

Différentes techniques de ventilation non invasive chez l'enfant : application à la prise en charge préhospitalière et aux urgences pédiatriques

O. NOIZET-YVERNEAU¹, F. LECLERC², P. MORVILLE¹

L'expérience rapportée dans la littérature du recours à une ventilation non invasive (VNI) en situation aiguë est limitée durant le transport (1, 2), et nulle dans les services d'urgences pédiatriques. La dernière conférence de consensus francophone portant sur la VNI en situation aiguë n'a pas émis de recommandations concernant d'éventuelles spécificités techniques dans ces deux situations (3) ; chez l'enfant, elle a établi que l'initiation d'une VNI pédiatrique en aiguë devait se faire au minimum en unité de soins continus pédiatrique (3). Les techniques de VNI pouvant être faites chez l'enfant sont multiples. Toutefois, en transport, certaines d'entre elles ne paraissent pas adaptées.

Le matériel pouvant être utilisé chez l'enfant, dont nous allons détailler les caractéristiques, est soit un matériel comparable à celui utilisé chez l'adulte et adapté à l'enfant, soit un matériel spécifique initialement conçu pour le nouveau-né et utilisé par extension chez le nourrisson.

1. Matériel comparable à celui utilisé chez l'adulte

Il a l'avantage d'être largement disponible, et utilisable par les équipes de SMUR adulte, moyennant des interfaces adaptées à la taille de l'enfant et un ventilateur

1. Service de réanimation pédiatrique et néonatale, Alix de Champagne, rue Cognacq-Jay, CH&U de Reims, France.

2. Service de réanimation pédiatrique, Jeanne de Flandre, rue Eugène Avinée, 59037 CHR&U de Lille, France.

Correspondance : Odile Noizet-Yverneau, Service de réanimation pédiatrique et néonatale, clinique Alix de Champagne, Rue Cognacq-Jay, 51100 Reims cedex.

Tél. : 03 26 78 76 20. Fax : 03 26 78 30 86. E-mail : onozet-yverneau@chu-reims.fr

(s'il est utilisé) permettant un réglage des paramètres adéquat. La VNI se pratique soit avec un ventilateur, soit avec une CPAP Boussignac.

1.1. Avec un ventilateur

Tous les modes de ventilation sont possibles :

- mode ventilation spontanée avec pression expiratoire positive (VS-PEP) [qui sous-entend une pression positive continue (PPC, ou PEP) et correspond à la CPAP (continuous positive airway pressure) des anglo-saxons],
- mode ventilation spontanée avec aide inspiratoire et pression expiratoire positive (VS-AI-PEP) [correspond à la ventilation avec deux niveaux de pression (Bilevel ventilation, ou BiPAP des anglosaxons) ; la somme des pressions de l'aide inspiratoire et de la PEP correspond à l'IPAP (inspiratory positive airway pressure) et la PEP à l'EPAP (expiratory positive airway pressure)],
- modes volumétriques (3).

1) Le **choix du type de ventilateur** est fonction de la situation :

- **en cas de transport** : le ventilateur doit être transportable ; ses caractéristiques essentielles pourraient être : une bonne ergonomie et un poids limité (permettant une installation sur le brancard et un portage faciles), une autonomie sur batterie d'au moins quelques heures, un temps de recharge de la batterie court, un nettoyage et une désinfection faciles ; la compatibilité avec l'imagerie par résonance magnétique est utile.
- **en cas de VNI dans un service d'urgences** : on peut utiliser un ventilateur de soins intensifs comme un respirateur de transport ; leurs caractéristiques essentielles seraient plutôt : de multiples possibilités de ventilation (modes, réglages) et de monitoring (fraction inspirée en oxygène, mémoire des événements techniques, indicateur de déclenchement spontané d'un cycle par le patient, logiciel de recueil des données), un volume d'alarme élevé (surtout si la surveillance des paramètres du patient n'est pas centralisée), un système de réchauffage et d'humidification performant,
- **dans les deux cas**, il est conseillé de choisir, dans la mesure du possible, un ventilateur :
 - facile d'utilisation, avec des réglages intuitifs,
 - comportant des alarmes de déconnexion, d'apnées, et de coupures alimentation,
 - qui compense les fuites,
 - qui permette également une ventilation invasive, si nécessaire,
 - qui comporte, comme recommandé chez l'enfant comme chez l'adulte, un trigger inspiratoire (en débit de préférence), une pente, et un temps inspiratoire maximal (en cas de fuites majeures et d'agitation, fréquentes chez l'enfant, il permet le déclenchement du trigger expiratoire) ou un cyclage expiratoire, et qui affiche le volume courant expiré (s'il est mesurable) et les pressions (3),
 - qui puisse prodiguer une « ventilation d'apnée » (3).

