

Mise en place et surveillance de l'assistance ventilatoire à domicile

J. Gonzalez^{1, 2}, J. Macey¹, C. Cracco¹, T. Similowski^{1, 2}, J.-P. Derenne^{1, 2}

Résumé

Introduction Une mise en route efficace et une surveillance optimale sont les éléments essentiels à la réussite de la ventilation à domicile (VAD).

État des connaissances La mise en route est préférablement réalisée dans une structure hospitalière. Le choix du matériel est d'une importance capitale mais il n'y a pas de supériorité démontrée d'un type de matériel par rapport à un autre. La surveillance de la VAD sera inévitablement marquée par de multiples problèmes pouvant faire interrompre la thérapeutique. Tous ces problèmes auront souvent des solutions simples, recensées dans cet article.

Perspectives Malheureusement, il existe encore de nombreux écueils dans la surveillance. Le principal étant l'absence de données précises sur le sommeil des patients ventilés ne permettant pas une surveillance nocturne optimale. Un autre écueil important est l'absence d'adaptation des interfaces aux patients handicapés. Enfin, le transfert des responsabilités et de la charge de travail vers les intervenants à domicile, dont la famille, avec un désengagement de l'hôpital est aussi un fait marquant de la VAD.

Conclusions Une mise en route et une surveillance optimale sont les gages d'efficacité de la VAD. Les pièges, les erreurs, des manques de connaissances sont souvent cause d'abandon de la thérapeutique. Cet article propose des outils d'amélioration de ces deux étapes essentielles.

Mots-clés : Respirateur artificiel • Service soins domicile • Insuffisance respiratoire • Équipement et appareillages • Maladie chronique.

¹ Service de pneumologie et de réanimation, GH Pitié-Salpêtrière, Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, Paris, France.

² UPRES EA2397, Université Paris VI, Pierre et Marie Curie, Paris, France.

Tirés à part : J. Gonzalez
Service de Pneumologie et de Réanimation, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière, Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, 47-83, Boulevard de l'Hôpital, 75651 Paris Cedex 13.
jesus.gonzalez@psl.ap-hop-paris.fr

Réception version princeps à la Revue : 05.02.2004.
Retour aux auteurs pour révision : 30.05.2004.
Réception 1^{ère} version révisée : 02.06.2004.
Acceptation définitive : 02.06.2004.

Rev Mal Respir 2004 ; 21 : 783-90

Initiation and management of home mechanical ventilation

J. Gonzalez, J. Macey, C. Cracco, T. Similowski, J.P. Derenne

Summary

Introduction Effective initiation and optimal monitoring of treatment are essential elements for successful home mechanical ventilation (HMV).

State of knowledge Ventilation is best initiated in a hospital setting. There is an enormous range of equipment available but there is little evidence pointing to the superiority of one device over another. Many problems can arise that lead to an interruption in HMV but often these can be resolved simply as discussed in this article.

Perspectives Unfortunately a number of pitfalls in management remain, the main one being the absence of accurate data about the sleep of patients on ventilators, which hinders optimal nocturnal management. Another problem is the lack of adaptation of equipment for use by handicapped patients. Finally the transfer of responsibility and workload to home carers including family members with disengagement by the hospital can also be a major milestone.

Conclusion Successful initiation and supervision is the key to effective home mechanical ventilation. Treatment is often abandoned because of pitfalls, mistakes and lack of knowledge. This article proposes means to improve these two important areas.

Key-words: Artificial ventilator • Home care • Respiratory failure • Equipment and accessories • Chronic illness.

Rev Mal Respir 2004 ; 21 : 783-90
jesus.gonzalez@psl.ap-hop-paris.fr

Le succès d'une assistance ventilatoire à domicile (VAD) dépend énormément de l'adaptation de la ventilation aux besoins du patient, ceci est particulièrement vrai dans la ventilation dite « non invasive », car si le patient est conscient avec une ventilation inefficace ou inconfortable, elle ne sera pas réalisée. Une parfaite connaissance du matériel, des interfaces, des ventilateurs, des finesses de réglage, des problèmes potentiels sera utile dans la mise en place et le suivi. Cet article qui se veut très pragmatique, essaie de recenser tous les moyens utiles et nécessaires au succès d'une VAD et propose des tableaux et figures décisionnels pouvant être utilisés dans des procédures opérationnelles.

