier peut augmenter les résistances des VAS et le travail ventilatoire. À plus long terme, le masque (notamment le masque facial) peut induire des lésions cutanées, particulièrement au niveau de l'arête nasale, dont la survenue peut être à l'origine de l'abandon de la technique.

→ La VNI est à discuter en cas d'encombrement important et persistant notamment lorsque le masque facial s'impose.

→ La VNI demande une disponibilité du personnel importante :

- surtout lors de la mise en place pour expliquer, rassurer, adapter l'interface et les constantes du respirateur et surveiller l'évolution immédiate.
- puis pendant toute la période de ventilation en raison du risque d'aggravation brutale sur endormissement ou apnée, sur vomissements et inhalation ou sur débranchement.
- chez les patients répondant mal à la VNI la décision d'intubation ne peut se faire que sur des critères cliniques et gazométriques imposant une surveillance rapprochée.
- la VNI doit être associée à des séances d'aérosolothérapie et à des techniques de désencombrement (kinésithérapie ou fibro-aspirations).

## **6- Critères de surveillance des patients en ventilation non invasive**

Il est essentiel que les modalités de mise en œuvre et de surveillance de la VNI soient parfaitement connues des équipes médicales et paramédicales. C'est une des difficultés d'application de la VNI. Seule la surveillance étroite permet de corriger la position du masque, d'évaluer l'état clinique du patient et la tolérance de la méthode. Il est en effet essentiel de dépister une aggravation et d'intuber le malade, sans attendre l'arrêt respiratoire. Cette surveillance nécessite une disponibilité humaine importante, notamment en terme de soins infirmiers [38]. Elle justifie d'utiliser la VNI en soins intensifs ou en réanimation.

Cette surveillance est :

- clinique : rôle très important de l'équipe infirmière (adaptation, suivi du masque), confort/inconfort du patient, vigilance/asthénie, fréquence respiratoire, profil ventilatoire (balance thoraco-abdominale, mise en jeu des muscles accessoires), encombrement, distension abdominale, lésions cutanées dues au masque, conjonctivite ;

Les conjonctivites et le risque d'insufflation gastrique sont des inconvénients classiques de la VNI. Les conjonctivites liées à une fuite dans la partie haute du masque doivent préconiser l'usage de collyres. La distension gastrique expose au risque de vomissement et d'inhalation surtout en cas de ventilation au masque facial, rare pour des pressions inférieures ou égales à 20 cmH<sub>2</sub>O [39]. La mise en place d'une sonde gastrique à titre préventif est préconisée par certaines équipes, mais expose à une majoration des fuites.

- paraclinique : SpO<sub>2</sub> (indispensable), Pet CO<sub>2</sub>, ECG (électrocardioscope), PNI et gaz du sang séquentiels (répétés les 48 premières heures) pour évaluer la capnie et le pH.

### **Quels critères d'échec doivent faire recourir à l'intubation ?**

Ce sont :

- L'encombrement bronchique qui n'est pas amélioré par une kinésithérapie simple. Seule l'intubation permettra l'aspiration trachéale et la clairance de la muqueuse.
- La détresse hémodynamique ou l'ischémie coronaire, car on sait que le collapsus altère la fonction diaphragmatique (ischémie) et déprime la commande ventilatoire centrale.
- L'altération ou l'absence d'amélioration de la clinique et des gaz du sang sous VNI. Ceci souligne la nécessité d'une surveillance rigoureuse et régulière.
- L'agitation, l'anxiété persistante rendent difficile la tolérance de la VNI bien qu'elles puissent résulter de l'hypoxie ou de la fatigue respiratoire. Dans ce cas, le patient se calmera sous VNI, si celle-ci corrige

l'insuffisance respiratoire. Il est donc licite de tenter la VNI en sachant intuber le patient tôt si la première hypothèse ne se vérifie pas rapidement.

- Les troubles de la conscience avec le risque d'occlusion des voies aériennes supérieures et de fausse route. L'obnubilation peut être un signe d'hypercapnie et d'hypoxie sévère, précédant l'arrêt respiratoire.

