

**Le sevrage de la ventilation  
mécanique**

**Weaning from mechanical  
ventilation**

**الفطام من التهوية الميكانيكية**

AA Zeggwagh

**ملخص :** التنبيب والتهوية الميكانيكية يستخدمون بشكل شائع للمرضى الذين يعانون من كرب تنفسي، مع ذلك يبقى تحديد الوقت المناسب لبدأ عملية النظام غير محدود. هل هذا الفطام يفرض إلى نزع الأنبوب في وقت مبكر أو لاحق، وعامل خطورة الخمج والوقت اللازم للإقامة للعلاج ومن هنا تحدث الوفاة ولهذا فالفطام من التهوية الميكانيكية يبقى إجراء بالغ الأهمية يجب أن يتحكم به بطريقة جيدة لأن الفرق بين الفشل في العظام (عدم القدرة على تحمل التنفس التلقائي بدون مساعدة الموهوة) والفشل في نزع الأنبوب (عدم تحمل سحب البديل الصناعي عبر الحنجرة) مهم جدا لأن التعامل مع كلتا الحالتين يختلف اختلافا كبيرا. وللحصول على تحكم جيد للفطام يوجد دلائل كثيرة متوقعة ومقترحة ولكن تبقى فعالية هذه الدلائل موضع نقاشه وتختلف تبعا للعينات المدروسة. وبالرغم من التقدم الذي تحقق في مجال الفطام من النهوية الميكانيكية يبدو أن التوحيد القياسي لهذه المعايير داخل الأقسام المعنية بالأمر يبقى هو الوسيلة الأمثل لتحقيق النجاح.

**الكلمات الأساسية :** التهوية الميكانيكية، فطام.

**Résumé :** L'intubation et la ventilation mécanique sont couramment employées chez les patients en détresse respiratoire. Cependant, le moment approprié pour débiter le sevrage reste mal codifié. Si ce sevrage aboutit à une extubation précoce ou tardive, le risque infectieux et la durée de séjour se trouvent majorées et de là la mortalité. Ainsi, le sevrage de la ventilation mécanique reste une procédure d'une grande importance qui doit être bien maîtrisée. La distinction entre l'échec de sevrage (incapacité de tolérer une respiration spontanée sans support ventilatoire) et l'échec de l'extubation (incapacité de tolérer le retrait de la prothèse translaryngée) est importante car leur prise en charge est différente.

Pour mieux conduire le sevrage, plusieurs indices prédictifs ont été proposés mais leur performance reste discutable et variable selon la population étudiée.

Malgré les progrès réalisés dans le domaine du sevrage de la ventilation mécanique, il apparaît que la standardisation de cette procédure au sein des services concernés reste le meilleur garant de son succès.

**Mots-clés :** Sevrage - Ventilation mécanique

**Abstract :** Intubation and mechanical ventilation are currently used in patients with respiratory distress. Yet the appropriate moment to start weaning is still not defined. Does weaning lead to precocious or tardily extubation, risk of infection, and the duration of stay which lead to death. Weaning of the mechanical ventilation still considered as an important procedure which must be well controled. The distinction between weaning failure (the incapacity to tolerate spontanous respiration without the ventilator support) and the failure of extubation (incapacity to tolerate withdrawal of trans laryngeal prosthesis) is important because dealing with these conditions is different. For better management of weaning, many predictive indices are proposed, but their performances still discussed and variable depending on the studied population. In spite of the realised progress in the feild of weaning of mechanical ventilation, it appeares that standardization of this procedure inside the concerned services still the best guaranty of their success.