Mise en place de la ventilation

Nous considérerons une mise en place en situation stable. Une mise en place après un épisode aigu ne sera pas très différente, hormis le traitement du facteur de décompensation en plus.

Mise en route de la VAD

Elle doit être installée étape par étape. Il n'existe aucune recommandation publiée sur le lieu et la durée de mise en route. Une analyse des études publiées sur la VAD suggère qu'il existe une relation entre une mise en route trop rapide et l'abandon par le patient. Strumpf et coll. [1] installent une ventilation en externe sur 4 heures, avec un taux d'abandon de 70 %, Casanova et coll. [2] en 3 jours d'hospitalisation avec un taux d'abandon de 11 %, Clini et coll. [3] en 10 jours d'hospitalisation avec 20 % d'abandon. Une installation sur 4 à 5 jours d'hospitalisation est probablement la meilleure solution (*tableau I*). Pour les patients pouvant se déplacer facilement, 4 jours d'hôpital de jour avec le prêt de matériel d'enregistrement nocturne sont probablement la solution la plus économique, la plus proche de la réalité future (Patient utilisant la ventilation dans son environnement habituel et de façon autonome) et la plus appréciée par les patients.

Une mise en route de ventilation sur trachéotomie est plus longue, là non plus, il n'y a pas de durée recommandée, toutefois une lecture attentive de la loi française n'autorise pas une sortie à domicile dans les 3 semaines qui suivent une trachéotomie (*Décret n° 99-426 du 27 mai 1999*).

Plusieurs étapes sont incontournables :

- réalisation de la trachéotomie ;
- optimisation de la ventilation : choix de la canule, essais de ventilation à fuites et contrôle de la qualité de ventilation, notamment nocturne avec contrôle et quantification des fuites [4] ;
- optimisation de la phonation [5] ;
- reprise de l'alimentation ;
- 1^{er} changement de canule ;
- éducation du patient et de la famille aux aspirations et aux changements de canule ;
- préparation de la sortie (*cf. infra*).

Réglages initiaux

Il y a peu de données pour penser qu'un type de ventilation est meilleur qu'un autre, les études sont rares et déjà anciennes par rapport aux ventilateurs actuellement disponibles [6]. Le meilleur ventilateur sera celui que l'équipe apprécie et maîtrise, plutôt que des ventilateurs en théorie plus performants. Il n'y a pas non plus de données montrant la supériorité d'un mode de ventilation par rapport à un autre. En mode dit « volumétrique » : on peut proposer une mise en route avec un volume courant de 10 ml/kg ; 12/mn de fréquence respiratoire et un rapport I/E à 1/2. En mode dit « barométrique », on peut commencer avec une pression inspiratoire de 10 cm d'H₂O au-dessus de la pression expiratoire et une pression expiratoire minimale jamais inférieure à 3 cmH₂O pour les appareils à fuites intentionnelles, en raison du risque du risque de réinhalation du CO₂ expiré [7]. Une pression expiratoire positive peut être utile en cas de pression expiratoire positive intrinsèque chez des patients distendus afin de faciliter le déclenchement du ventilateur et ainsi de diminuer le nombre d'appels inefficaces.

Pour des réglages plus précis, Simonds et coll. [8] reprennent des conseils machine par machine, sans malheureusement être exhaustifs, notamment sur les appareils de fabrication française.

Tableau I.

Procédure de mise en route d'une Ventilation à domicile sur 4 jours.

1^{er} Jour

Bilan de base avec GDS en ventilation spontanée

Choix du masque (fig. 1),

choix du ventilateur,

choix du mode de ventilation

premiers essais avec des réglages standards (5 à 10 minutes d'essais, plusieurs fois dans la journée),

poursuite de l'éducation par l'infirmière sur le matériel et autonomisation du patient (mettre son masque, allumer éteindre le ventilateur et ses alarmes, etc..).

2^e Jour

Adaptation des réglages selon les remarques du patient (tableau III)

premier GDS au bout de plusieurs heures de ventilation (si le patient le supporte).

Adaptation des réglages selon l'amélioration des GDS.

