



Disponible en ligne sur [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



journal homepage: <http://france.elsevier.com/direct/REAURG/>



## MISE AU POINT

# Procédures de sécurisation au cours de la ventilation mécanique invasive

## Safety practice procedures for invasive mechanical ventilation

C. Girault<sup>a,\*</sup>, I. Auriant<sup>b</sup>, S. Jaber<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Service de réanimation médicale et groupe de recherche sur le handicap ventilatoire (GRHV), UPRES EA 3830-IFRMP 23, UFR de médecine et de pharmacie, CHU de Rouen, hôpital Charles-Nicolle, 1, rue de Germont, 76031 Rouen cedex, France

<sup>b</sup> Service de réanimation polyvalente, centre hospitalier Général-de-Dieppe, avenue Pasteur, 76202 Dieppe cedex, France

<sup>c</sup> Service d'anesthésie-réanimation B, unité de réanimation et transplantation, hôpital Saint-Éloi, CHU de Montpellier, 80, avenue Augustin-Fliche, 34295 Montpellier cedex, France

Disponible sur Internet le 2 juillet 2008

### MOTS CLÉS

Ventilation mécanique ;  
Intubation ;  
Sevrage ;  
Extubation ;  
Trachéotomie ;  
Ventilation non invasive ;  
Procédures de sécurisation

### KEYWORDS

Mechanical ventilation;  
Intubation;  
Weaning;  
Extubation;

**Résumé** La ventilation mécanique invasive ou endotrachéale expose à des complications multiples susceptibles de grever la morbidité et la mortalité des patients de réanimation. Les différentes procédures de sécurisation applicables à la ventilation mécanique peuvent concerner l'intubation, la période de ventilation elle-même, le sevrage et l'extubation, le recours à la trachéotomie, ainsi qu'à la ventilation non invasive. Celles décrites dans ce chapitre ont pour principal objectif de prévenir ou d'éviter les principaux risques inhérents à la ventilation mécanique invasive.

© 2008 Société de réanimation de langue française. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Summary** Invasive or endotracheal mechanical ventilation can lead to numerous complications likely to burden morbidity and mortality of patients in the intensive care unit. Various safety practices for mechanical ventilation may involve intubation, the mechanical ventilation period, weaning and extubation, the use of tracheostomy as well as non-invasive ventilation. The main objective of safety practices described in this chapter is to prevent or avoid the main risks due to invasive mechanical ventilation.

© 2008 Société de réanimation de langue française. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [Christophe.Girault@chu-rouen.fr](mailto:Christophe.Girault@chu-rouen.fr) (C. Girault).

Tracheostomy;  
Non-invasive ventilation;  
Safety practices

## Introduction

La ventilation mécanique (VM) invasive ou endotrachéale (VEDT) expose à des complications multiples susceptibles de grever la morbidité des patients. Les différentes procédures de sécurisation (PS) applicables à la VEDT peuvent concerner l'intubation, la période de VM, le sevrage et l'extubation, le recours à la trachéotomie, ainsi qu'à la ventilation non invasive (VNI).

## Prévalence et sévérité des principaux événements indésirables au cours de la VM invasive

Outre les complications propres au geste d'intubation [1], la VEDT expose au risque de pneumopathies acquises sous ventilation mécanique (PAVM) [2,3], à la nécessité fréquente d'une sédation [4,5], aux difficultés de sevrage et/ou d'extubation [6], elles-mêmes facteur de risque de réintubation [7] et, finalement, au risque d'une VEDT prolongée propice à un cercle vicieux délétère susceptible d'augmenter la morbidité, les durées de séjour, la mortalité, et donc le coût des soins [8]. L'incidence des PAVM varie de 8 à 28 % selon les études [2,3]. Le risque cumulatif est maximal au cours des cinq premiers jours, de l'ordre de 3 % par jour, avec une mortalité observée variant de 24 à plus de 50 % [3]. Les difficultés de sevrage/extubation peuvent concerner jusqu'à 40 % des patients les plus fragiles, notamment BPCO [9], et représenter jusqu'à 41 % de la durée totale de VEDT [6]. L'incidence de la réintubation varie de 15 à 20 % et constitue un facteur de risque indépendant de mortalité intrahospitalière atteignant 30 à 40 % des patients réintubés [7].

Les PS décrites par la suite auront donc pour principal objectif de prévenir ou d'éviter les principaux risques inhérents à la VEDT.

## Intubation

### Épidémiologie et description des complications

L'intubation, le plus souvent réalisée en urgence chez un patient hypoxémique avec une hémodynamique précaire et une vacuité gastrique incertaine, constitue une procédure à haut risque [10–12]. Bien qu'il existe des recommandations pour l'intubation au bloc opératoire et en préhospitalier clairement codifiées et validées (SFAR, SRLF), peu de données sont encore disponibles concernant cette pratique en milieu de réanimation.

Les complications au cours de l'intubation sont habituellement classées en « complications vitales » (20–35 %) menaçant immédiatement le pronostic vital (décès, arrêt cardiaque, collapsus sévère, hypoxémie sévère) et en « complications sévères » (10–30 %) susceptibles de grever le pronostic vital en l'absence de mesures appropriées

(arythmie cardiaque, intubation difficile, intubation œsophagienne, intubation sélective, inhalation, traumatisme laryngé et dentaire, agitation) [10–16].

## Procédures de sécurisation pouvant diminuer les complications de l'intubation

### Optimisation de la préoxygénation

En réanimation, le motif principal d'intubation est l'insuffisance respiratoire aiguë (IRA) hypoxémique (60–90 %). Dans cette situation, il est encore plus difficile d'augmenter les réserves d'oxygène par les méthodes habituelles de préoxygénation. En effet, lors de l'apnée, la vitesse de désaturation en oxygène de l'hémoglobine dépend essentiellement de la fraction alvéolaire en oxygène et de la ventilation minute du patient précédant l'intubation orotrachéale. Il est établi que, chez le sujet sain, trois à cinq minutes de préoxygénation permettent une réserve suffisante précédant la séquence d'intubation. Toutefois, l'efficacité de cette mesure chez les patients de réanimation peut être mise en défaut du fait d'une altération de la fonction échangeur du poumon. Une préoxygénation sous VNI associant de l'aide inspiratoire (AI) ( $5 < AI < 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) à une pression expiratoire positive (PEP) ( $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) sous  $\text{FiO}_2 = 100\%$  permet une amélioration significative par rapport à la manœuvre standard au ballon [15,16].

### Optimisation de l'état hémodynamique

Les patients de réanimation ont une hémodynamique souvent précaire. Un remplissage vasculaire (250 à 500 ml de solutés) peut être recommandé avant l'intubation, même en l'absence d'hypotension, en raison du risque fréquent de collapsus postintubation (agents anesthésiques sympatholytiques, collapsus de reventilation...). En cas d'hypotension et/ou en l'absence de réponse au remplissage, l'introduction d'amines vasopressives avant l'intubation ne doit probablement pas être retardée, ce d'autant qu'il existe une pression artérielle diastolique basse ( $< 35 \text{ mmHg}$ ).

### Produits anesthésiques et intubation

Il est actuellement recommandé d'utiliser un agent hypnotique d'action rapide ayant le moins d'effet délétère possible sur l'hémodynamique (Etomidate ou Kétamine) [17]. Certains auteurs déconseillent l'utilisation de l'Etomidate qui favorise la survenue d'insuffisance surrénalienne transitoire plus marquée chez le patient fragile de réanimation [18], alors que d'autres la recommandent en première intention [19]. Le débat reste actuellement ouvert en l'absence d'étude rapportant une sous- ou une surmortalité liée à l'utilisation d'Etomidate dans cette indication. Il en est de même pour le Suxaméthonium en l'absence de contre-indication, bien que des études préhospitalières suggèrent un intérêt à son utilisation pour une intubation à séquence rapide (ISR) avec manœuvre de Sellick [20,21].

### Capnographie et intubation

Contrairement au bloc opératoire, la capnographie est rarement utilisée en réanimation. Elle permet cependant la détection précoce d'une intubation œsophagienne comparée à l'auscultation classique, ce qui diminue le temps de réaction pour une réintubation et le risque d'hypoxémie sévère [10,22].

### Lames de laryngoscope

Les lames plastiques à usage unique ne sont pas recommandées chez des patients fragiles de réanimation exposant à un plus grand risque de complications [23].

Au total, il est important que la procédure d'intubation en réanimation soit standardisée avec une adhésion maximale de toute l'équipe afin d'éviter des pratiques hétérogènes. L'ensemble de ces recommandations (Tableau 1), associées à la présence de deux opérateurs maîtrisant au mieux la technique d'intubation, doit permettre de diminuer les complications liées à cette procédure [15].

## Période de ventilation mécanique invasive

### Problématique de la sécurisation de la période de VM

La sécurisation de la période de VM, en termes de réduction du risque, implique la prise en compte de nombreux facteurs (patient, interface, ventilateur, sédation) et l'adéquation des moyens mis en œuvre (personnel, environnement). Ces différents éléments peuvent être étroitement liés et, en l'absence de bénéfice clairement démontré pour chacun d'entre eux pris isolément, il apparaît utile d'appliquer une stratégie globale de prise charge, répondant au concept pragmatique de progiciel (*bundle strategy*) ou paquet [24]. Ce concept repose sur le regroupement de différentes pratiques ou procédures issues de l'*evidence based-medicine* qui, prises isolément, n'ont pas forcément fait la preuve de leur efficacité. La surveillance quotidienne de l'application du progiciel doit cependant permettre d'optimiser de façon globale la prise en charge du patient [24]. Trois progiciels peuvent ainsi être identifiés et ciblés pour optimiser et sécuriser la période de VM: la prévention de l'autoextubation, l'optimisation de la prise en charge, la surveillance et la conduite de la VM. Des recouvrements sont bien sûr possibles entre ces différentes stratégies, la prévention de l'autoextubation influençant la survenue des PAVM et la surveillance de la ventilation interférant avec l'existence de protocoles de sédation.