- Les déficits moteurs des membres, quelle que soit leur étiologie (fractures par exemple). Il faut que le patient puisse retirer son masque s'il vomissait.

- L'obésité morbide est considérée comme une autre contre-indication : elle tient à la mécanique très altérée de ces patients.

### **Comment effectuer le sevrage de la ventilation non invasive ?**

L'approche est identique à celle du sevrage de la ventilation classique : s'assurer que la ou les causes intercurrentes de défaillance respiratoire sont corrigées puis entamer une diminution de l'assistance en diminuant graduellement le niveau d'aide inspiratoire ou en alternant les périodes de ventilation contrôlée (ou VACI) avec des périodes de ventilation spontanée enrichie en oxygène. Les patients sont en général encore dépendant de l'O<sub>2</sub> lorsque le sevrage de la VNI est acquis.

### **7- VNI ET CHARGE EN SOINS**

Pennock et collaborateurs [40] ont comparé deux périodes. Une première qui correspondait à la mise en place de la méthode et à l'évaluation de ses effets physiologiques. Une deuxième qui correspondait à son utilisation en routine sans l'intervention des médecins chercheurs qui participaient à la première période. Les auteurs montraient qu'avec quelques conseils simples, la méthode était acceptée et que les résultats étaient aussi bons que dans la première période.

La prise en charge d'un patient en VNI est considérée par tous les auteurs comme plus lourde qu'une ventilation invasive. Mais la compétence et l'entraînement semblent alléger de façon significative cette prise en charge. L'efficacité de cette technique dépend de la dépendance du patient et de la sévérité globale. La tolérance de la technique est tributaire de nombreux facteurs dont le type de masque utilisé, mais aussi de la qualité des explications fournies aux malades. Il est également important de réduire les fuites au maximum car elles sont une source d'échec. La dépendance au support ventilatoire que peuvent présenter certains malades est également restrictive. Les patients qui nécessitent impérativement un haut niveau de pression expiratoire positive (PEP) risquent de désaturer très brutalement si des fuites s'installent ou si le masque doit être débranché. D'autre part, de hautes pressions d'insufflation peuvent être mal tolérées : elles peuvent donner lieu à des fuites, gêner le patient, voire entraîner une insufflation gastrique (> 25 cmH<sub>2</sub>O). On sera donc restreint dans la gamme de pressions que l'on peut utiliser. Cette technique pourrait ne pas être suffisante pour ventiler les malades les plus sévères.

Plusieurs études contrôlées randomisées ont comparé la charge en soins de la VNI à celle de l'intubation endotrachéale. La première est celle de Kramer et Coll. [19] qui comparait 16 malades recevant une VNI et 15 pris en charge de manière conventionnelle et dont 11 vont finalement être intubés ventilés. La charge en soins était évaluée par le temps passé au lit du malade et par la difficulté des soins évaluée par une échelle visuelle analogique. Le temps infirmier passé auprès du malade (96 ± 15 minutes avec la VNI et 139 ± 40 minutes avec le traitement conventionnel) et la difficulté des soins étaient comparables dans les deux groupes, que ce soit sur

les 8 premières heures de la prise en charge ou sur les 8 heures suivantes. D'autres études plus récentes, confirment ces résultats sur des collectifs plus importants. Ainsi, Plant et Coll. [41], comparaient 118 malades recevant une VNI et 118 traités de manière conventionnelle et montraient que le temps infirmier passé au lit du malade était peut être discrètement plus élevé sur les premières heures de la VNI, mais cette différence s'estompait dans les 24 – 48 heures. Une autre étude contrôlée randomisée portant sur des malades ayant une pneumopathie infectieuse grave [23], montrait que la charge en soins, évaluée sur 3 jours par une échelle visuelle analogique était comparable, que les malades soient traités par VNI ou de manière conventionnelle. Cette étude montrait que cela semblait vrai essentiellement pour les malades ayant une BPCO sous jacente.