Reprise des essais jusqu'à obtenir l'amélioration souhaitée avec une ventilation supportable.

3^e Jour

Poursuite des réglages. En cas de bonne tolérance et d'efficacité tentative de ventilation la nuit avec enregistrement nocturne.

4^e Jour

GDS au matin sous ventilation

Adaptation des réglages selon la tolérance et les résultats de la nuit.

GDS après plusieurs heures de débranchement pour déterminer la durée de ventilation nécessaire

Sortie

GDS : gaz du sang.

Choix de l'interface

Il est recommandé de préparer le matériel et de réaliser les montages à l'avance. Le principe de sécurité le plus important est la bonne compréhension du fonctionnement du circuit expiratoire (fuites intentionnelles, circuits doubles ou valve expiratoire déportée). Ce principe évitera toute erreur de montage mettant en jeu le pronostic vital. Par exemple, une erreur très grave serait de choisir un masque sans fuites sur un circuit unique. Les autres erreurs de montage seront au pire inefficaces.

Comme pour les ventilateurs, il est recommandé de commencer toujours avec un masque connu par l'équipe et d'adapter ensuite selon le schéma proposé (fig. 1). Même si les masques ont beaucoup progressé, ces progrès sont surtout dus au marché porteur du traitement du syndrome d'apnées du sommeil, dont profite la VAD. Malheureusement, ces masques ne sont donc pas pensés pour des malades handicapés (fig. 3). Il reste encore beaucoup de progrès à faire sur les interfaces de VAD.

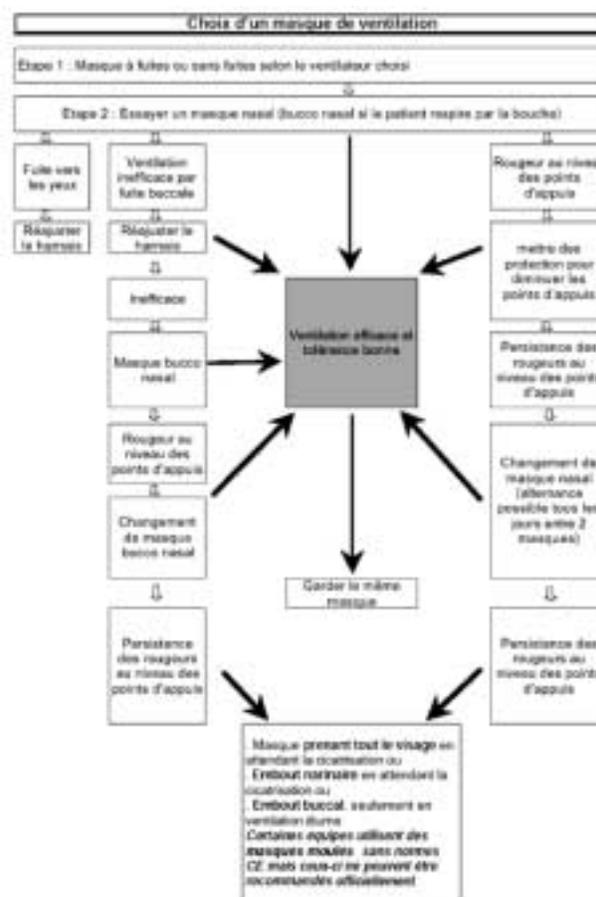


Fig. 1.

Arbre décisionnel pour le choix d'un masque de ventilation non invasive.

La page web de l'institut Garches (www.handicap.org) sur les masques, canules, valves de phonation et valves de fuites peut être une aide précieuse.

Sortie d'un patient en VAD

Il existe des formalités administratives incontournables pour tout patient ventilé sortant au domicile.

Prescription des réglages

Le patient doit sortir avec une prescription écrite et précise concernant sa ventilation (ventilateur ; mode de ventilation ; réglages ; interface ; avec ou sans oxygène ; avec ou sans humidificateur ; durée et modèles de sondes d'aspirations pour les patients trachéotomisés (*Décret n° 99-426 du 27 mai 1999*)). Toute installation de matériel de ventilation sans prescription écrite pourra entraîner des poursuites en cas d'incident.