### Prévention de l'autoextubation

L'autoextubation, par définition non programmée, expose à une morbidité non négligeable. Elle augmente les durées de VM et de séjour, le recours aux soins prolongés et expose à une surmortalité en cas de réintubation nécessaire, voire impossible [25]. L'autoextubation pose notamment le problème de l'évaluation du sevrage puisque près de 50% des autoextubations ne sont pas réintubées, suggérant une poursuite inutile de la VEDT chez ces patients [26,27]. Ce

**Tableau 1** Procédures de sécurisation de l'intubation en réanimation.

#### Préintubation

1. Remplissage systématique hors contre-indications ( $\geq 500$  ml de cristalloïdes ou 250 ml de colloïdes)
2. Si collapsus marqué, introduction précoce des amines (++) si pression artérielle diastolique  $< 35$  mmHg)
3. Préoxygénation en VNI si patient hypoxémique ( $FiO_2 = 1$ , aide inspiratoire  $5 < AI < 15$  cmH<sub>2</sub>O ; PEP = 5 cmH<sub>2</sub>O)
4. Présence systématique de deux opérateurs
5. Préparation de la sédation et introduction immédiate après intubation

#### Perintubation

6. Utilisation d'une lame métallique pour la laryngoscopie
7. Induction à séquence rapide (ISR) hors contre-indications  
Hypnotique d'action rapide : Etomidate ou Kétamine  
Etomidate : 0,3 à 0,5 mg/kg IVD (20 mg/20 cm<sup>3</sup>)  
Ou Kétamine : 1,5 à 2 mg/kg IVD (250 mg/10cm<sup>3</sup> soit 25 mg/cm<sup>3</sup>)  
Curare de l'ISR : Suxaméthonium 1 mg/kg IVD (1 amp = 100 mg dans 10 ml)  
(hors contre-indications : hyperkaliémie, lésion médullaire ou du motoneurone > 48<sup>e</sup> h, allergie connue, brûlure grave > 48<sup>e</sup> h)
8. Manœuvre de Sellick (pression du cartilage cricoïde)

#### Postintubation

9. Contrôle de la bonne position de la sonde par capnographe (EtCO<sub>2</sub>)
10. Si indication d'une sédation : mise en route immédiate
11. Mise en route précoce des amines vasopressives si collapsus marqué
12. Ventilation initiale « protectrice » : Vt 6–8 ml/kg de PIT, 10 < Fr < 15 c/min,  $FiO_2$  pour  $SaO_2 = 95–98\%$ ,  $P_{plat} \leq 30$  cmH<sub>2</sub>O, PEP < 5 cmH<sub>2</sub>O (à réadapter à distance).

ISR : induction en séquence rapide ; PIT : poids idéal théorique ;  $P_{plat}$  : pression de plateau ; Kétamine : Kétalar® ; Suxaméthonium : Célocurine®.

retard d'extubation peut alors être grevé d'une surmortalité [28].

Parmi les facteurs de risques d'autoextubation, qui restent difficiles à cerner malgré une littérature abondante, certains, sur lesquels l'équipe médicale peut intervenir, peuvent être individualisés telles qu'une sédation inappropriée et la fixation inadéquate de la sonde d'intubation [29]. Ces facteurs ont été inclus dans le cadre de protocoles de soins (réduction de la sédation au cours du sevrage de la VEDT et maintien de la vigilance chez les patients

à risques) [30,31]. Des résultats intéressants sur la réduction du risque d'autoextubation ont été rapportés dans les études de report d'incidents impliquant le personnel infirmier [13,32].

### Optimisation de la prise en charge

Les stratégies de prise en charge globale, non limitées à l'analyse du problème des PAVM, permettent de formaliser certaines recommandations simples destinées à sécuriser la pratique de la VM. L'autoextubation et la réintubation constituant des facteurs de risques indépendants de PAVM [2,3,7,33], elles peuvent donc être considérées comme des événements sentinelles dans une procédure d'évaluation de la qualité [34] en sachant, qu'en cas d'autoextubation, jusqu'à 81 % des patients peuvent être réintubés [35] et qu'il n'a pas été démontré de lien direct entre autoextubation et charge en soins [36].

Grâce à la mise en place de stratégies de prise en charge incluant des procédures issues des recommandations du Center for Diseases Control (CDC) pour la prévention des PAVM, plusieurs études ont montré une réduction significative du coût des soins et de la mortalité. Ces stratégies concernaient la position demi-assise, la nutrition entérale et les protocoles de sédation [37], mais aussi les soins de bouche, les précautions d'asepsie lors des aspirations trachéales et l'hygiène des mains [38]. Dans une étude portant sur l'observance des *guidelines* de prévention des PAVM du CDC, seulement 82 % des infirmières déclaraient suivre la procédure de lavage des mains, 75 % le port de gants lors des aspirations, et 50 % la surélévation de la tête chez les patients ventilés ou les soins de bouche [39]. Ces résultats montrent que malgré la mise à disposition de protocoles de soins formalisés, leur observance doit également être évaluée puisque leur application peut être insuffisante. Cela souligne l'importance de la diffusion des procédures, de la mise en place de processus de rappel (*reminders*) et de la conduite d'audits d'évaluation.

D'autres études ont évalué la prophylaxie anti-ulcéreuse ou la prévention de la maladie thromboembolique avec des résultats intéressants, mais les différents protocoles de soins utilisés ne permettent pas de généralisation [40–42]. L'optimisation de la prise en charge doit enfin s'astreindre à respecter les stratégies de ventilation recommandées en fonction des pathologies sous-jacentes (SDRA, asthme, etc.).

### Surveillance et conduite de la ventilation

L'absence de sédation ou d'analgésie adéquates peut avoir des effets physiologiques délétères en augmentant l'activité sympathique et la désynchronisation patient-ventilateur. À l'inverse, une sédation-analgésie trop importante va augmenter les durées de séjour et de VEDT ainsi que le coût d'hospitalisation [43]. Outre la nécessité de mettre en place des protocoles de sédation-analgésie au cours de la VEDT, il apparaît également intéressant de développer l'appropriation de ces protocoles par les personnels pour favoriser leur autonomisation. Dans ce cadre, il s'agit de développer des attitudes proactives plutôt que réactives en utilisant des outils d'évaluation qualitatifs (échelles de

sédation, de douleur) permettant de minimiser les risques de complications [2,3]. Dans une étude multicentrique française récente, incluant 1381 patients de 44 services de réanimation, l'évaluation de la sédation ou de la douleur n'était pratiquée que dans 40 % des cas au second jour d'hospitalisation, alors que l'utilisation de sédatifs ou d'analgésiques concernait plus de 70 % des patients [44]. Le nombre de patients trop sédatisés était également retrouvé supérieur à 70 %. Une approche basée sur les données de l'*evidence based-medicine* concernant l'administration de sédatifs et d'analgésiques paraît aujourd'hui nécessaire pour optimiser l'avenir à court et long terme des patients ventilés en réanimation [45]. Une étude récente a montré que l'évaluation systématique et répétée de la douleur et de l'état de vigilance-agitation permettait de réduire les épisodes d'agitation, l'intensité de la douleur, la durée de VM et les infections nosocomiales [43].

Enfin, la sécurisation de l'interface patient-ventilateur (sonde d'intubation, raccord annelé, filtres) doit rentrer dans le cadre de règles de matériovigilance ou de protocoles de bonnes pratiques, encore trop rarement formalisés, allant de la prescription écrite des réglages du ventilateur et des alarmes, à la vérification de l'intégrité des tuyaux, au changement des filtres et à l'entretien des humidificateurs [46].

## Sevrage de la ventilation mécanique

### Définitions et problématique du sevrage

Le sevrage est l'ensemble du processus permettant le passage rapide ou progressif de la VEDT à la ventilation spontanée, ou « déventilation », et conduisant à l'extubation [47,48]. Son échec est classiquement défini par l'échec d'une épreuve de ventilation spontanée (VS) [47,48]. Bien qu'étroitement liées chronologiquement pour juger du succès/échec du sevrage, la phase de « déventilation » et l'extubation seront abordées ici distinctement pour caractériser au mieux leurs PS respectives. Dorénavant, la définition du succès/échec du sevrage devra aussi tenir compte du développement de la VNI appliquée au décours de l'intubation [49].

### Épidémiologie et impact des difficultés de sevrage

Outre les difficultés et l'échec du sevrage, son principal risque est d'être retardé inutilement et d'augmenter ainsi la durée de VEDT, sa morbidité [1,7,50] et le coût des soins [8]. Le temps imparti au sevrage peut, en effet, atteindre 40 à 50 % du temps total de la VEDT [6,27,50]. Près de 50 % des autoextubations pendant la période de sevrage ne sont pas réintubées [27], suggérant que bon nombre de patients sont maintenus ventilés inutilement. Le retard d'extubation peut ainsi augmenter la mortalité en réanimation de 12 à 27 % [28].