**Key-words :** Mechanical ventilation, weaning.

**Tiré à part :** Pr Zeggwagh AA. Service de réanimation médical- Hôpital Ibn Sina - Rabat E-mail : aazeggwagh @ invivo.edu

## Introduction

La procédure de sevrage de la ventilation mécanique (VM) est une étape très importante dont les enjeux sont multiples en termes de morbidité et de mortalité [1-3]. Cette procédure reste encore mal codifiée notamment quant au moment exact de la "sevrabilité" d'un patient sous VM [1, 2]. Il faut toujours garder à l'esprit qu'il est aussi dangereux de prolonger inutilement l'assistance ventilatoire que de devoir réintuber un patient après une extubation prématurée [4]. En effet, le risque de survenue de pneumopathie nosocomiale augmente proportionnellement au temps passé en VM et ce risque est également augmenté par la réintubation. Cette dernière est, de ce fait, associée de manière indépendante à une surmortalité [1, 3, 5, 6].

## Définitions

La terminologie du sevrage de la VM n'est pas aussi simple que cela puisse paraître [1].

**Le sevrage de la VM** peut être défini comme l'interruption définitive de celle-ci autorisée par la reprise d'une ventilation spontanée (VS) efficace permettant le plus souvent l'extubation [1, 2, 7]. Les auteurs anglo-saxons préfèrent le terme de "discontinuation" de la VM, le mot "weaning" impliquant un processus de retrait graduel de la VM [1, 2]. Par définition donc, sevrage et extubation sont actuellement distingués séparément, le sevrage étant un préalable habituel à l'extubation quand il est réussi.

Le sevrage est dit **facile** (ou simple ou rapide) lorsqu'il est obtenu dans un court délai après qu'il ait été initié c'est à dire après la première épreuve de VS [1].

Il est dit **difficile** en cas d'échec de la première épreuve de VS ou de la reprise de la VM dans les 48 heures suivant son arrêt [1]. Ceci concerne en moyenne le 1/4 des patients [1, 2, 5, 8].

Le sevrage est dit **prolongé ou impossible** lorsque le retrait de la VM ne peut être obtenu dans un délai de 21 à 30 jours après l'instant de "sevrabilité" [1]. Ceci concerne en moyenne moins de 5% des patients [1].

**L'extubation** est le processus de retrait de la prothèse endotrachéale [1, 6].

**L'échec de l'extubation**, suite à une extubation programmée au cours d'une procédure de sevrage, est défini par la nécessité de réintubation avant la 48 ou 72ème heure après l'extubation. Sa prévalence varie de 5 à 20% [1, 2, 5, 6].

**L'extubation imprévue** (unplanned extubation des anglo-saxons) comprend l'extubation accidentelle (manipulation de malade) et l'auto-extubation [1]. Sa prévalence varie de 3 à 16% [1].

**L'extubation délibérée ou systématique** est une extubation proposée dès que les critères de "sevrabilité" sont obtenus et impose le recours à la ventilation non invasive (VNI) pour une proportion non négligeable de patients [1, 3, 9].

**L'extubation précoce** consiste à extuber un patient qui ne remplit pas tous les critères habituellement reconnus et validés d'extubation avec pour but de raccourcir la durée de la VM en utilisant d'emblée la VNI [1, 3, 9].

### Quelles sont les étapes de la procédure de sevrage de la VM ?

La façon de conduire le processus de sevrage de la VM est déterminante et est au moins aussi importante que le processus naturel de guérison du patient sauf dans certaines pathologies sous-jacentes en particulier les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO). L'hypothèse selon laquelle le sevrage de la VM doit être progressif de sorte à réhabiliter le patient aux conditions de VS et de rééduquer ses muscles respiratoires est remise en cause car plus de 70% des patients peuvent être débranchés du ventilateur lors du premier test de VS [1,3].

La procédure de sevrage de la VM doit suivre un protocole bien défini et écrit et comporte 3 étapes incontournables.