Le choix d'un ventilateur pour une VNI chez l'enfant impose des exigences supplémentaires :

- le réglage de paramètres compatibles avec une ventilation chez le nourrisson et le jeune enfant, avec la possibilité :
 - d'un volume courant minimal bas (20 ml pour certains ventilateurs),
 - de régler les trigger inspiratoire ou expiratoire (certains respirateurs conçus pour l'adulte comportent des algorithmes automatiques rendant impossible tout réglage, et ne permettent pas une ventilation adaptée au jeune enfant et au nourrisson (4),
 - d'un trigger expiratoire suffisamment sensible pour ne pas générer d'inconfort chez l'enfant, pour ne pas augmenter son travail respiratoire ni provoquer une distension gastrique (5).

Il est à noter que, chez l'enfant, l'espace mort de l'interface et du circuit, le volume de compression du circuit et le réglage de la pente influencent également le déclenchement de l'inspiration et de l'expiration.

Récemment, Fauroux et al. ont testé sur banc 17 ventilateurs de domicile disponibles en France, avec, pour la première fois, six profils respiratoires correspondant aux affections les plus couramment traitées par une VNI au long cours chez l'enfant (amyotrophie spinale infantile, dystrophie musculaire de Duchenne, mucoviscidose, laryngomalacie, paralysie des cordes vocales et apnées centrales), selon différents modes de ventilation, et avec et sans système d'humidification : aucun ventilateur ne pouvait à lui seul fournir une ventilation adaptée à ces six profils ; la performance des ventilateurs était hétérogène, et variait non seulement en fonction du fabricant, mais aussi de l'affection sous-jacente ; enfin, la sensibilité des trigger de la plupart des ventilateurs était insuffisante pour ventiler un nourrisson (6).

2) Le choix du type d'interface :

- est lui aussi fonction de la **situation** : en transport comme dans un service d'urgences, les interfaces de choix sont la canule nasale, et le masque nasal ou bucco-nasal ; l'embout buccal et le masque moulé n'ont éventuellement leur place que s'il s'agit de l'interface habituelle d'un patient ayant une VNI au long cours ; en transport, le casque semble être prohibé [car il nécessite un ventilateur générant des débits-minute très élevés (pour éviter la réinhalation de dioxyde de carbone), permettant un monitoring du volume courant expiré, avec un trigger inspiratoire et un trigger expiratoire très sensibles, une bonne vitesse de pressurisation, et une grande capacité de maintien de la pression pour une bonne synchronisation patient-machine] (7, 8).
- dépend également de l'**âge** de l'enfant et du **mode de ventilation** souhaité : la conférence de consensus a établi que :
 - l'interface à privilégier en dessous de trois mois de vie est la canule nasale, qu'elle soit utilisable avec des circuits habituels de ventilateurs [sonde binaire Vygon (Vygon, Ecouen, France ; diamètre interne : 2,5 mm, diamètre

externe : 4 mm, longueur : 6 cm, raccord avec un tuyau de ventilateur de 15 mm)], ou qu'elle soit spécifique au matériel initialement conçu pour le nouveau-né (cf infra),

- « entre 3 et 12 mois, aucune interface commerciale adaptée n'est validée »,
- certains masques « nasaux » peuvent être employés en « nasobuccal » (3).

En cas de ventilation à fuite, en mode VS-PEP ou VS-AI-PEP, le circuit est mono-branché, et la fuite se fait soit par l'interface soit par le tuyau du ventilateur, selon le ventilateur (dans ce cas, on ne peut pas mesurer le volume courant expiré) ; en cas de ventilation à valve (en mode volumétrique), le circuit est composé de deux branches et l'interface est sans fuite.

3) Autre matériel : le recours à une **humidification** doit être privilégié en pédiatrie (3), sachant que cela génère également une résistance et un espace mort additionnels sur le circuit, pouvant gêner le déclenchement d'un cycle respiratoire. L'utilisation de la **tétine**, pour imiter les fuites buccales, est souvent utile et, habituellement, mieux tolérée qu'une **mentonnière**.