Prise en charge de la sécurité sociale

Une feuille de prise en charge de la sécurité sociale doit être fournie au prestataire de service.

Certificat de formation

Tout patient trachéotomisé ne pouvant s'aspirer seul doit sortir avec un certificat médical confirmant que la personne qui va s'en occuper est formée aux aspirations trachéales (*Décret n° 99-426 du 27 mai 1999*).

Surveillance de la VAD

Le choix du rythme de surveillance sera fonction de l'évolutivité ou de la gravité de la maladie. Une première visite systématique à 1 mois de la mise en route est utile. Un patient

Tableau II.

Surveillance d'un patient sous ventilation à domicile. Programme du bilan proposé.

- Efficacité clinique. L'amélioration clinique est l'élément essentiel pour juger de l'efficacité de la ventilation
- Compréhension du matériel
- Observance journalière grâce aux compteurs horaires des ventilateurs
- GDS avant le rebranchement (si possible). Ce GDS permettra de déterminer la durée nécessaire de ventilation journalière
- Enregistrement nocturne sous ventilation
- GDS au petit matin sous ventilation Le résultat, couplé aux données de l'enregistrement nocturne permettra d'optimiser les réglages et résoudre des problèmes de ventilation (*tableau III*).
- +/- Bilan de la maladie (Radiographie de thorax ; ECG ; Exploration fonctionnelle respiratoire ; examen ORL.....)

GDS : gaz du sang.

insuffisant respiratoire grave (BPCO notamment) ou atteint d'une maladie neuromusculaire rapidement évolutive (SLA notamment) sera revu ensuite de façon trimestrielle. Un patient atteint d'une maladie stable (déformation thoracique, séquelles de tuberculose ou de poliomyélite, obèses...) ou lentement évolutive (myopathies...) sera revu de façon semestrielle, voire annuelle. La surveillance reposera principalement sur la tolérance et l'efficacité clinique, les gaz du sang et les enregistrements nocturnes (*tableau II*).

Il est assez fréquent d'observer chez les patients ventilés pour une maladie neuromusculaire avancée, une alcalose respiratoire sous ventilation. Ceci est dû probablement à une diminution de la production de CO₂ liée à la fonte musculaire et n'engendre pas de complication tant qu'elle reste modérée [9]. Toutefois, si elle est trop marquée, elle peut entraîner des obstructions glottiques [10] ou des crises convulsives et des tétanies, notamment lors des changements de pH survenant lors des passages de la respiration libre à la ventilation mécanique.

Si l'enregistrement nocturne ne peut être réalisé qu'à l'hôpital, le bilan se fera pendant une journée et une nuit d'hospitalisation. Si l'enregistrement nocturne peut être réalisé au domicile du patient, le patient peut être vu en Hôpital de jour avec le résultat de son enregistrement nocturne. Cette solution semble la plus proche de la réalité de vie du patient qui dort ainsi dans son environnement habituel. Dans la majorité des cas, les patients seront ventilés la nuit, un enregistrement de l'efficacité de la ventilation nocturne sera nécessaire dans le suivi. Il n'est pas possible de recommander ici un outil d'enregistrement plus qu'un autre. Sur une lecture exhaustive de la littérature sur le sujet, Gonzalez et coll. [11] ne trouvent que 130 patients ayant bénéficié d'enregistrements divers et mal décrits du sommeil sous ventilation. On peut considérer que la saturation nocturne seule est insuffisante. Si elle peut être rassurante quand elle est normale, elle est par contre peu utile en cas de désaturations qui peuvent être dues à des apnées obstructives ou centrales ou des hypopnées ou des asynchronismes patient/ventilateur ou des fuites voire une panne du matériel. Une saturation normale ne signifiera pas non plus une ventilation efficace. Il peut exister des microveils dus à des asynchronismes patient/ventilateur sans désaturations [12]. Une polysomnographie sous ventilation serait donc idéale chez les patients ventilés, mais ceci semble actuellement impossible du fait du manque de lits d'exploration polysomnographique et de l'absence de données précises sur sommeil et ventilation [11].