**La première étape** consiste en la recherche de critères de bon sens (prérequis) permettant d'envisager une épreuve de VS quand ils sont réunis. Ces prérequis doivent être évalués quotidiennement par l'équipe soignante dès la résolution au moins partielle de la ou des causes qui ont conduit à la mise en place de la VM. Après une période de VM, durant laquelle on s'attache à corriger les causes de l'insuffisance respiratoire, une première évaluation portant sur l'état neurologique, les échanges gazeux, les besoins en oxygène ( $PaO_2/FiO_2 > 200$ ), le niveau de PEP ( $\leq 5$  cm H<sub>2</sub>O), la stabilité hémodynamique, l'absence de sédation continue et la conservation du réflexe de toux permet de déterminer si les conditions indispensables à débiter le sevrage sont remplies [1,2]. Concernant la sédation, en pratique courante, l'arrêt de la sédation ne coïncide pas toujours avec le réveil du patient et, de ce fait, sa maîtrise par des protocoles d'interruption quotidiens apparaît indispensable [1]. Dans ces prérequis, il n'y a pas de nécessité de transfusion sanguine ni de corriger des anomalies hydro-électrolytiques de manière systématique [1].

**La deuxième étape** est l'épreuve de VS qui constitue, selon la plupart des auteurs, un tournant décisionnel [1, 4, 7]. Pour d'autres, cette épreuve a des limites dans la mesure où des patients ne passant pas cette épreuve avec succès et s'extubant ne sont pas reventilés [10]. Les défenseurs de l'épreuve de VS [1, 6, 10] utilisent comme argument l'étude de Zeggwagh et al [11] où l'extubation des patients ventilés au delà de 48h pour des pathologies diverses était réalisée devant la présence des prérequis seulement et où le taux d'échec d'extubation était de 36%. Différentes modalités de VS peuvent être utilisées. Elles ont comme objectif de mettre le patient dans une situation aussi proche que possible des conditions d'autonomie ventilatoire et d'en analyser la tolérance avant l'extubation [4]. Les

modalités de réalisation de la VS demeurent discutées. Il en existe deux principales : la VS dite sur "tube en T" (patient débranché du ventilateur respirant à travers la sonde d'intubation, ce qui nécessite une surveillance supplémentaire) et la VS associée à un niveau d'aide inspiratoire (AI) modéré (5 à 8 cmH<sub>2</sub>O) dont l'objectif est de compenser les résistances de la sonde d'intubation et de l'ensemble du circuit du ventilateur [1, 2, 7, 12]. L'avantage de cette dernière technique est de conserver intégralement la sécurité des alarmes du ventilateur. Le niveau d'aide recommandé reproduit assez bien les conditions de ventilation survenant après extubation [1]. L'assistance respiratoire délivrée en AI est très variable d'un ventilateur à l'autre et dépend des réglages proposées. Les modes comme CPAP ou le flow by fonctionnent différemment d'un ventilateur à l'autre sur-assistant ou sous-assistant l'effort par rapport à la VS post-extubation [1]. A noter que la présence d'un filtre de type "nez artificiel" sur le circuit du ventilateur est responsable d'une augmentation significative du travail respiratoire qui peut être compensée par un niveau d'AI supplémentaire d'environ 5 à 7 cmH<sub>2</sub>O [1, 2, 7]. La VACI est un mode qui n'a pas d'intérêt dans la procédure de sevrage qu'elle allonge inutilement [1, 12]. La durée de la VS est comprise entre 30 et 120 min [1, 2, 7, 8, 12]. Les principaux critères de jugement de la tolérance de cette épreuve de VS sont simples et essentiellement cliniques : fréquence respiratoire, recrutement des muscles respiratoires accessoires, pression artérielle, fréquence cardiaque, SpO<sub>2</sub> [1, 2, 4, 7]. Les gaz du sang ne sont pas systématiques et ne sont pratiqués qu'en cas de signes cliniques d'échec [1]. En l'absence de signes de mauvaise tolérance (tachypnée > 35 c/min, troubles hémodynamiques, désaturation, trouble de la conscience, altération des gaz du sang), le patient doit être extubé. En cas de mauvaise tolérance, la reconnexion doit être envisagée rapidement pour éviter l'apparition d'une fatigue diaphragmatique qui peut persister plusieurs heures.