## **8- Perspectives futures**

**8.1 Ventilation non invasive à l'hélium (He) [8] [9]:** ce gaz rare est utilisé sous la forme d'un mélange 70% He/30% oxygène, en raison de sa faible densité (7 fois moindre que l'air), mais d'une conductivité thermique 6 fois supérieure. Les principales applications cliniques sont les asthmes aigus graves et les BPCO décompensées. L'hélium permet de diminuer les résistances des voies aériennes et ainsi de diminuer le travail respiratoire restrictif de 30%, de diminuer l'hyperinflation dynamique (réduisant les conséquences néfastes mécaniques de la ventilation). Le mélange He/O2 augmente la tolérance de la VNI, diminue la dyspnée, majore le temps expiratoire et facilite l'élimination du CO2.

**8.2 Le réchauffement du mélange gazeux [44]:** les gaz médicaux sortent du respirateur froids et surtout secs. Dans toutes les situations où les fosses nasales sont bouchées ou obstruées (sonde gastrique), les gaz inspiratoires ne peuvent pas être réchauffés ou humidifiés. Cela provoque un inconfort important du patient avec sécheresse rapide des muqueuses responsable d'agression des muqueuses trachéo-bronchiques et d'épaississement des sécrétions bronchiques. L'humidification chauffée permettrait d'obtenir une meilleure tolérance de la VNI.

## **9- CONCLUSIONS**

Chez un grand nombre de malade, la VNI évite d'avoir recours à l'intubation endotrachéale, améliorant ainsi leurs confort tout en réduisant les complications inhérentes à l'intubation endotrachéale. La méthode demande peu ou pas de moyens supplémentaires dans son utilisation en réanimation. L'amélioration du matériel existant et l'expérience devraient faire de cette technique le support ventilatoire de choix chez de nombreux malades présentant une insuffisance respiratoire aiguë. D'autres indications seront à préciser dans les prochaines années : la prise en charge postopératoire des patients présentant un syndrome d'apnée du sommeil, en relais de la VEDT chez certains patients difficiles à sevrer, et probablement chez les traumatisés thoraciques.

La VNI a nettement amélioré le pronostic et la qualité de vie des insuffisants respiratoires :

- En permettant une prise en charge à domicile plus précoce, limitant l'évolution de la pathologie et ses décompensations.

- En évitant, lors des décompensations, le recours aux méthodes invasives dont on sait qu'elles aggravent considérablement le pronostic et la mortalité. La VNI est plus exigeante que l'intubation en terme de soins infirmiers et ne doit s'envisager que lorsque toutes les conditions de sécurité sont remplies. Elle nécessite une surveillance constante pour pouvoir être efficace