L'échec global du processus (« déventilation » et extubation) au décours d'une première tentative varie de 26 à 42 % et de 14 à 32 % pour la seule épreuve de VS [51–55]. L'incidence des difficultés de sevrage doit aussi tenir compte du terrain sous-jacent. Elle peut concerner 40 à 61 % des patients BPCO, 41 % des patients neurologiques et 38 % des

**Tableau 2** Principaux déterminants physiopathologiques de l'échec du sevrage.

## Déventilation

Altération de l'échangeur pulmonaire  
 Inadéquation capacité des muscles respiratoires/charge ventilatoire imposée  
 Augmentation de la ventilation  
 Augmentation de la charge élastique ou résistive  
 Hyperinflation pulmonaire dynamique/auto-PEP  
 Altération de la commande centrale (sédation)  
 Dysfonction diaphragmatique (neuromyopathies)  
 Inadéquation de la réponse cardiovasculaire par dysfonction VG  
 Variations brutales des conditions de prépost charge du VG  
 Ischémie myocardique  
 Facteurs psychologiques (délire, anxiété, dépression)  
 Facteurs métaboliques/nutritionnels/anémie

PEP : pression expiratoire positive ; VG : ventricule gauche.

patients hypoxémiques [51,55]. Globalement, si la majorité des patients (69 %) peut être sevrée rapidement et facilement de la VEDT dès la première épreuve de VS, 31 % d'entre eux vont présenter un sevrage difficile (inférieur ou égal à sept jours) et nécessiter une procédure de sevrage progressif, dont environ 15 % un sevrage prolongé (supérieur à sept jours), voire impossible, avec les techniques conventionnelles [51–55]. L'impact sur le pronostic apparaît ainsi différent selon que le sevrage est facile, difficile ou prolongé [48]. La mortalité en réanimation peut être estimée à 5 % dans la première situation contre 25 % en cas de sevrage difficile ou prolongé [54,55].

L'ensemble de ces données doit donc inciter le clinicien à évaluer, dès que possible, la faisabilité et l'issue potentielle du sevrage selon le terrain pour en optimiser les conditions et limiter la durée de VEDT.

## Optimisation et sécurisation du sevrage

### Prédiction de l'issue du sevrage et sevrabilité

*Critères prédictifs de l'issue du sevrage.* De nombreux critères prédictifs de l'issue du sevrage, plus ou moins complexes, ont été proposés [56]. Leur intérêt paraissant davantage résider dans l'explication des mécanismes d'échec (Tableau 2) que dans la prédiction du succès du sevrage, ils ne doivent pas être attendus et/ou obtenus pour réaliser l'épreuve de sevrage [47,48,57]. Le rapport  $f/Vt$  pourrait néanmoins offrir le meilleur compromis simplicité-performance (sensibilité = 97 %, spécificité = 65 %, VPP = 78 %, VPN = 95 %) pour une valeur seuil de 105 cycles/minute par litre [56,57]. Ces critères prédictifs doivent être finalement clairement distingués des critères de sevrabilité permettant de juger de l'opportunité pour réaliser l'épreuve de VS [47,48].

*Sevrabilité et épreuve de VS.* Toute stratégie de sevrage suppose que l'étiologie de l'IRA ayant motivé la VEDT soit en partie contrôlée et stabilisée. La tolérance clinique, voire gazométrique, d'une épreuve de VS représente actuellement le meilleur test pour évaluer la capacité d'un patient

**Tableau 3** Principaux critères de sevrabilité pour réaliser l'épreuve de VS.

## Critères respiratoires

$FiO_2 < 0,5$  ou  $PaO_2/FiO_2 \geq 150$  mmHg  
 $PEPe \leq 5$  cmH<sub>2</sub>O  
 $(f/Vt < 105$  cycles/min/L)<sup>a</sup>

## Critères généraux

Absence de sédation ou bon état de vigilance sous sédation  
 Stabilité de l'état cardiovasculaire et absence ou faible doses de vasopresseurs  
 Toux efficace et absence d'encombrement bronchique

PEPe : pression expiratoire positive externe.

<sup>a</sup> Rapport fréquence respiratoire/volume courant expiré non obligatoire, d'autant moins que la probabilité clinique de succès du sevrage est élevée.

à être déventilé et l'effort respiratoire qui lui sera imposé après extubation [47,48]. Seulement 13 % des patients passant avec succès l'épreuve de VS, puis extubés nécessitent d'être réintubés [51–55] contre 40 % s'ils sont extubés malgré son échec [58]. L'épreuve de VS doit être tentée quand le patient répond à des critères simples de sevrabilité (Tableau 3), à évaluer idéalement quotidiennement [27]. L'évaluation du rapport  $f/Vt$  n'est pas indispensable mais pourrait permettre de dépister les patients à risque d'échec d'extubation, malgré un succès de l'épreuve de VS [59].

La VS sur pièce en T (VS/T) et l'AI avec ou sans PEP, sont les deux principales techniques utilisées pour réaliser l'épreuve de VS, avec des taux comparables de succès quelle que soit sa durée (30 ou 120 minutes) [53,54,60]. Cette durée peut devoir être portée à 120 minutes chez les patients les plus difficiles à sevrer [55]. En raison de l'augmentation des résistances des voies aériennes supérieures (VAS) après extubation, le travail respiratoire postextubation à fournir pourrait être mieux estimé par la VS/T [61]. Cependant, l'épreuve en AI s'est avérée plus bénéfique chez 21/118 patients (18 %) difficiles à sevrer, ayant pu être extubés après avoir échoué à une épreuve de VS/T [62]. L'AI nécessite un niveau minimum de 7 cmH<sub>2</sub>O pour contrebalancer le travail respiratoire résistif lié à la sonde d'intubation et au circuit du ventilateur. Pour un même travail respiratoire, ce niveau d'AI peut cependant devoir être augmenté jusqu'à 10–15 cmH<sub>2</sub>O quand on utilise un filtre chez des patients potentiellement difficiles à sevrer (BPCO) [63]. L'adjonction d'une PEPe n'est pas indispensable lors de l'épreuve de VS, mais peut être utile pour favoriser le déclenchement du cycle inspiratoire s'il existe ou l'on suspecte une PEP intrinsèque [64]. L'optimisation des réglages de l'AI (voir plus loin) apparaît utile chez les patients réputés difficiles à sevrer [62–64].

La tolérance de l'épreuve de VS doit être jugée sur des critères cliniques (dyspnée, fréquence respiratoire, Vte, SpO<sub>2</sub>, signes d'IRA, pression artérielle, fréquence cardiaque, état de conscience et confort), voire gazométriques. Cette surveillance est d'autant plus facilitée et sécurisée avec l'AI que le patient est maintenu connecté au ventilateur, contrairement à la VS/T. La réalisation d'un gaz du sang artériel (GDS) est d'autant plus recommandée que l'épreuve est mal tolérée cliniquement ou que des difficultés de sevrage

sont prévisibles [47,48]. En cas de succès de l'épreuve de VS, l'extubation doit être envisagée dans les suites immédiates, après avoir éliminé des facteurs plus spécifiques de risque d'échec d'extubation (Tableau 5). En cas d'échec, une analyse rigoureuse des mécanismes en cause et une recherche de leur réversibilité potentielle doivent être entreprises (Tableau 2). Une stratégie de sevrage progressif doit alors être envisagée.

### Stratégie ventilatoire de sevrage progressif

Le choix de la technique appliquée à la décroissance progressive de l'assistance ventilatoire doit tenir compte du fait qu'elle doit contribuer à maintenir un bon équilibre entre la capacité musculaire respiratoire et la charge ventilatoire imposée et limiter le risque d'atrophie musculaire diaphragmatique [65].

L'application intermittente (avec un mode assisté-contrôlé) et quotidienne, une ou plusieurs fois par jour, de la VS/T d'une durée de deux heures (VS/T-2h), et l'AI de niveau progressivement décroissant représentent les deux principales techniques utilisées pour amener à la « déventilation ». Leur utilisation respective est de 52 et 21% des cas de stratégies de sevrage [65]. Elles ont fourni des résultats similaires en termes de durée et de succès du processus de sevrage [51,52], y compris chez des patients difficiles à sevrer [66]. L'AI dégressive semble cependant devoir être privilégiée chez ces derniers [47,48]. C'est aussi chez ces patients que les modalités de l'AI nécessitent d'être optimisées au mieux, en termes de choix du ventilateur [67], de réglage du *trigger* inspiratoire [68], de la pente de pressurisation [69], du cyclage inspiratoire/expiratoire [70], et d'ajustement du niveau d'AI [71] et de PEPe [64] en tenant compte du système d'humidification utilisé [63].

Parmi les autres modes, la VAC intermittente (VACi) doit être abandonnée [51] et les données sont encore insuffisantes pour les modes asservis [48]. En revanche, le recours à un logiciel de sevrage automatisé (SmartCare®) permet de réduire objectivement la durée du sevrage [72]. Son intérêt chez les patients difficiles à sevrer reste encore à démontrer. Enfin, le bénéfice de la VNI comme technique de sevrage apparaît d'autant plus intéressant qu'il existe une hypercapnie ( $\text{PaCO}_2 > 45 \text{ mmHg}$ ) lors de l'épreuve de VS ou au décours immédiat de l'extubation [49].

### Protocoles de sevrage

Les différents aspects développés plus haut doivent être idéalement mis en œuvre dans le cadre de protocoles de soins formalisés, adaptés localement et validés par l'ensemble de l'équipe de réanimation. Ces protocoles, incluant la sédation-désédation et axés sur l'évaluation de la sevrabilité, peuvent permettre de réduire la durée du sevrage et le délai d'extubation, sans augmenter l'incidence des réintubations lorsqu'ils sont dédiés au personnel soignant (kinésithérapeutes, infirmières) [5,27,45,73]. L'intérêt de ces protocoles peut cependant varier selon le niveau de qualité des soins des services et l'implication de l'équipe dans le processus de sevrage [74]. Pour palier au défaut d'implication des équipes et/ou à l'absence de protocole formalisé, le logiciel Smartcare® [72] a l'avantage de proposer une procédure de sevrage à la fois standardisée et automatisée.