**La troisième étape** consiste en l'évaluation de la tolérance de cette extubation qui doit être analysée sur une période de 48h au terme desquelles le sevrage sera déclaré réussi ou non. Le risque de réintubation dans les 48h est compris dans cette situation entre 10 et 25% [1, 2, 7]. Chez les patients atteints d'une atteinte neurologique centrale, le risque d'encombrement trachéo-bronchique et de troubles de déglutition expose au risque de réintubation qui peut être atténué par la mesure de la force expiratoire maximum [1, 10].

#### Qu'elle valeur accordée aux indices de sevrage (IS) ?

Parmi les déterminants de l'issue de sevrage, il a été proposé des indices monoparamétriques ou simples et d'autres multiparamétriques [13-15]. Pour évaluer la commande neuromusculaire, il a été proposé P<sub>0,1</sub> et P<sub>0,1max</sub> (mesurées à l'aide des ventilateurs), f/V<sub>t</sub> et V<sub>t</sub>/Ti

(mesurées à la spirométrie) [16, 17], pour la force des muscles respiratoires : P<sub>imax</sub> et P<sub>i</sub>/P<sub>imax</sub> (mesurées à l'aide d'une valve unidirectionnelle) [17], pour l'endurance des muscles respiratoires : T<sub>i</sub>/T<sub>tot</sub> (mesuré par spirométrie) [16] et pour les charges ventilatoires et mécaniques : les propriétés élastiques et résistives du système thoraco-pulmonaire [16]. Zeggwagh et al ont proposé un modèle d'extubation qui retient comme paramètre indépendant du succès de l'extubation une CV > 635 ml, un rapport f/V<sub>t</sub> < 88 c/min.l et une PEM > 28 cmH<sub>2</sub>O [11]. Les aires sous les courbes ROC des séries de développement et de validation étaient respectivement de 0,913 ± 0,044 et 0,855 ± 0,059. L'association de ces trois indices permettait un succès de l'extubation de 96,8% avec un taux de patients bien classés de 83,3%. Il est actuellement admis que les IS disponibles sont peu performants et leur utilisation ne fait pas partie des recommandations [1, 6, 13]. De meilleurs indices de sevrage doivent être recherchés. La mauvaise performance des IS serait liée à un biais majeur qui consiste à ne les mesurer que lorsque les critères de "sevrabilité" sont présents ce qui leur attribue forcément une bonne sensibilité couplée à une spécificité médiocre [14]. De plus, la performance des IS est variable selon la population étudiée. Certains auteurs insistent sur le fait que pour pouvoir utiliser un IS comme outil de décision, le clinicien a besoin d'au moins deux valeurs-seuil [14]. Or, la plupart des études ne proposent qu'une valeur-seuil pour chaque indice. De plus, parmi les indices informationnels, le rapport de vraisemblance positif ou négatif (Likelihood ratio = LR ; LR<sub>+</sub> = Sensibilité/[1-Spécificité] ; LR<sub>-</sub> = Spécificité/[1-Sensibilité]) qui permet de quantifier mieux la performance globale d'un IS pour une valeur-seuil donnée n'est pas toujours mentionné [2, 13, 14]. Le test est dit performant si le LR<sub>+</sub> est supérieur à 10 ou LR<sub>-</sub> < 0,1 [2, 7]. Dans une méta-analyse, Meade et al analysent plusieurs IS et constatent que tous ont un LR<sub>+</sub> < 5 et une aire sous la courbe ROC < 0,80 concluant ainsi qu'ils sont peu applicables notamment à l'échelon individuel [18]. Les IS ne sont donc que des outils à intégrer dans un protocole écrit dont l'impact positif sur la réduction de la durée de la VM a été démontré [13, 14, 19].