## 10- Bibliographie

- 1 Viale JP, Annat G, Bouffard YM, Delafosse B, Bertrand O, Motin J. Oxygen cost of breathing in postoperative patients. Pressure support ventilation vs continuous positive airway pressure. *Chest* 1988;93:506-9.
- 2 Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989;139:513-21.
- 3 Brochard L, Isabey D, Piquet J, Amaro P, Mancebo J, Messadi AA et al. Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 1990;323:1523-30.
- 4 McIntyre NR, Leatherman NE. Ventilatory muscle loads and the frequency-tidal volume pattern during inspiratory pressure-assisted (pressure supported) ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1990;141:327-31.
- 5 Katz JA, Marks JD. Inspiratory work with and without continuous positive airway pressure in patients with acute respiratory failure. *Anesthesiology* 1985;63:598-607.
- 6 Carrey Z, Gottfried SB, Levy RD. Ventilatory muscle support in respiratory failure with nasal positive pressure ventilation. *Chest* 1990;97:150-8.
- 7 Appendini L, Patessio A, Zanaboni S, Carone M, Gukov B, Donner C et al. Physiologic effects of positive end-expiratory pressure and mask pressure support during exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease *Am.J.Respir.Crit.Care* ed 1994 ;149 :1069-1076.
- 8 Jolliet P., Tassaux D., Thouret J.M., Chevrolet J.C. - Beneficial effects of heliumoxygen versus air-oxygen non-invasive pressure support in decompensated COPD patients. *Crit. Care Med.*, 1999 ; 27 : 2422-2429.
- 9 Jaber S., Fodil R., Carlucci A., Boussarsar M., Pigeot J., Lemaire F., Harf A., Lofaso F., Isabey D., Brochard L. - Non-invasive ventilation with heliumoxygen in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J.Respir. Crit. Care Med.* 2000 ; 161 : 1191-1200.
10. Meduri GU, Cook TR, Turner RE, Cohen M, Leeper KV. Noninvasive positive pressure ventilation in status asthmaticus. *Chest* 1996;110:767-74.
- 11 Sassoon CSH, Giron AE, Ely EA, Light RW. Inspiratory work of breathing on flow-by and demand-flow continuous positive airway pressure. *Crit Care Med* 1989;17:1108-14.
- 12 Pepe PE, Marini JJ. Occult positive end-expiratory pressure in mechanically ill ventilated patients with airflow obstruction. The Auto-PEEP effect. *Am J Respir Crit Care Med* 1982;126:166-70.
- 13 Splaingard ML, Frates RC, Harrison GM, Carter RE, Jefferson LS. Home positive-pressure ventilation. Twenty years' experience. *Chest* 1984;4:376-82.
- 14 Braun NMT. Intermittent mechanical ventilation. *Clin Chest Med* 1988;9:153-162.
- 15 Foglio C, Vittaca M, Quadri A, Scalvini S, Marangoni S, Ambrosino N. Acute exacerbations in severe COLD patients. Treatment using positive pressure ventilation by nasal mask. *Chest* 1992;101:533-8.
- 16 Brochard L , Wysocki M. Face mask inspiratory positive airway pressure (IPAP) for acute exacerbation of chronic respiratory insufficiency. A randomized multicenter study. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 147, A984, 1993.
- 17 Méduri GU., Conoscenti CC., Menashe P., Nairs S. Non invasive face mask ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest* , 1989 ; 95 : 865-870.
- 18 Brochard L., Mancebo J., Wysocki M., Lofaso F., Conti G., Rauss A., Simoneau G., Benito S., Gasparetto A., Lemaire F., Isabey D., Harf A. Non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N. Engl. J. Med.*, 1995 ; 333 : 817-822.

- 19 Kramer N., Meyer TJ., Meharg J. Cece RD., Hill NS. Randomized, prospective trial of non invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1995 ; 151 : 1799-1806.
- 20 Wysocki M., Tric L., Wolff MA., Millet H., Herman B. Noninvasive pressure support ventilation in patients with acute respiratory failure : a randomized comparison with conventional therapy. *Chest*, 1995 ; 107 : 761-768.
- 21 Keenan SP., Kenerman PD., Cook DJ., Martin CM., Mc Cormack D., Sibbal WJ. Effect of noninvasive positive pressure ventilation on mortality in patients admitted with acute respiratory failure : a meta-analysis. *Crit. Care Med.*, 1997 ; 25 : 1685-1692.
- 22 Soo Hoo GW., Santiago S., Williams S. Nasal mechanical ventilation for hypercapnic respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease : determinants of success and failure. *Crit. Care Med.*, 1994 ; 22 : 1253-1261.
- 23 Confaloneri M., Poterna A., Carbone G., Della Porta R., Tolley EA., Médurie GU. Acute respiratory failure in patients with Community – acquired pneumonia. A prospective randomized evaluation of noninvasive ventilation. *Am. J. Respir Crit. Care Med.* 1999 ; 160 : 1585-1591.
- 24 Nava S., Ambrosino N., Clini E., Prato M., Orlando G., Vittaca M. et Coll. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. *Ann. Intern. Med.*, 1998 ; 128 : 721-728.
- 25 Pang D., Keenan SP., Cook DJ., Sibbald WJ. The effect of positive pressure airway support on mortality and the need for intubation in cardiogenic pulmonary edema : short term results and long-terme follow up. *Chest*, 1998 ; 114 : 1185-1192.
- 26 Resterholtz T., Kempof J., Berton C., Gayol S., Tournoud C., Zaehriner M., Jaeger A., Sander P. Noninvasive pressure support ventilation (NIPSV) with face mask in patients with acute cardiogenic pulmonary edema (ACPE). *Intensive Care Med.*, 1999 ; 25 : 21-28.
- 27 Mehta S, Jay GD., Woolard RH, Hipona RA, Connolly EM, Cimini DM, Drinkwine JH, and Hill NS. Randomized, prospective trial of bilevel versus continuous positive airway pressure in acute pulmonary edema. *Crit Care Med* 1997;25620-8.
- 28 Matte P., Jacquet L., Van Dyck M., Goenen M. Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and noninvasive ventilatory support with bilevel airway pressure after coronary artery bypass grafting. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2000 ; 44 : 75-81.
- 29 Joris JL., Sottiaux T., Chiche JD., Desai CJ., Lamy ML. Effect of bi-level positive airway pressure (BIPAP) nasal ventilation on the postoperative pulmonary restrictive syndrome in obese patients undergoing gastroplasty. *Chest*, 1997 ; 111 : 665-670.
- 30 Pinilla JC., Oleniuk FH., Tan L., Rebeyka I., Tanna N., Wilkinson A., Bharadway B. Use of a nasal continuous positive airway pressure mask in the treatment of postoperative atelectasis in aortocoronary bypass surgery. *Crit. Care Med.*, 1990 ; 18 : 836-840.
- 31 Rennotte MT., Baele P., Aubert G., Rodenstein DO. Nasal continuous positive airway pressure in the perioperative management of patients with obstructive sleep apnea submitted to surgery. *Chest*, 1995 ; 107 : 367-374.
- 32 Walekwu PO., Desai K., Oller DW. Use of non-invasive ventilation in post-traumatic acute respiratory failure. *Crit. Care Med.*, 1999 ; 27 : A 151.