1.2. CPAP de Boussignac

Une VNI, en mode CPAP seulement, est également possible, par un système dit de Boussignac (Vygon, Ecouen, France), associant une valve de Boussignac qui génère une PEP, un manomètre, un tuyau connecteur pour les gaz, une interface (masque sans fuite avec un harnais, ou canule binasale Vygon). Elle a l'avantage de ne pas nécessiter de ventilateur ; elle a l'inconvénient de nécessiter une alimentation continue en gaz conditionné en bouteille (air ± oxygène), dont la consommation est très importante (16 litres/minutes en moyenne de mélange air-oxygène pour générer une PEP = 5 cmH₂O) ; toutefois, la prochaine commercialisation d'une valve de Boussignac pédiatrique devrait permettre de réduire considérablement la consommation de gaz (pour le nourrisson : 0,5 litre par minute et par cmH₂O ; pour l'enfant : 1 litre par minute et par cmH₂O ; données fournies par le constructeur). La réalisation d'aérosols ou de bouffées de bronchodilatateurs est possible sur ce système, en y ajoutant un raccord adapté. Ce système est bruyant ; il est dépourvu d'alarmes de PEP (les seules alarmes techniques possibles sont donc les alarmes directement liées au monitoring du patient : saturation pulsée en oxygène, fréquences cardiaque et respiratoire) ; les œdèmes palpébral ou du visage ne sont pas rares.

2. Matériel spécifique initialement conçu pour le nouveau-né et utilisé par extension chez le nourrisson

Deux types de dispositifs spécifiques, initialement élaborés pour le nouveau-né, peuvent être utilisés chez le nourrisson :

- **Le système infant-flow®** (Advance ou SiPAP) (EME, Brighton, Angleterre) **ou infant-star950®** (Nellcor Puritan Bennett, San Diego, États-Unis), associant un

générateur de CPAP (équivalent à une VS-PEP, selon la nomenclature établie lors de la dernière conférence de consensus) et de BiPAP (équivalent à une VS-AI-PEP), un circuit humidificateur et chauffant, un lot de canules nasales, de mini-masques nasaux et de bonnets de tailles différentes (tailles adaptées au nourrisson : canule taille L, bonnets de tailles 6 à 9 pour un périmètre crânien compris entre 34 et 42 cm) ; les canules se positionnent dans les narines. Une valve de sécurité de haute pression est déclenchée en cas de PEP > 11 cmH₂O. Les fluctuations des pressions pendant le cycle respiratoire sont faibles (9). La durée d'autonomie des batteries internes est de 2 à 4 heures (données fournies par le constructeur).

– **Le système Bubble CPAP®** (Fisher-Paykel-Healthcare, Auckland, Nouvelle Zélande), associant un générateur de CPAP dite à bulles, un circuit humidificateur et chauffant, un lot de canules nasales, de bonnets ou harnais frontaux de tailles différentes (bonnets adaptés à un périmètre crânien allant jusqu'à 42 cm, harnais frontal pour un périmètre crânien allant jusqu'à 45 cm) ; les canules nasales se positionnent à l'orifice des narines, sans y pénétrer, et un support de canule permet un appui frontal pour limiter le risque d'escarre nasale. Ce système comporte les inconvénients de n'avoir aucune autonomie et de délivrer, sur banc expérimental, une pression supérieure à la pression réglée et dépendante du débit et des fuites du système (10).

Pour ces deux dispositifs, l'arrivée de gaz (air et oxygène) est indispensable à leur fonctionnement, mais à faible débit. Quel que soit le dispositif, le choix de la taille de la canule ou du mini-masque doit être rigoureux ; les pansements adhésifs hydrocolloïdaux, minutieusement découpés, doivent parfaitement épouser les orifices narinaires ; les cordons d'attache au bonnet ne doivent pas comprimer les globes oculaires. L'utilisation de la tétine pour imiter les fuites buccales est, là aussi, souvent utile.