Des enregistrements polygraphiques couplés aux ventilateurs (RESLINK[®] Resmed, North Ryde, Australia et STARDUST[®] Respironics, Murrysville, USA) pourraient être une solution d'avenir. Ils donnent des informations sur la saturation nocturne, les apnées, les hypopnées, les fuites, la fréquence respiratoire, la fréquence cardiaque, la position et l'expansion abdominale. Ils sont toutefois non validés et non validables dans l'état actuel des connaissances. Des études sont nécessaires pour décrire précisément le sommeil des

Tableau III.

Problèmes et solutions en ventilation à domicile.

Echecs de la ventilation	Effets secondaires de la ventilation
<p align="center">Fuites</p> <p>En ventilation non invasive : Ajuster le masque Changer de masque nasal Changer pour un masque bucco-nasal Mise en place d'une mentonnière [4] Sparadrap sur la bouche [16]</p> <p>Sur trachéotomie à fuites : Augmenter le calibre de la canule [4] Proposer canule à ballonnet (gonflée uniquement pendant la ventilation)</p>	<p align="center">Problèmes nasaux</p> <p>Blessures nasales (fig. 2) : voir choix des masques (fig. 1) Rhinite Vérifier absence de fuites buccales Anticongestionnants nasaux sur 5 jours, ou Corticoïdes locaux, ou Atropiniques nasaux. Humidificateur chauffant</p>
<p align="center">Asynchronisme Patient/ventilateur</p> <p>Vérifier l'absence de problème technique Vérifier absence de fuites Ajuster la fréquence à la fréquence du patient Augmenter la sensibilité du trigger Diminuer la sensibilité du trigger (si autodéclenchement, souvent du à la déglutition, voire aux battements cardiaques) Essayer un masque bucco nasal Augmenter la Pression expiratoire en cas d'Auto-PEEP Rechercher plus précisément la cause de l'asynchronisme avec adaptation de la ventilation sous ventilateur muni de courbes de ventilation</p>	<p align="center">Distension gastrique ou gaz intestinaux</p> <p>Éviter boissons gazeuses Diminuer pressions d'insufflation ou le volume Passer d'une ventilation en volume à une ventilation en pression Passer à une ventilation en pression contrôlée</p>
<p align="center">Pressions d'insufflation importantes</p> <p>Détecter une cause et la traiter :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bronchospasme Hypersécrétions Atélectasies Œdème pulmonaire aigu Sténose trachéale Granulome Congestion nasale <p>En ventilation en pression : maintenir cette pression inspiratoire si nécessaire et si tolérable ou passer en ventilation en volumétrique Volumétrique : prolonger le temps inspiratoire, diminuer le VT si possible.</p>	<p align="center">Encombrement au début de la ventilation</p> <p>Prévoir désencombrement par kinésithérapie dès l'initiation de la ventilation. Expliquer au patient que ce n'est pas un effet secondaire de la ventilation mais la ventilation de territoires atelectasiés, effet par ailleurs transitoire.</p>
<p align="center">DIVERS</p>	<p align="center">Réglages de confort</p>
<p align="center">Troubles cognitifs avec refus de la ventilation</p> <p>Éliminer effet de l'hypercapnie ou de l'hypoxémie avant de conclure à un échec de la VNI. Proposer une mise en route de la VNI en soins intensifs</p>	<p align="center">Phonation incorrecte</p> <p>En ventilation non invasive (24h/24) : Diminuer la sensibilité du trigger, si le fait de parler déclenche le ventilateur En ventilation sur trachéotomie : Augmenter la fuite : mettre canule sans ballonnet, diminuer calibre de la canule, utiliser canule fenêtrée Rajouter une PEEP Rajouter une valve de phonation sur le circuit Passer à un mode réglé en pression [5]</p>
<p align="center">Impossibilité physique d'utiliser le matériel</p> <p>Prévoir des modifications du masque et du ventilateur avec ergothérapeute (fig. 3) Demander l'aide quotidienne d'une tierce personne</p>	<p align="center">Angoisse, claustrophobie</p> <p>Masques moins « fermés » Sédatifs si la ventilation est contrôlée psychothérapie</p>
	<p align="center">Bruit de la machine</p> <p>Essayer une autre machine</p> <p align="center">Bruit des fuites sur le masque</p> <p>Changer de masque Changer le site de la fuite intentionnelle Utilisez une valve expiratoire déportée</p>



Fig. 2.