- 33 Masako S., Suzukawa M., Med. J. The use of noninvasive positive pressure ventilation for trauma patients in emergency department. Crit. Care Med., 1999 ; 27 : A 106.
- 34 Girault C., Daudenthum I., Chevron V., Tamion F., Leroy J., Bonmarchand G. Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute on chronic respiratory failure. A prospective randomized controlled study. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 1999 ; 160 : 86-92.
- 35 Nava S, Bruschi C, Fracchia C, Braschi A, Rubini F. Patient-ventilator interaction and inspiratory effort during pressure support ventilation in patients with different pathologies. Eur Respir J 1997 ; 10 : 177-83.
- 36 Lofaso F, Brochard L, Hang T, Lorino H, Harf A, Isabey D. Home vs intensive-care pressure support devices: experimental and clinical comparison. Am J Respir Crit Care Med 1996 ; 153 : 1591-9.
- 37 Lofaso F, Aslanian P, Richard JC, Isabey D, Hang T, Corriger E, et al. Expiratory valves used for home devices: experimental and clinical comparison. Eur Respir J 1998 ; 11 : 1382-8.
- 38 Chevrolet JC, Jolliet P, Abajo B, Toussi A, Louis M. Nasal positive pressure ventilation in patients with acute respiratory failure. Difficult and time-consuming procedure for nurses. Chest 1991;100:775-82.
- 39 Wenans CS. The pharyngoesophageal closure mechanism: a manometric study. Gastroenterology 1972;63:768-77.
- 40 Pennock BE, Crawshaw L, Kaplan PD. Noninvasive nasal mask ventilation for acute respiratory failure. Institution of a new therapeutic technology for routine use. Chest 1994;105:441-4.
- 41 Plant PK, Owen JL, Elliott MW. Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards : a multicenter randomised controlled trial. Lancet 2000;355:1931-5.
- 42 Hilbert G, Gruson D, Portel L, Gbikpi-Benissan G, Cardinaud JP. Non invasive pressure support ventilation in COPD patients with postextubation hypercapnic respiratory insufficiency. Eur Respir J. 1998 ; 11 : 1349-1353
- 43 International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine : Non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Intens. Care Med 2001 ; 27 : 166-178.
- 44 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 : 460-465.
- 45 Nava S, Ambrosino N, Clini E, Prato M, Orlando G, Vitacca M, 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 : 721-728.
- 46 Rosinha S, Lobo S, Sanches H, Deraldini M, Vidal A, al. Non-invasive positive pressure ventilation can prevent reintubation after acute respiratory failure : results of a prospective and randomized study. Am.J.Respir.Crit.Care Med. 2000 ; 161 : A262.