3. Expérience rapportée en pédiatrie pour le transport et tests sur banc d'essai

Le recours à la VNI en transport a été récemment rapporté chez le nourrisson ayant une broncho-alvéolite aiguë (1, 2). Dans l'étude prospective de Campion et al., parmi les 69/101 nourrissons qui avaient eu une VNI pour broncho-alvéolite aiguë du nourrisson, 27 (39 %) l'avaient eue durant le transport avant leur admission en réanimation ; le recours à une VNI durant le transport avait régulièrement augmenté au fil des épidémies (0 % en 2002-3, 19 % en 2003-4, 47 % en 2004-5, 61 % en 2005-6) ; le matériel utilisé était le système le système Infant-flow-Advance® avec une canule nasale, ou la valve de Boussignac avec un masque facial (1). Dans l'étude rétrospective de Jourdain et al. (44 cas durant l'épidémie 2003-4 et 47 durant l'épidémie 2005-6), 59 % des nourrissons en 2003-4 et 68 % en 2005-6 ont eu une assistance ventilatoire lors du transport. Cette assistance était faite par VNI durant le transport chez respectivement 7 %

en 2003-4 et 51 % en 2005-6 : aucun d'entre eux n'a dû être intubé par la suite et aucun pneumothorax n'a été déploré (2). Le matériel utilisé chez le petit nourrisson atteint de broncho-alvéolite aiguë était la canule nasale Fisher-Paykel-Healthcare (Fisher-Payker-Healthcare, Aucland, Nouvelle-Zélande) reliée à un circuit Intersurgical, raccordé au ventilateur Babylog 8000 plus® (Dräger Medical, Lübeck, Allemagne) (données fournies par les auteurs). En transport, ces mêmes auteurs utilisent également : 1) chez le petit nourrisson, les ventilateurs Fabian® (Sebac, MSR, Pantin, France), et BabyPAC 100® (SmithMedical, Waukesha, États-Unis) en cas de transport aérien, avec ces mêmes interfaces, 2) chez le grand nourrisson, les masques ComfortGel® taille P/S/M/L (Respironics, Carquefou, France) reliés à un ventilateur du même constructeur, 3) chez l'enfant, les masques ComfortGel® taille P/S/M/L (Respironics, Carquefou, France) reliés au ventilateur Elisée 350® (Saime, Savigny le Temple, France) (données fournies par les auteurs).

4. Stratégie de ventilation

– Choix du mode de ventilation

Chez l'enfant comme chez l'adulte, il dépend de l'affection sous-jacente :

- dans la **broncho-alvéolite aiguë du nourrisson**, en cas d'instauration d'une VNI, aucun mode n'a été recommandé (3) ; les modes VS-PEP (1, 2, 11), VS-AI-PEP et pression contrôlée (1) ont été rapportés dans cette indication,
- dans les insuffisances respiratoires aiguës sur **laryngotrachéomalacie**, le mode VS-PEP est recommandé, sans précision du niveau de PEP à régler (3) ; toutefois, dans l'étude d'Essouri et al., elle avait été réglée entre 8 et 10 cmH₂O (12),
- dans la **mucoviscidose décompensée** (chez l'enfant comme chez l'adulte), la VS-AI-PEP doit être le mode ventilatoire de première intention mais les modes volumétriques sont possibles (3) ; le mode de ventilation rapporté dans ce cas par la littérature pédiatrique est la VS-AI-PEP, avec des IPAP allant jusqu'à 20 cmH₂O et des EPAP jusqu'à 5,7 cmH₂O (13-14) ; le réglage d'une fréquence de sécurité est souhaitable [chez l'enfant atteint de mucoviscidose, et ayant une VNI au long cours, il a en effet été montré qu'elle diminuait son travail respiratoire (15)],
- dans les **affections neuromusculaires décompensées**, aucune mention spécifique à l'enfant n'a été faite lors de la dernière conférence de consensus ; chez l'adulte, les modes recommandés sont essentiellement la VS-AI-PEP ou la ventilation assistée contrôlée en pression ou volume (3) ; le mode de ventilation rapporté dans ce cas par la littérature pédiatrique est la VS-AI-PEP (16-19) parfois associée à une assistance à la toux (16, 17) ; dans les VNI au long cours chez ces enfants, certaines équipes préconisent le mode volumétrique (dont l'avantage est de garantir un volume courant ou un volume minute minimal), avec une

fréquence respiratoire de sécurité de 2-3 cycles/minute en dessous de la fréquence respiratoire spontanée de l'enfant (20).

Chez les enfants recevant déjà une VNI au long cours et présentant une défaillance respiratoire aiguë, le meilleur mode – et le meilleur matériel – est probablement celui auquel l'enfant est habitué.