**Tableau 4** Principales causes d'échecs d'extubation en réanimation.

Obstruction des voies aériennes supérieures (œdème, inflammation, ulcération, granulome...)
Sécrétions abondantes/encombrement bronchique/ troubles de déglutition/ toux inefficace
Troubles de conscience/encéphalopathie
Dysfonction cardiaque (ischémie, œdème pulmonaire)
Atélectasie
Hypoxémie
Paralysie ou dysfonction diaphragmatique
Autres : sepsis, reprise chirurgicale, hémorragie digestive...

## Extubation

### Épidémiologie et description des complications

L'extubation se définit comme l'ablation de la sonde d'intubation [75,76]. Son échec est défini comme la nécessité précoce (24 à 72 heures) d'une réintubation dans les suites d'une extubation programmée [14,15]. Son incidence varie entre 2 et 25% en fonction des populations étudiées et des pratiques utilisées [75,76]. Les causes d'échec d'extubation proprement dite (Tableau 4) sont à différencier des causes d'échec de l'épreuve de VS (Tableau 1) [77]. La réintubation est associée à une augmentation de la durée de VEDT, des durées de séjour et de la mortalité [34,75].

Les paramètres associés à une réduction glottique des VAS sont une intubation traumatique, un antécédent d'autoextubation accidentelle, une pression excessive du ballonnet de la sonde d'intubation, une durée d'intubation prolongée, une infection trachéobronchique, et le sexe féminin [34,75]. Par ailleurs, plusieurs facteurs ont été rapportés comme étant associés à l'augmentation du risque d'échec d'extubation (Tableau 5).

Avant d'envisager une extubation, il est aussi fondamental de bien évaluer la capacité du patient à tousser efficacement et à évacuer ses sécrétions [78,79]. Cette évaluation des muscles expiratoires, souvent subjective, peut être utilement aidée par la mesure de la pression expiratoire maximale ( $\text{PE}_{\text{max}}$ ), notamment en cas de pathologie neurologique centrale [78,79].

**Tableau 5** Facteurs associés à une augmentation du risque d'échec d'extubation en réanimation.

Âge élevé (> 70 ans)
Durée de la ventilation avant l'extubation
Anémie (hémoglobininémie < 10 g/dL, hémocrite < 30%)
Sévérité de la pathologie au moment de l'extubation
Utilisation d'une sédation continue intraveineuse
Nécessité d'un transport en dehors de la réanimation
Extubation non programmée (autoextubation ou extubation accidentelle)
Bilan hydrique positif (entrées/sorties des 24 h) précédant l'extubation
Nombre d'infirmières insuffisant

## Procédures de sécurisation pouvant diminuer les complications de l'extubation

### Test de fuite

La présence de la sonde d'intubation ne permet pas l'évaluation directe de la perméabilité des VAS. Le test de fuite consiste à dégonfler le ballonnet de la sonde d'intubation afin d'apprécier la fuite d'air expiré autour de la sonde. Une faible ou une absence totale de fuite fera suspecter le risque de survenue d'une obstruction des VAS, incitant alors le clinicien à envisager un traitement préventif avant l'extubation et/ou à initier le plus précocement possible un traitement spécifique après l'extubation.

En pratique, il n'y a pas lieu de réaliser systématiquement ce test chez tous les patients de réanimation. Il pourrait être proposé chez les patients à risque suivants : sexe féminin, score IGS II élevé, motif d'admission médical, intubation traumatique, ballonnet surgonflé, antécédent d'autoextubation et diamètre de sonde d'intubation trop large par rapport à la taille [80,81].

### Corticothérapie

L'utilisation des corticoïdes a été proposée pour prévenir la survenue d'un stridor ou d'un œdème laryngé postextubation (OLPE). Jusqu'en 2006, les trois études prospectives randomisées disponibles chez l'adulte [82–84] n'avaient pas montré d'impact positif des corticoïdes dans cette indication, contrairement aux études réalisées en pédiatrie [85]. Plus récemment, deux études prospectives randomisées ont démontré un bénéfice à l'administration préventive d'une ou plusieurs injections de méthylprednisolone dans les 12 [80] à 24 heures [86] précédant une extubation programmée, afin de réduire les risques de stridor ou d'OLPE et de réintubation. Ces deux études suggèrent que les patients à risques (Tableau 5) sont les plus susceptibles de bénéficier d'une corticothérapie IV préventive administrée suffisamment précocement avant l'extubation (probablement au moins six heures avant pour bénéficier du maximum de l'effet anti-inflammatoire), et ce, quel que soit le résultat du test de fuite qui, faussement positif, peut retarder abusivement l'extubation.

À l'avenir, il sera nécessaire de mieux préciser les patients à risque de développer un OLPE, en particulier ceux susceptibles de nécessiter une réintubation. Chez les patients à très haut risque (antécédent d'OLPE avec réintubation), chez qui une minitrachéotomie en urgence peut s'avérer difficile, l'extubation en présence d'un chirurgien ORL doit toujours être discutée.

### Pression du ballonnet de la sonde d'intubation

L'hyperpression du ballonnet se transmet au mur trachéal et peut induire des lésions ischémiques, des ulcérations, des saignements, voire une sténose trachéale ou une fistule œsotrachéale. Le monitoring de la pression du ballonnet (PB) est recommandé au cours de l'anesthésie pour chirurgie. Afin d'éviter tout surgonflage, cette surveillance systématique de la PB, réalisée à l'aide d'un manomètre par le personnel infirmier deux à trois fois par jour et après chaque manipulation de la sonde d'intubation, doit également être proposée en réanimation avec pour objectif de maintenir la PB entre 15 et 22 mmHg (25–30 cmH<sub>2</sub>O) [87].

### Place de la VNI postextubation

Les indications de VNI se sont récemment élargies à la période postextubation [49]. Elle présente un intérêt pour prévenir la survenue d'une IRA postextubation chez des patients médicaux à risque d'échec d'extubation [88,89]. En revanche, elle apparaît sans bénéfice et peut s'avérer délétère quand elle est utilisée pour traiter une IRA postextubation déjà installée [90,91].

### Place de la trachéotomie

La trachéotomie peut être chirurgicale (TC) ou percutanée (TPC) selon les protocoles locaux [92]. L'objectif ici n'est pas de poser l'indication ni de comparer les deux techniques, mais de préciser les conditions de sécurité permettant sa réalisation dans les meilleures conditions. La TPC s'avère néanmoins la plus pratiquée en réanimation [93]. Dans tous les cas, un chirurgien ORL doit pouvoir être disponible à tout instant en cas de nécessité d'une conversion en urgence en TC.

### Préparation du patient

L'information du patient ou à défaut d'un proche est un pré-requis. La recherche de contre-indications morphologiques à la réalisation de la trachéotomie au lit du patient (obésité, cou court, goitre, néoplasie cervicale, antécédents de radiothérapie...), la vérification de l'hémostase (TP > 50 %, TCA < 1,5 fois le témoin, plaquettes > 50000 par millimètre cube), l'interruption momentanée d'une héparinothérapie curative sont nécessaires avant la réalisation du geste. Une toilette chirurgicale selon les protocoles du CLIN, la veille et le jour de l'intervention, doit être prescrite. L'arrêt de l'alimentation entérale et la mise en déclive de la sonde nasogastrique deux heures avant l'intervention sont recommandés. L'installation en décubitus dorsal strict avec mise en place d'un billot transversal sous les épaules exposant la région cervicale et plaçant la tête en hyperextension améliorent les conditions techniques. L'anesthésie générale avec curarisation sous surveillance scopique standard est recommandée [92].

### Environnement

Les éléments suivants sont recommandés : mise en place d'un champ chirurgical sur la région cervicale, utilisation d'un champ de table avec kit commercial de TC ou TPC, vérification du système d'aspiration murale avec canule d'aspiration stérile, disponibilité immédiate d'une boîte de TC si la TPC est choisie, mise en place d'une procédure de recours au chirurgien ORL [92]. Un set d'intubation doit être prêt en cas de difficulté technique et de percement accidentel du ballonnet. Un opérateur réalisera la trachéotomie tandis qu'un second contrôlera la procédure au fibroscope en cas de TPC [93].

### Procédure médicale

Les bonnes pratiques utilisées pour tout geste chirurgical doivent également être appliquées lors de la trachéotomie :

lavage chirurgical des mains selon le protocole du CLIN, protection oculaire par lunettes, etc. [92]. En cas de TPC, le contrôle fibroscopique vérifie la bonne position médiane de la ponction et du guide métallique, l'absence de saignement ou d'obstruction par du mucus [93].

Après le geste et fixation de la canule, la radiographie thoracique de contrôle et la surveillance d'un saignement doivent être systématiques.

## Place de la ventilation non invasive

### VNI et sécurisation de la VM : définitions

La VNI, définit comme l'application d'un mode d'assistance ventilatoire (*bilevel positive airway pressure* [BiPAP], *VS-AI-PEP*, *continuous positive airway pressure* [CPAP]) par l'intermédiaire d'une interface (masque) [94,95], présente une double particularité en termes de sécurisation de la VM. Elle constitue en elle-même, selon les indications envisagées, une PS vis-à-vis des risques inhérents à la VEDT, notamment de mortalité. La VNI nécessite également d'être optimisée, pour sécuriser sa mise en œuvre (sécurisation de la VNI) et améliorer sa tolérance, et ainsi limiter les risques d'échecs de la technique. Ces deux aspects peuvent néanmoins être étroitement intriqués dans les risques/bénéfices d'une stratégie ventilatoire utilisant la VNI.

### VNI comme procédure de sécurisation de la VM

#### Place et objectifs de la VNI

À l'échelon international, l'incidence d'utilisation de la VNI est passée de 1 à 5% entre 1996 et 1998 [4,50]. En France, elle est passée de 16 à 23% entre 1997 et 2002, soit de 35 à 52% en excluant les patients préalablement intubés [96,97]. La VNI tend ainsi à devenir en France la technique de VM de première intention chez les patients non préalablement intubés.