Escarre dus à des appuis d'un masque bucco-nasal, nécessitant l'utilisation de masques évitant ces appuis pour pouvoir poursuivre la ventilation non invasive nocturne, nécessaire chez ce patient.

patients sous ventilation et pour pouvoir proposer et valider des outils simples de surveillance. L'adaptation des réglages en fonction des résultats du sommeil sous ventilation est une attitude novatrice qui devra être évaluée.

Étapes particulières dans le suivi

Augmentation de la dépendance de la ventilation mécanique

Certaines maladies peuvent continuer à évoluer malgré le contrôle de la ventilation. Les patients peuvent devenir pro-

gressivement dépendants de leur machine. Des adaptations thérapeutiques sont alors nécessaires :

- 2^e ventilateur au-dessus de 16 heures/jour de ventilation. Selon le texte qui régit les prestations à domicile (*Liste des Produits et Prestations Remboursables prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale*) paru au journal officiel le 6 septembre 2003, un 2^e ventilateur doit être mis à la disposition des patients dont la prescription est supérieure à 16 heures par jour ;

- ventilateur avec batterie. Un patient dépendant doit avoir un ventilateur à batterie, actuellement plusieurs fabricants proposent des batteries internes et/ou externes (Gamme Eole ; Hélicia et VS (Saime, Savigny le Temple, France) ; Smartair+® (Airox, Pau, France) ; KnightStar (Tyco, Gosport, UK) ;

- Jeu de masques. Il faudra prévoir un masque nasal, mais aussi un masque bucco-nasal, voire un masque Total Face et/ou des embouts buccaux au domicile du patient dépendant d'une ventilation non invasive. (*tableau III et fig. 2*).

Envisager la trachéotomie, en situation de derniers recours, si le patient le souhaite.

Passage de la ventilation non invasive à la ventilation sur trachéotomie

Ce passage doit être préparé et discuté afin d'éviter une situation dramatique pour le patient et sa famille. Les avantages et les inconvénients doivent être présentés.

Les avantages sont :

- une ventilation plus efficace et plus sûre ;
- la possibilité de se désencombrer plus facilement ;
- la possibilité de manger ou parler et de se ventiler en même temps (en l'absence de problème ORL ou bulbaire).

Les inconvénients sont :

- la mise en place d'une canule définitive ;
- la dépendance à une tierce personne en cas d'impossibilité de s'aspirer ;
- la prolongation de la vie parfois dans des situations physiques intolérables ;
- l'impossibilité d'être reçu, ventilé sur trachéotomie, dans de nombreux centres de moyen ou long séjour.

En l'absence de troubles bulbaires ou ORL, la phonation et la déglutition restent possibles.

Passage de la ventilation sur trachéotomie à la ventilation non invasive

Ce passage est très difficile et peu recommandé. Les avantages et les inconvénients de la trachéotomie doivent être rediscutés. Ceci a été décrit avec succès chez des patients atteints de tétraplégie haute [13] et doit pouvoir être proposé si le patient le demande.

Épuisement de la famille

Il existe peu de structures de moyen ou long séjour permettant une hospitalisation dite de « répit ». L'épuisement



Fig. 3.

Adaptations en ergothérapie de matériel de ventilation chez un patient atteint de Sclérose latérale amyotrophique handicapé des mains. Rajout de deux boucles sur le harnais pour améliorer la préhension, d'un crochet pour fixer le masque au harnais. Rajout d'une pastille plus proéminente sur le bouton marche/arrêt du ventilateur.

des familles n'a jamais été décrit mais semble bien réel. L'épuisement des soignants s'occupant de tels patients est par contre reconnu [14]. Il n'est souvent proposé à l'heure actuelle que des hospitalisations dans les services de réanimation ou de pneumologie pour offrir des répit aux familles.

Perte de la phonation et/ou de la déglutition

Certaines maladies neuromusculaires continueront à évoluer. Des troubles de la déglutition doivent être surveillés et une gastrostomie proposée, sous VNI si besoin [15]. Des troubles bulbaires peuvent rendre la phonation impossible, nécessitant l'utilisation d'autres outils de communication. Chez les patients trachéotomisés, la ventilation à fuites devient souvent impossible. Une canule à ballonnet peut être alors proposée.