– Choix du ventilateur, paramètres de ventilation à considérer et réglages des paramètres

Chez l'enfant :

- « tous les réglages doivent être adaptés à l'âge » (3) ; leurs valeurs n'ont toutefois pas été précisées dans la conférence de consensus ; chez l'adulte, il est recommandé, en mode VS-PEP, de régler le niveau de PEP entre 5 et 10 cmH₂O, en mode VS-AI-PEP, de régler initialement l'aide inspiratoire à 6-8 cmH₂O, puis de l'augmenter progressivement jusqu'au « niveau optimal », si possible inférieur à 20 cmH₂O, avec un volume courant expiré cible autour de 6 à 8 ml/kg et une PEP entre 4 et 10 cmH₂O (3). Dans une étude prospective, randomisée contrôlée, incluant 50 enfants en insuffisance respiratoire aiguë (25 recevant une VNI, 25 n'en recevant pas), Yanez et al ont proposé, pour la VNI à l'aide d'un masque, de débiter par une PEP à 4 cm H₂O et de l'augmenter par pallier de 2-3 cm H₂O jusqu'à un maximum de 8 à 12 cm H₂O, et d'augmenter l'IPAP jusqu'à 18 cm H₂O (21).
- les paramètres réglés (volume courant notamment) doivent être vérifiés à chaque remise en marche du ventilateur : en effet, il n'est pas rare que des paramètres pré-réglés pour l'adulte soient automatiquement réactivés, pouvant causer chez l'enfant un volotraumatisme (3).

– VNI et sédation

Une sédation peut être utile pour permettre une bonne adaptation de l'enfant à la VNI : ainsi, Yanez et al ont-ils rapporté l'utilisation de chloral (non disponible en France) et de midazolam (0,1-0,2 mg/kg toutes les 4 à 6 heures ou 0,5-1 mcg /kg/min) (21).

5. Gestion du matériel et des compétences, protocoles et évaluation des pratiques

En situation préhospitalière comme dans un service d'urgences pédiatriques, il est indispensable qu'à proximité de l'enfant soit préparé le matériel nécessaire à une intubation et que soit disponible un praticien compétent pour ce geste.

Une bonne gestion du matériel suppose une stratégie de simplification et d'homogénéisation du matériel (éviter de multiplier les types de ventilateurs dont les modes d'emploi diffèrent, choisir deux ou trois interfaces adaptées aux différents âges), une signalisation claire et une protocolisation du matériel à utiliser (par exemple : ne pas mélanger les interfaces à fuite et sans fuite, indiquer clairement le matériel à utiliser en fonction de l'âge), et la mise en place d'une

procédure systématique de sa maintenance (en particulier, pour le transport : vérification des batteries).

Un protocole de mise en route et de surveillance de la VNI, en fonction du matériel utilisé, et des critères d'intubation (notamment avant de débuter un transport) est indispensable (3).

Un environnement inadapté et une expertise insuffisante de l'équipe sont des contre-indications formelles à la pratique d'une VNI (3) ; la formation du personnel médical et infirmier (8 heures au minimum pour les modes assistés, moins pour le mode VS-PEP), probable déterminant important du succès de la VNI (3), semble d'autant plus importante pour l'enfant, compte-tenu de la multiplicité des techniques pouvant être utilisées selon l'âge.

L'évaluation des pratiques d'une équipe est également indispensable.

6. Conclusion

La VNI chez le nourrisson et l'enfant en situation aiguë est une technique en voie de développement dont l'expérience rapportée dans la littérature, récente, est limitée durant le transport, et nulle dans les services d'urgences pédiatriques. Cette pratique, non expressément recommandée par la dernière conférence de consensus, est à protocoliser, évaluer et publier. Dans tous les cas, une expertise insuffisante de l'équipe et l'absence de possibilité d'intubation immédiate la contre-indiquent. Une bonne connaissance du matériel utilisable en pédiatrie, selon l'âge et la situation (toutes les techniques de VNI ne sont pas applicables au transport) est indispensable, de même qu'une bonne gestion de celui-ci (choix, simplicité d'utilisation, maintenance).