En tant que PS de la VM, les objectifs et bénéfices attendus de la VNI sont, selon les indications envisagées, d'éviter le recours à la VEDT ou de limiter sa durée, pour prévenir ou limiter ses risques en termes de morbidité et de surcoût des soins [1–8].

#### Risques/bénéfices de la VNI selon l'indication et la sélection des patients

L'existence d'une hypercapnie sous-jacente au cours de l'IRA a été récemment soulignée comme jouant un rôle essentiel dans l'efficacité et le bénéfice cliniques de la VNI [95]. De fait, le bénéfice de la VNI n'est plus à démontrer pour la prise en charge de l'IRA hypercapnique des patients BPCO ou de l'OAP cardiogénique [95]. Avec un raisonnement similaire en termes d'hypercapnie, la VNI peut être également proposée pour le sevrage difficile des patients BPCO [49,98] et la prévention de l'IRA postextubation chez des patients médicaux à risques d'échec d'extubation [88,89].

En revanche, malgré des résultats potentiellement intéressants [99], le succès et le bénéfice de la VNI dans l'IRA hypoxémique pure (sur cœur et poumons antérieurement sains) restent très controversés. En effet, le taux d'échec peut varier de 10 à 60% selon l'étiologie de l'IRA hypoxémique [100] et le bénéfice sur la mortalité

apparaît beaucoup moins clair [101]. L'analyse du rapport bénéfices–risques de la VNI doit en fait prendre en compte le risque de mortalité selon le succès/échec de la technique et le type d'IRA sous-jacent. Le succès de la VNI apparaît ainsi indépendamment associé à la survie quel que soit le type d'IRA, hypercapnique ou hypoxémique, alors que l'échec de la VNI, retardant potentiellement l'intubation, apparaît indépendamment associé à une plus grande mortalité en réanimation seulement au cours de l'IRA hypoxémique [102]. Le bénéfice de la VNI semble ainsi d'autant plus intéressant dans l'IRA hypoxémique que le pronostic des patients peut être grevé par le recours à l'intubation ou la réintubation. Les populations les plus à même d'en bénéficier concernent aujourd'hui principalement les patients immunodéprimés [103,104] et ceux présentant une IRA en postopératoire de chirurgie thoracique ou abdominale [105,106].

Toute stratégie ventilatoire utilisant la VNI nécessite donc une analyse rigoureuse du rapport bénéfices/risques pour le patient qui doit tenir compte de l'existence d'une hypercapnie sous-jacente selon l'indication envisagée. La VNI appliquée à l'IRA hypercapnique (BPCO et OAP) est ainsi considérée comme un marqueur de qualité des soins en réanimation [107]. La VNI appliquée à l'IRA hypoxémique doit, en revanche, rendre prudent le clinicien et nécessite une sélection rigoureuse des patients. Elle impose, dans tous les cas, d'être menée par une équipe expérimentée en milieu sécurisé de réanimation pour une surveillance rapprochée et ne pas retarder le moment de l'intubation.

Finalement, le succès et le bénéfice potentiels de la VNI imposent de respecter ses contre-indications et d'identifier les facteurs prédictifs d'échec spécifiques à chaque type d'IRA (Tableau 6) [95]. Globalement, ces facteurs traduisent que la VNI est plus susceptible d'échouer chez les patients les plus sévères qui, de fait, doivent relever d'une admission et d'une surveillance en réanimation.

### Procédures de sécurisation au cours de la VNI

#### Risques encourus et complications de la VNI

À côté du retard à l'intubation potentiellement délétère, la VNI expose principalement au risque d'échec de la technique, le plus souvent défini comme la nécessité de recourir à l'intubation. Toutes indications confondues, ce taux d'échec est de 30 à 40% en pratique quotidienne [96,97,108,109]. L'échec de la VNI apparaît étroitement lié au confort et à la tolérance de la technique [96,110]. Les principaux déterminants du succès/échec de la VNI vont donc concerner, outre les indications et la sélection des patients développées plus haut, la formation et l'expérience acquise par les équipes ainsi que ses modalités d'application pratique (Tableau 7).

#### Coût/efficacité et formation/expérience acquise avec la VNI

L'expérience acquise dans la technique améliore la morbidité des patients, augmente la sécurité et les chances de succès de la VNI chez les patients les plus sévères, et diminue les admissions en réanimation [111–113]. Le taux global de succès de la VNI de 65% rapporté dans « la vraie vie » peut refléter cette expertise [108,109]. Un apprentis-

**Tableau 6** Facteurs prédictifs d'échec spécifiques de la VNI selon les indications (d'après [95]).

Indication	À l'admission	Réévaluation précoce
IRA hypercapnique (BPCO)	pH < 7,25	À la 2 <sup>e</sup> heure
	Fr > 35 cycles/mn GCS < 11 Pneumopathie Comorbidités cardiovasculaires Score d'activité physique Quotidienne défavorable	pH < 7,25 Fr > 35 cycles/mn GCS < 11
IRA hypoxémique <sup>a</sup>	Âge > 40 ans	À la 1 <sup>re</sup> heure
	Fr > 38 cycles/mn Pneumopathie communautaire Sepsis IRA postopératoire sur complication chirurgicale	PaO <sub>2</sub> / FiO <sub>2</sub> < 200 mmHg

IRA : insuffisance respiratoire aiguë ; BPCO : bronchopneumopathie chronique obstructive ; Fr : fréquence respiratoire ; GCS : *Glasgow coma score*.

<sup>a</sup> IRA sur cœur et poumons antérieurement sains.

sage de la VNI sur un an pourrait suffire pour acquérir cette expertise [114]. La mise en place de programmes de formation et de protocoles d'application apparaît ainsi utile pour optimiser cet apprentissage, l'implantation, les résultats et la sécurité de la VNI [115,116].

Au sein d'une équipe expérimentée et comparativement à la VEDT, la VNI ne majore la charge en soins qu'au cours des six à huit premières heures de son d'initiation chez la BPCO [117]. L'expertise acquise et le bénéfice sur la morbi-mortalité permettent ainsi de réduire le coût des soins de réanimation [112,113,118].

### Modalités d'application pratique de la VNI

Bien qu'aucune des modalités pratiques de la VNI prise isolément n'ait démontré d'impact sur le devenir des patients, il est nécessaire d'optimiser au mieux ces modalités pour sécuriser la VNI et améliorer le compromis efficacité-tolérance de la technique. Une stratégie globale de type progiciel peut ainsi être appliquée pour sécuriser la VNI [24] (Tableau 7).

**Interfaces.** Le choix de l'interface constitue certainement l'un des éléments clés du contrôle des fuites et de la tolérance de la technique. Le masque facial et nasal sont utilisés en France dans respectivement 83 et 6% des cas d'IRA [97]. Malgré leurs avantages et inconvénients respectifs, le masque facial doit être privilégié en première intention, en raison de son meilleur compromis tolérance-efficacité, notamment en termes de fuites [95,110].

**Humidification des gaz inspirés.** Longtemps considérée comme non indispensable parce que les VAS ne sont pas court-circuitées, l'humidification des gaz inspirés ne doit plus être négligée au cours de la VNI afin d'améliorer son confort et sa tolérance [119]. Bien que les bénéfices physiologiques, notamment en termes de travail respiratoire, soient en faveur de l'humidificateur chauffant (HC) [120,121], l'humidification peut être assurée indifféremment avec un filtre ou un HC en l'absence d'impact clinique actuellement démontré [95].

**Ventilateurs, modes ventilatoires et réglages.** Le clinicien a le choix entre des ventilateurs de réanimation et des ventilateurs portables, spécifiquement dédiés à la VNI ou de domicile [94,95]. En France, la VNI en aigu privilégie les ventilateurs de réanimation dans 82% des cas, contre 13 et 5% des cas respectivement pour les autres [97]. Outre l'aspect économique, le choix du ventilateur doit être avant tout guidé par la gravité des patients traités, ce qui suppose de prendre en compte les capacités techniques (modes ventilatoires, réglages, monitoring) et la variabilité de performances entre ces différents types de ventilateurs [67]. Le risque de réinhalation de CO<sub>2</sub> doit également être pris en compte avec les circuits « monobranche » [122,123] et l'aspect ergonomique ne doit pas être négligé [124].

En dehors de l'OAP, les modes à double niveaux de pression (VS-AI-PEP, BiPAP) doivent être privilégiés en première intention pour leur compromis tolérance-efficacité [125]. Selon l'indication de la VNI, les réglages initiaux (Tableau 7) doivent être secondairement toujours adaptés à la tolérance clinique, aux fuites et aux contrôles réguliers des GDS [95]. L'optimisation de ces réglages passe, si possible, par le choix d'un *trigger* inspiratoire en débit [126], par le réglage de la pente de pressurisation du niveau d'AI [69,127] et par le réglage du cyclage inspiration/expiration [128,129]. À terme, une partie de ces réglages pourrait d'ailleurs être automatisée [130]. La VS-PEP (CPAP) s'avère moins difficile à régler que les modes précédents et différents dispositifs sont utilisables [95,131].