Conclusion et perspectives

L'amélioration du matériel de ventilation, de la prise en charge globale des patients insuffisants respiratoires graves et de leur survie mais aussi l'absence de structures de prise en charge spécialisée en moyen et long séjour et les modifications de la législation ont profondément modifié le profil de la VAD en France. Il s'agit d'une prise en charge multidisciplinaire, exigeante, de haute technicité, avec de moins en moins d'hospitalisations, de plus en plus de soins à domicile.

Références

- 1 Strumpf DA, Millman RP, Carlisle CC, Grattan LM, Ryan SM, Erickson AD, Hill NS : Nocturnal positive-pressure ventilation via nasal mask in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1991 ; 144 : 1234-9.

- 2 Casanova C, Celli BR, Tost L, Soriano E, Abreu J, Velasco V, Santolaria F : Long-term controlled trial of nocturnal nasal positive pressure ventilation in patients with severe COPD. *Chest* 2000 ; 118 : 1582-90.
- 3 Clini E, Sturani C, Rossi A, Viaggi S, Corrado A, Donner CF, Ambrosino N, Rehabilitation and Chronic Care Study Group, Italian Association of Hospital Pulmonologists (AIPO) : The Italian multi-centre study on noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Eur Respir J* 2002 ; 20 : 529-38.
- 4 Gonzalez J, Sharshar T, Hart N, Chadda K, Raphael JC, Lofaso F : Air leaks during mechanical ventilation as a cause of persistent hypercapnia in neuromuscular disorders. *Intensive Care Med* 2003 ; 29 : 596-602.
- 5 Prigent H, Samuel C, Louis B, Abinun MF, Zerah-Lancner F, Lejaille M, Raphael JC, Lofaso F : Comparative effects of two ventilatory modes on speech in tracheostomized patients with neuromuscular disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003 ; 167 : 114-9.
- 6 Lofaso F, Fodil R, Lorino H, Leroux K, Quintel A, Leroy A, Harf A : Inaccuracy of tidal volume delivered by home mechanical ventilators. *Eur Respir J* 2000 ; 15 : 338-41.
- 7 Lofaso F, Brochard L, Touchard D, Hang T, Harf A, Isabey D : Evaluation of carbon dioxide rebreathing during pressure support ventilation with airway management system (BiPAP) devices. *Chest* 1995 ; 108 : 772-8.
- 8 Simonds A : Non-invasive respiratory support. second edition ed. New York ; 2001.
- 9 Watt JW, Silva P : Respiratory alkalosis and associated electrolytes in long-term ventilator dependent persons with tetraplegia. *Spinal Cord* 2001 ; 39 : 557-63.
- 10 Jounieaux V, Aubert G, Dury M, Delguste P, Rodenstein DO : Effects of nasal positive-pressure hyperventilation on the glottis in normal sleeping subjects. *J Appl Physiol* 1995 ; 79 : 186-93.
- 11 Gonzalez MM, Parreira VF, Rodenstein DO : Non-invasive ventilation and sleep. *Sleep Med Rev* 2002 ; 6 : 29-44.
- 12 Meyer TJ, Pressman MR, Benditt J, McCool FD, Millman RP, Natarajan R, Hill NS : Air leaking through the mouth during nocturnal nasal ventilation: effect on sleep quality. *Sleep* 1997 ; 20 : 561-9.
- 13 Bach JR, Alba AS : Noninvasive options for ventilatory support of the traumatic high level quadriplegic patient. *Chest* 1990 ; 98 : 613-9.
- 14 Douglas SL, Daly BJ : Caregivers of long-term ventilator patients: physical and psychological outcomes. *Chest* 2003 ; 123 : 1073-81.
- 15 Boitano LJ, Jordan T, Benditt JO : Noninvasive ventilation allows gastrostomy tube placement in patients with advanced ALS. *Neurology* 2001 ; 56 : 413-4.
- 16 Teschler H, Stampa J, Ragette R, Konietzko N, Berthon-Jones M : Effect of mouth leak on effectiveness of nasal bilevel ventilatory assistance and sleep architecture. *Eur Respir J* 1999 ; 14 : 1251-7.