Références bibliographiques

1. Champion A, Huvenne H, Leteurtre S et al. Ventilation non-invasive des nourrissons ayant une infection respiratoire sévère présumée à virus respiratoire syncytial : étude de la faisabilité et des critères d'échec. Arch Pediatr 2006 ; 13 : 1404-9.
2. Jourdain G, Durand S, Boithias C, Gonzalez P, Quentin P, Chabernaude JL. Évolution de la place et de l'impact de la VNI dans la prise en charge des bronchiolites sévères en SMUR pédiatrique. JEUR 2008 ; 21 suppl 1 : A 136.
3. Robert R, Bengler C, Beuret P et al. Ventilation non invasive au cours de l'insuffisance respiratoire aiguë (nouveau-né exclu). Texte long du jury. In : SFAR, SPLF, SRLF, Eds. Troisième conférence de consensus commune de la SFAR, de la SPLF, et de la SRLF. Paris : Elsevier Masson 2006 : 5-12.
4. Fauroux B, Pigeot J, Polkey MI et al. Chronic stridor caused by laryngomalacia in children. Work of breathing and effects of noninvasive ventilatory assistance. Am J Respir Crit Care Med 2001 ; 164 : 1874-8.
5. Teague WG. Non-invasive positive pressure ventilation: current status in paediatric patients. Paediatr Respir Rev 2005 ; 6 : 52-60.

6. Fauroux B, Leroux K, Desmarais G et al. Performance of ventilators for non invasive positive-pressure ventilation in children. *Eur Respir J* 2008 ; 31 : 1300-7.
7. Taccone P, Hess D, Caironi P et al. Continuous positive airway delivered with a "helmet": effects on carbone dioxyde rebreathing. *Crit Care Med* 2004 ; 32 : 2090-6.
8. Noizet-Yverneau O, Leclerc F, Santerne B et al. Interfaces pour la ventilation non invasive de l'enfant (à l'exclusion du nouveau-né). *Arch Pediatr* 2008 ; 15 : 1549-59.
9. Hückstädt T, Foitzik B, Wauer RR, Schmalisch G. Comparison of two different CPAP systems by tidal breathing parameters. *Intensive Care Med* 2003 ; 29 : 1134-40.
10. Kahn DJ, Courtney SE, Steele AM, Habib RH. Unpredictability of delivered bubble nasal continuous positive airway pressure. Role of bias flow magnitude and nares-prong air leaks. *Pediatr Res* 2007 ; 63 : 343-7.
11. Larrar S, Essouri S, Durand P, et al. Place de la ventilation non invasive nasale dans la prise en charge des broncho-alvéolites sévères. *Arch Pediatr* 2006 ; 13 : 1397-403.
12. Essouri S, Nicot F, Clément A, et al. Noninvasive positive pressure ventilation in infants with upper airway obstruction: comparison of continuous and bilevel positive pressure. *Intensive Care Med* 2005 ; 31 : 574-80.
13. Padman R, Lawless S, Von Nessen S. Use of BiPAP by nasal mask in the treatment of respiratory insufficiency in pediatric patients: preliminary investigations. *Pediatr Pulmonol* 1994 ; 17 : 119-23.
14. Sprague K, Graff G, Tobias DJ. Noninvasive ventilation in respiratory failure due to cystic fibrosis. *South Med J* 2000 ; 93 : 954-61.
15. Fauroux B, Louis B, Hart N, et al. The effect of back-up rate during non-invasive ventilation in young patients with cystic fibrosis. *Intensive Care Med* 2004 ; 30 : 673-81.
16. Nirajan V, Bach JR. Noninvasive management of paediatric neuromuscular ventilatory failure. *Crit Care Med* 1998 ; 26 : 2061-5.
17. Bach JR, Nirajan V. Spinal muscular atrophy type I: a noninvasive respiratory management approach. *Chest* 2000 ; 117 : 1100-5.
18. Reddy VG, Nair MP, Bataclan F. Role of non-invasive ventilation in difficult-to-wean children with acute neuromuscular disease. *Singapore Med J* 2004 ; 45 : 232-4.
19. Piastra M, Conti G, Caresta F, et al. Noninvasive ventilation options in pediatric myasthenia gravis. *Paediatr Anaesth* 2005 ; 15 : 699-702.
20. Fauroux B, Lofaso F. Ventilation non invasive de l'enfant au domicile. *Rev Mal Respir* 2005 ; 22 : 289-303.
21. Yanez LJ, Yunge M, Emilfork M, et al. A prospective, randomized, controlled trial of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 2008 ; 9 : 484-9.