**Conduite et surveillance de la VNI.** La VNI peut être appliquée de façon continue ou séquentielle précoce (alternance de séquences de VNI et VS plus ou moins longues) dès les premières heures [108,109,132]. Cependant, l'application séquentielle précoce pourrait en partie expliquer les moins bons résultats de la VNI utilisée pour traiter une IRA post-extubation [49]. La surveillance clinique, paraclinique et gazométrique apprécie l'efficacité de la VNI et doit être régulière au cours des premières heures [95]. Les GDS sont essentiellement utiles à l'adaptation des paramètres ventilatoires, notamment dans les une à deux heures suivant

**Tableau 7** Choix, modalités et optimisation des aspects techniques et pratiques au cours de la VNI.

Aspects techniques	Choix/modalités	Optimisation/sécurisation
Interface	Masque facial > nasal (plusieurs modèles et tailles disponibles)	Protection cutanée (pansements colloïdes)  Adaptation de taille et/ou type / serrage harnais Si complications locales et/ou VNI prolongée (> 24–48 h) Changement de masque (facial ↔ nasal) Autres interfaces (casque, masque facial total)
Ventilateur	Selon les performances recherchées en fonction de la gravité des patients pris en charge Ventilateurs de réanimation Ventilateurs portables (spécifique VNI ou domicile)	Ergonomie accessible à tous Ventilateur de réanimation (performances, monitoring) chez les patients les plus à risque d'échec
Circuit	Double ligne inspiratoire/expiratoire > une seule ligne inspiratoire (monobranche sur portables)	Risque de réinhalation de CO <sub>2</sub> si une seule ligne  Valve <i>antirebreathing</i> (au niveau du masque plutôt que sur le circuit) ↑ du niveau de PEP externe Si IRA hypercapnique Suppression du raccord annelé
Mode de ventilation et réglages	Selon l'indication VS-AI-PEP (BiPAP) > VAC (confort)  VS-PEP (CPAP)	Réglages VS-AI-PEP ↑ Graduelle du niveau d'AI (6–8 cmH <sub>2</sub> O) et PEP (4–10 cmH <sub>2</sub> O) initial en évitant une P <sub>lmax</sub> > 25 cmH <sub>2</sub> O → objectifs : Vte de 6–8 mL/kg et/ou Fr ≤ 25 c/mn Trigger inspiratoire en débit (0,5–1 L/mn) (surveillance autodéclenchements) Pente de pressurisation du niveau d'AI (plutôt rapide en évitant les valeurs extrêmes) Cyclage inspiration/expiration si disponible (↑débit maximal d'insufflation à 35–45% ; limitation du T <sub>i</sub> ≤ 1 s) Réglages VS-PEP (plus simples) PEP de 5–10 cmH <sub>2</sub> O selon sévérité hypoxémie
Humidification	HC = ECH (résultats cliniques)	HC si hypercapnie sévère ou grande intolérance
Conduite de la VNI	Continue ou séquentielle précoce selon gravité des patients	Mode séquentiel (si continu initialement) après amélioration clinique et GDS
Surveillance	Clinique (dyspnée, fuites conscience, confort, tolérance, adaptation)  Paraclinique (Fr, SaO <sub>2</sub> , PA,FC)  GDS	Ventilateurs de réanimation et certains ventilateurs spécifiques Monitoring des paramètres ventilatoires (pressions, Vte, Fr) Alarmes (pressions, Vte, Fr) et « ventilation d'apnée » Visualisation des courbes (débit, pression) à l'écran (contrôle des fuites et asynchronies patient–ventilateur)
Arrêt de la VNI si succès	Stabilisation de l'état clinique et GDS	En l'absence de critères formellement définis Besoins < 6 heures/j Ou PaO <sub>2</sub> ≥ 60 mmHg avec pH ≥ 7,35 et PaCO <sub>2</sub> < 55 mmHg sous O <sub>2</sub> nasal depuis 6 à 12 heures

VNI : ventilation non invasive ; IRA : insuffisance respiratoire aiguë ; PEP : pression expiratoire positive ; AI : aide inspiratoire ; VAC : ventilation assisté-contrôlée en débit ; HC : humidificateur chauffant ; ECH : échangeur de chaleur et d'humidité ; Vte : volume courant expiré ; T<sub>i</sub> : temps inspiratoire ; GDS : gaz du sang artériel ; Fr : fréquence respiratoire ; PA : pression artérielle ; FC : fréquence cardiaque.

l'initiation de la VNI, et pour juger du rapprochement de la surveillance clinique, puis de l'autonomie ventilatoire lors des séquences de VS. Cette surveillance (fuites, asynchronies patient-ventilateur) est facilitée par le monitoring des paramètres ventilatoires et la visualisation des courbes d'écran (débit, pression) quand ils sont disponibles [133]. Le réglage des alarmes et du mode de « ventilation d'apnée » contribuent à optimiser la sécurité de la technique. La surveillance doit aussi dépister les autres complications de la VNI (cutanées, ORL, etc.) et contribuer à identifier précocement les facteurs prédictifs d'échec (Tableau 6) [95].

La VNI doit être poursuivie jusqu'à stabilisation clinique et gazométrique. Les critères de sevrage et d'arrêt ne sont pas clairement établis mais impliquent un espacement graduel des périodes de VNI parallèlement à l'amélioration des signes d'IRA [108, 134].

## Références

- [1] Pingleton SK. Complications associated with mechanical ventilation. In: Tobin MJ, editor. Principles and practice of mechanical ventilation. New York: McGraw-Hill, Inc; 1994. p. 775–92.
- [2] Guidelines for the management of adults with hospital-acquired, ventilator-associated, and healthcare-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;171:388–16.
- [3] Girault C, Tamion F, Beduneau G. Évaluation des soins et pneumopathies nosocomiales en réanimation. *Rev Mal Respir* 2006;2(Suppl.):27–43.
- [4] Esteban A, Anzueto A, Alia I, Gordo F, Apezteguia C, Palizas F, et al. How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1450–8.
- [5] Kollef MH, Levy NT, Ahrens T, Schaiff R, Prentice D, Sherman G. The use of continuous IV sedation is associated with prolongation of mechanical ventilation. *Chest* 1998;114:541–8.
- [6] Esteban A, Alia I, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ, The Spanish Lung Failure Collaborative Group. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. *Chest* 1994;106:1188–93.
- [7] Rothaar RC, Epstein SK. Extubation failure: magnitude of the problem, impact on outcomes, and prevention. *Curr Opin Crit Care* 2003;9:59–66.
- [8] Cooper LM, Linde-Zwirble WT. Medicare intensive care unit use: analysis of incidence, cost, and payment. *Crit Care Med* 2004;32:2247–53.
- [9] Nava S, Rubini F, Zanott N, Ambrosino N, Bruschi M, Vitacca M, et al. Survival and prediction of successful ventilator weaning in COPD patients requiring mechanical ventilation for more than 21 days. *Eur Respir J* 1994;7:1645–52.
- [10] Mort T. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 2004;99:607–13.
- [11] Schwartz DE, Matthay MA, Cohen NH. Death and other complications of emergency airway management in critically ill adults. *Anesthesiology* 1995;82:367–76.
- [12] Le Tacon S, Wolter P, Rusterholtz T, Harlay M, Gayol S, Sauder P, et al. Complications of difficult tracheal intubations in a critical care unit. *Ann Fr Anesth Reanim* 2000;19:719–24.
- [13] Auriant I, Reignier J, Pibarot ML, Bachat S, Tenailon A, Raphael JC. Critical incidents related to invasive mechanical ventilation in the ICU: preliminary descriptive study. *Intensive Care Med* 2002;28:452–8.
- [14] Jaber S, Amraoui J, Lefrant J, Arich C, Cohendy R, Landreau L, et al. Clinical practice and risk factors for immediate complications of endotracheal intubation in intensive care unit: a prospective multicenter study. *Crit Care Med* 2006;34:2355–61.
- [15] Jaber S, Jung B, Corne P, Sebbane M, Chanques G, Muller L, et al. Making intubation in intensive care unit safer with intubation guidelines: a before-after multicenter study. 2007 Abstract 537, ESICM Berlin 2007.
- [16] Baillard C, Fosse JP, Sebbane M, Chanques G, Vincent F, Courouble P, et al. Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;174–7.
- [17] Ray DC, McKeown DW. Effect of induction agent on vasopressor and steroid use, and outcome in patients with septic shock. *Crit Care* 2007;11:R56.
- [18] Annane D. ICU physicians should abandon the use of etomidate! *Intensive Care Med* 2005;31:325–6.
- [19] Kabrhel C, Thomsen TW, Setnik GS, Walls RM. Videos in clinical medicine. Orotracheal intubation. *N Engl J Med* 2007;356:e15.
- [20] Li J, Murphy-Lavoie H, Bugas C, Martinez J, Preston C. Complications of emergency intubation with and without paralysis. *Am J Emerg Med* 1999;17:141–3.
- [21] Ricard-Hibon A, Chollet C, Leroy C, Marty J. Succinylcholine improves the time of performance of a tracheal intubation in prehospital critical care medicine. *Eur J Anaesthesiol* 2002;19:361–7.
- [22] Mort TC. Esophageal intubation with indirect clinical tests during emergency tracheal intubation: a report on patient morbidity. *J Clin Anesth* 2005;17:255–62.
- [23] Amour J, Marmion F, Birenbaum A, Nicolas-Robin A, Coriat P, Riou B, et al. Comparison of plastic single-use and metal reusable laryngoscope blades for orotracheal intubation during rapid sequence induction of anesthesia. *Anesthesiology* 2006;104:60–4.
- [24] Berenholtz SM, Milanovich S, Faircloth A, Prow DT, Earsing K, Lipsett P, et al. Improving care for the ventilated patient. *Jt Comm J Qual Saf* 2004;4:195–204.
- [25] Moons P, Sels K, De Becker W, De Geest S, Ferdinande P. Development of a risk assessment tool for deliberate self-extubation in intensive care patients. *Intensive Care Med* 2004;30:1348–55.
- [26] Krinsley JS, Barone JE. The drive to survive: unplanned extubation in the ICU. *Chest* 2005;128:560–6.
- [27] Ely EW, Baker A, Dunagan DP, Burke HR, Smith AC, Kelly PT, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996;335:1864–9.
- [28] Epstein SK, Nevins ML, Chung J. Effect of unplanned extubation on outcome of mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1912–6.
- [29] Boulain T, Association des Réanimateurs du Centre-Ouest. Unplanned extubations in the adult intensive care unit: a prospective multicenter study. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:1131–7.
- [30] Sadowski R, Dechert RE, Bandy KP, Juno J, Bhatt-Mehta V, Custer JR, et al. Continuous quality improvement: reducing unplanned extubations in a pediatric intensive care unit. *Pediatrics* 2004;114:628–32.
- [31] Razek T, Gracias V, Sullivan D, Braxton C, Gandhi R, Gupta R, et al. Assessing the need for reintubation: a prospective evaluation of unplanned endotracheal extubation. *J Trauma* 2000;48:466–9.
- [32] Birkett KM, Southerland KA, Leslie GD. Reporting unplanned extubation. *Intensive Crit Care Nurs* 2005;21:65–75.
- [33] Bornstain C, Azoulay E, De Lassence A, Cohen Y, Costa MA, Mourvillier B, et al. Sedation, sucralfate, and antibiotic use are potential means for protection against early-onset ventilator-associated pneumonia. *Clin Infect Dis* 2004;38:1401–8.

- [34] De Lassence A, Alberti C, Azoulay E, Le Miere E, Cheval C, Vincent F, et al. Impact of unplanned extubation and reintubation after weaning on nosocomial pneumonia risk in the intensive care unit: a prospective multicenter study. *Anesthesiology* 2002;97:148–55.
- [35] Betbese AJ, Perez M, Bak E, Rialp G, Mancebo J. A prospective study of unplanned endotracheal extubation in intensive care unit patients. *Crit Care Med* 1998;26:1180–6.
- [36] Chevron V, Menard JF, Richard JC, Girault C, Leroy J, Bonmarchand G. Unplanned extubation: risk factors of development and predictive criteria for reintubation. *Crit Care Med* 1998;26:1049–53.
- [37] Murray T, Goodyear-Bruch C. Ventilator-associated pneumonia improvement program. *AACN Adv Crit Care* 2007;18:190–9.
- [38] Abbott CA, Dremsa T, Stewart DW, Mark DD, Swift CC. Adoption of a ventilator-associated pneumonia clinical practice guideline. *Worldviews Evid Based Nurs* 2006;3:139–52.
- [39] Cason CL, Tyner T, Saunders S, Broome L. Nurses' implementation of guidelines for ventilator-associated pneumonia from the Centers for Disease Control and Prevention. *Am J Crit Care* 2007;16:28–36.
- [40] Youngquist P, Carroll M, Farber M, Macy D, Madrid P, Ronning J, et al. Implementing a ventilator bundle in a community hospital. *Jt Comm J Qual Patient Saf* 2007;33:219–25.
- [41] Crunden E, Boyce C, Woodman H, Bray B. An evaluation of the impact of the ventilator care bundle. *Nurs Crit Care* 2005;10:242–6.
- [42] Niel-Weise BS, Wille JC, van den Broek PJ. Humidification policies for mechanically ventilated intensive care patients and prevention of ventilator-associated pneumonia: a systematic review of randomized controlled trials. *J Hosp Infect* 2007;65:285–91.
- [43] Chanques G, Jaber S, Barbotte E, Violet S, Sebbane M, Perrigault PF, et al. Impact of systematic evaluation of pain and agitation in an intensive care unit. *Crit Care Med* 2006;34:1691–9.
- [44] Payen JF, Chanques G, Mantz J, Hercule C, Auriant I, Leguillou JL, et al. Current practices in sedation and analgesia for mechanically ventilated critically ill patients: a prospective multicenter patient-based study. *Anesthesiology* 2007;106:687–95.
- [45] Kress JP, Hall JB. Sedation in the mechanically ventilated patient. *Crit Care Med* 2006;34:2541–6.
- [46] Recommandations d'experts de la SRLF. Monitoring de la ventilation mécanique. *Reanim Urgences* 2000;9:407–12.
- [47] Conférence de Consensus: Sevrage de la ventilation mécanique. *Reanimation* 2001;10:699–705.
- [48] Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. Statement of the sixth international consensus conference on intensive care medicine. *Eur Respir J* 2007;29:1033–56.
- [49] Girault C. La ventilation non invasive post-extubation (en dehors du patient postopératoire). Conférence de Consensus Commune Sfar, SPLF, SRLF 2006:119–27.
- [50] Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alia I, Brochard L, Stewart TE, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 2002;287:345–55.
- [51] Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lofaso F, Conti G, Rauss A, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:896–903.
- [52] Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alia I, Solsona JF, Vallverdu I, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995;332:345–50.
- [53] Esteban A, Alia I, Gordo F, Fernandez R, Solsona JF, Vallverdu I, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:459–65.
- [54] Esteban A, Alia I, Tobin MJ, Gil A, Gordo F, Vallverdu I, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:512–8.
- [55] Vallverdu I, Calaf N, Subirana M, Net A, Benito S, Mancebo J. Clinical characteristics, respiratory functional parameters and outcome of a two hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1855–61.
- [56] Girault C, Defouilloy C, Richard JC, Muir JF. Weaning criteria from mechanical ventilation. *Monaldi Arch Chest Dis* 1994;49:118–24.
- [57] Meade M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff T, Kergl C, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest* 2001;120:4005–24S.
- [58] Zeggwagh AA, Abouqal R, Madani N, Zekraoui A, Kerkeb O. Weaning from mechanical ventilation: a model for extubation. *Intensive Care Med* 1999;25:1077–83.
- [59] Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A, Epstein SK, Arabi Y, Apezteguia C, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest* 2006;130:1664–71.
- [60] Perren A, Domenighetti G, Mauri S, Genini F, Vizzardi N. Protocol-directed weaning from mechanical ventilation: clinical outcome in patients randomized for a 30-min or 120-min trial with pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:1058–63.
- [61] Mehta S, Nelson DL, Klinger JR, Buczko GB, Levy MM. Prediction of postextubation work of breathing. *Crit Care Med* 2000;28:1341–6.
- [62] Ezingard E, Diconne E, Guyomarc'h S, Venet C, Page D, Gery P, et al. Weaning from mechanical ventilation with pressure support in patients failing a T-tube trial of spontaneous breathing. *Intensive Care Med* 2006;32:165–9.
- [63] Girault C, Breton L, Richard JC, Tamion, Vandelet P, Aboab J, et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients. *Crit Care Med* 2003;31:1306–11.
- [64] Blanch L, Bernabe F, Lucangelo U. Measurement of air trapping, intrinsic positive end-expiratory pressure, and dynamic hyperinflation in mechanically ventilated patients. *Respir Care* 2005;50:110–23.
- [65] Laghi F, Tobin MJ. Disorders of the respiratory muscles. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:10–48.
- [66] Vitacca M, Vianello A, Colombo D, Clini E, Porta R, Bianchi L, et al. Comparison of two methods for weaning patients with chronic obstructive pulmonary disease requiring mechanical ventilation for more than 15 days. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:225–30.
- [67] Richard JC, Carlucci A, Breton L, Langlais N, Jaber S, Maggiore S, et al. Bench testing of pressure support ventilation with three different generations of ventilators. *Intensive Care Med* 2002;28:1049–57.
- [68] Aslanian P, El Atrous S, Isabey D, Valente E, Corsi D, Harf A, et al. Effects of flow triggering on breathing effort during partial ventilatory support. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:135–43.
- [69] Bonmarchand G, Chevron V, Chopin C, Jusserand D, Girault C, Moritz F, et al. Increased initial flow rate reduces inspiratory work of breathing during pressure support ventilation in patients with exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med* 1996;22:1147–54.
- [70] Parthasarathy S, Jubran A, Tobin MJ. Cycling of inspiratory and expiratory muscles groups with the ventilator in airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1471–8.

- [71] Leung P, Jubran A, Tobin MJ. Comparison of assisted ventilator modes on triggering, patient effort, and dyspnea. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:1940–8.
- [72] Lellouche F, Mancebo J, Jolliet P, Roeseler J, Schortgen F, Dojat M, et al. A multicenter randomized trial of computer-driven protocolized weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;174:894–900.
- [73] Ely EW, Meade MO, Haponik EF, Kollef MH, Cook DJ, Guyatt GH, et al. Mechanical ventilator weaning protocols driven by non-physician health-care professionals: evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2001;120:454S–63S.
- [74] Krishnan JA, Moore D, Robeson C, Rand CS, Fessler HE. A prospective, controlled trial of a protocol-based strategy to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169:673–8.
- [75] Epstein SK, Ciubotaru RL. Independent effects of etiology of failure and time to reintubation on outcome for patients failing extubation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:489–93.
- [76] Epstein S. Decision to extubate. *Intensive Care Med* 2002;28:535–46.
- [77] Epstein S, Ciubotaru R, Wong J. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest* 1997;112:186–92.
- [78] Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest* 2001;120:1262–70.
- [79] Smina M, Salam A, Khamiees M, Gada P, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. Cough peak flows and extubation outcomes. *Chest* 2003;124:262–8.
- [80] Francois B, Bellissandier E, Gissot V, Desachy A, Normand S, Boulain T, et al. 12-h pretreatment with methylprednisolone versus placebo for prevention of postextubation laryngeal oedema: a randomised double-blind trial. *Lancet* 2007;369:1083–9.
- [81] Jaber S, Chanques G, Matecki S, Ramonatox M, Vergne C, Souche B, et al. Post-extubation stridor in intensive care unit patients. Risk factors evaluation and importance of the cuff-leak test. *Intensive Care Med* 2003;29:69–74.
- [82] Gaussorgues P, Boyer F, Piperno D, Gerard M, Leger P, Robert D. Œdème laryngé après extubation. Les corticoïdes ont-ils un rôle dans sa prévention? *Presse Med* 1987;16:1531–2.
- [83] Darmon JY, Rauss A, Dreyfuss D, Bleichner G, Elkharrat D, Schlemmer B, et al. Evaluation of risk factors for laryngeal edema after tracheal extubation in adults and its prevention by dexamethasone. A placebo-controlled, double-blind, multicenter study. *Anesthesiology* 1992;77:245–51.
- [84] Ho LI, Harn HJ, Lien TC, Hu PY, Wang JH. Postextubation laryngeal edema in adults. Risk factor evaluation and prevention by hydrocortisone. *Intensive Care Med* 1996;22:933–6.
- [85] Meade M, Guyatt G, Cook D, Sinuff T, Butler R. Trials of corticosteroids to prevent postextubation airway complications. *Chest* 2001;120:464S–85S.
- [86] Cheng K, Hou C, Huang H, Lin S, Zhang H. Intravenous injection of methylprednisolone reduces the incidence of postextubation stridor in intensive care unit patients. *Crit Care Med* 2006;34:1345–50.
- [87] Jaber S, El Kamel M, Chanques G, Sebbane M, Cazottes S, Perigault PF, et al. Endotracheal tube cuff pressure in intensive care unit: the need for pressure monitoring. *Intensive Care Med* 2007;33:917–8.
- [88] Nava S, Gregoretto C, Fanfulla F, Squadrone E, Grassi M, Carlucci A, et al. Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high risk patients. *Crit Care Med* 2005;33:2465–70.
- [89] Ferrer M, Valencia M, Nicolas JM, Bernadich O, Badia JR, Torres A. Early noninvasive ventilation averts extubation failure in patients at risk: a randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173:164–70.
- [90] Keenan S, Powers C, McCormack D, Block G. Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002;287:3238–44.
- [91] Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson N, Arabi Y, Apezteguía C, González G, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med* 2004;350:2452–60.
- [92] De Leyn P, Bedert L, Delcroix M, Depuydt P, Lauwers G, Sokolov Y, et al. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007;32:412–21.
- [93] Al-Ansari MA, Hijazi MH. Clinical review: percutaneous dilatational tracheostomy. *Crit Care* 2006;10:202.
- [94] Ewans T. International consensus conference in intensive care medicine: Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:283–91.
- [95] Robert R, Bengler C, Beuret P, Dureuil B, Géhan G, Joye F et al. Ventilation non invasive au cours de l'insuffisance respiratoire aiguë (nouveau-né exclu). Conférence de Consensus Commune Sfar, SPLF, SRLF 2006;13–20.
- [96] Carlucci A, Richard JC, Wysocki M, Lepage E, Brochard L, SRLF Collaborative Group on Mechanical Ventilation. Noninvasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:874–80.
- [97] Demoule A, Girou E, Richard JC, Taille S, Brochard L. Increased use of noninvasive ventilation in French intensive care units. *Intensive Care Med* 2006;32:1747–55.
- [98] Burns KE, Adhikari NK, Meade MO. A meta-analysis of noninvasive weaning to facilitate liberation from mechanical ventilation. *Can J Anaesth* 2006;53:305–15.
- [99] Ferrer M, Esquinas A, Leon M, Gonzalez G, Alarcon A, Torres A. Non-invasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure. A randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:1438–44.
- [100] Antonelli M, Conti G, Moro ML, Esquinas A, Gonzalez-Diaz G, Confalonieri M, et al. Predictors of failure of noninvasive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: A multicenter study. *Intensive Care Med* 2001;27:1718–28.
- [101] Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, Hill NS. Does noninvasive positive pressure ventilation improve outcome in acute hypoxemic respiratory failure? A systematic review. *Crit Care Med* 2004;32:2516–23.
- [102] Demoule A, Girou E, Richard JC, Taille S, Brochard L. Benefits and risks of success or failure of noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 2006;32:1756–65.
- [103] Hilbert G, Gruson D, Vargas F, Valentino R, Gbipki-Benissan G, Dupon M, et al. Non-invasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever and acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001;344:481–7.
- [104] Depuydt PO, Benoit DD, Vandewoude KH, Decruyenaere JM, Colardyn FA. Outcome in noninvasively and invasively ventilated hematologic patients with acute respiratory failure. *Chest* 2004;126:1299–306.
- [105] Auriant I, Jallot A, Hervé P, Cerrina J, Le Roy Ladurie F, et al. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:1231–5.
- [106] Squadrone V, Coxa M, Cerutti E, Schellino MM, Biolino P, Occella P, et al. Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *JAMA* 2005;293(293):589–95.
- [107] Curtis JR, Cook DJ, Wall RJ, Angus DC, Bion J, Kacmarek R, et al. Intensive care unit quality improvement: a “how-to” guide for the interdisciplinary team. *Crit Care Med* 2006;34:211–8.

- [108] Girault C, Briel A, Hellot MF, Tamion F, Woinet D, Leroy J, et al. Noninvasive mechanical ventilation in clinical practice: a 2-year experience in a medical intensive care unit. *Crit Care Med* 2003;31:552–9.
- [109] Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, Wunderink R, Tolley E. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask. First-line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure. *Chest* 1996;109:179–93.
- [110] Kwok H, McCormack J, Cece R, Houtchens J, Hill NS. Controlled trial of oronasal versus nasal mask ventilation in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2003;31:468–73.
- [111] Girou E, Brun-Buisson C, Taille S, Lemaire F, Brochard L. Secular trends in nosocomial infections and mortality associated with noninvasive ventilation in patients with exacerbation of COPD and pulmonary edema. *JAMA* 2003;290:2985–91.
- [112] Carlucci A, Delmastro M, Rubini F, Fracchia C, Nava S. Changes in the practice of non-invasive ventilation in treating COPD patients over 8 years. *Intensive Care Med* 2003;29:419–25.
- [113] 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 multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2000;355:1931–5.
- [114] Bulow HH, Thorsager B, Hojberg JM. Experiences from introducing non-invasive ventilation in the intensive care unit: a 2-year prospective consecutive cohort study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007;51:165–70.
- [115] Sinuff T, Keenan SP. Clinical practice guideline for the use of noninvasive positive pressure ventilation in COPD patients with acute respiratory failure. *J Crit Care* 2004;19:82–91.
- [116] Sinuff T, Kahn moui K, Cook DJ, Giacomini M. Practice guidelines as multipurpose tools: a qualitative study of noninvasive ventilation. *Crit Care Med* 2007;35:776–82.
- [117] Nava S, Evangelista I, Rampulla C, Compagnoni M, Fracchia C, Rubini F. Human and financial costs of noninvasive mechanical ventilation in patients affected by COPD and acute respiratory failure. *Chest* 1997;111:1631–8.
- [118] Keenan SP, Gregor J, Sibbald WJ, Cook D, Gafni A. Noninvasive positive pressure ventilation in the setting of severe exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: more effective and less expansive. *Crit Care Med* 2000;28:2094–102.
- [119] Holland AE, Denehy L, Buchan CA, Wilson JW. Efficacy of a heated passover humidifier during noninvasive ventilation: a bench study. *Respir Care* 2007;52:38–44.
- [120] Lellouche F, Maggiore SM, Deye N, Taillé S, Pigeot J, Harf A, et al. Effect of the humidification device on the work of breathing during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:1582–9.
- [121] Jaber S, Chanques G, Matecki S, Ramonatxo M, Souche B, Perrigault PF, et al. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas exchange during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:1590–4.
- [122] Schettino GP, Chatmongkolchart S, Hess DR, Kacmarek RM. Position of exhalation port and mask design affect CO<sub>2</sub> rebreathing during noninvasive positive pressure ventilation. *Crit Care Med* 2003;31:2178–82.
- [123] Saatci E, Miller DM, Stell IM, Lee KC, Moxham J. Dynamic dead space in face masks used with noninvasive ventilators: a lung model study. *Eur Respir J* 2004;23:129–35.
- [124] Gonzalez-Bermejo J, Laplanche V, Husseini FE, Duguet A, Derenne JP, Similowski T. Evaluation of the user-friendliness of 11 home mechanical ventilators. *Eur Respir J* 2006;27:1236–43.
- [125] Girault C, Richard JC, Chevron V, Tamion F, Pasquis P, Leroy J, et al. Comparative physiologic effects of noninvasive assist-control and pressure support ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 1997;111:1639–48.
- [126] Nava S, Ambrosino N, Bruschi C, Confalonieri M, Rampulla C. Physiological effects of flow and pressure triggering during non-invasive mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1997;52:249–54.
- [127] Chiumello D, Pelosi P, Croci M, Bigatello LM, Gattinoni L. The effects of pressurization rate on breathing pattern, work of breathing, gas exchange and patient comfort in pressure support ventilation. *Eur Respir J* 2001;18:107–14.
- [128] Calderini E, Confalonieri M, Puccio PG, Francavilla N, Stella L, Gregoretta C. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: the role of expiratory trigger. *Intensive Care Med* 1999;25:662–7.
- [129] Tassaux D, Gannier M, Battisti A, Jolliet P. Impact of expiratory trigger setting on delayed cycling and inspiratory muscle workload. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;15(172):1283–9.
- [130] Battisti A, Tassaux D, Bassin D, Jolliet P. Automatic adjustment of noninvasive pressure support with a bilevel home ventilator in patients with acute respiratory failure: a feasibility study. *Intensive Care Med* 2007;33:632–8.
- [131] Schönhofer B, Sortor-Leger S. Equipment needs for noninvasive mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2002;20:1029–36.
- [132] Hilbert G, Gruson D, Gbikpi-Benissan G, Cardinaud JP. Sequential use of noninvasive pressure support ventilation for acute exacerbations of COPD. *Intensive Care Med* 1997;23:955–61.
- [133] Hess DR. Ventilator waveforms and the physiology of pressure support ventilation. *Respir Care* 2005;50:166–86.
- [134] Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lofaso F, Conti G, Rauss A, et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 1995;333:817–22.