#### Les échecs du sevrage et de l'extubation

La distinction entre échec de sevrage (c'est à dire l'incapacité de tolérer une respiration spontanée sans support ventilatoire) et échec d'extubation (c'est à dire l'incapacité de tolérer le retrait de la prothèse translaryngée) a été reconnu depuis peu [6]. Il est, en effet, important de distinguer l'échec de sevrage de la VM de celui de l'extubation car leur signification et leur prise en charge seront différentes [4]. Néanmoins, le déséquilibre entre la capacité pulmonaire de la pompe ventilatoire (centres respiratoires, force et endurance des muscles

respiratoires) et les contraintes qui lui sont imposées (charges ventilatoires et mécaniques) caractérise aussi bien l'échec de sevrage que celui de l'extubation [3, 6]. Les critères traditionnels du monitoring de la VS ne sont pas suffisamment sensibles pour détecter précocement les signes du déséquilibre charge-capacité [6-8]. Dans une étude de patients BPCO ayant été réintubés, la fatigue diaphragmatique a été mise en évidence à l'électromyogramme en l'absence de signes classiques d'intolérance durant une VS de 60 min [20]. D'autres études ont montré que le déséquilibre charge-capacité des muscles respiratoires ne peut pas toujours être détecté en utilisant les techniques habituelles durant l'épreuve de VS de 2h [2, 6, 7]. Donc, la prévision tant du succès que de l'échec de la procédure de sevrage n'est pas parfaite quels que soient les critères utilisés comme mentionné ci-dessus. Le taux idéal d'échec de sevrage n'est pas connu. Un taux faible traduirait la possibilité d'un sevrage tardif qui aurait mérité d'être effectué plus tôt et inversement un taux élevé refléterait un sevrage trop précocement entrepris par l'équipe soignante [5]. Ce qui est certain, c'est que la libération du malade de son ventilateur doit être aussi précoce que possible ce qui permet en outre de diminuer les complications propres à la VM, la durée d'hospitalisation en réanimation et les coûts [1, 14].

Si un certain nombre de progrès ont été effectués dans le domaine du sevrage concernant les mécanismes d'échec de sevrage (dysfonction musculaire respiratoire, dysfonction cardio-vasculaire, demande ventilatoire ...) qui sont approchés sur un plan plus scientifique et plus reproductible, un certain nombre de problèmes reste non résolus, en particulier la définition du taux optimal de réintubation et la prédiction des échecs de l'extubation. Or la décision d'extuber peut avoir des conséquences fâcheuses si elle est mal prise car l'échec d'extubation expose à un prolongement de la durée de VM et à une mortalité élevée [1, 6]. Les taux les plus bas sont observés en chirurgie cardio-thoracique, chirurgie générale et traumatologie (2 à 5%) [5]. Des taux plus élevés s'observent chez les patients avec comorbidité telle une BPCO et surtout les patients neurochirurgicaux ou le taux d'échec de l'extubation peut atteindre 36% [1, 5-7]. Le développement d'outils prédictifs et l'optimisation de la décision d'extubation nécessite une bonne connaissance des facteurs de risques et des causes des échecs de l'extubation. L'échec de l'extubation peut être secondaire à une obstruction des voies aériennes supérieures ou à l'encombrement trachéo-bronchique, facteurs qui ne peuvent être reconnus qu'une fois le tube endotrachéal retiré, ou à un œdème pulmonaire [1, 6, 10, 21]. L'obstruction peut être due à un œdème, un traumatisme avec inflammation ou un granulome [1, 6]. Ces risques augmentent avec la durée de la VM, la mobilité importante de la sonde, la pression excessive du

ballonnet, l'infection trachéale et le sexe féminin [6]. La dyspnée laryngée, observée chez 5% des patients extubés et secondaire souvent à un œdème glottique résistant à la corticothérapie, peut être suspectée suite à un test de fuite qui mesure la différence des volumes courants expirés avant et après dégonflage du ballonnet en VAC et dont la valeur-seuil recommandée est de 110 ml (Sensibilité = 67%, Spécificité 99%) [22]. L'hypersécrétion est secondaire à l'irritation par le tube endotrachéal, l'inflammation, l'infection des voies aériennes et les sécrétions du nasopharynx et oropharynx [1, 6]. L'élimination des sécrétions respiratoires dépend de l'état du larynx (dont la dysfonction peut être due à la présence d'une sonde gastrique, aux troubles de la conscience ou à la sédation), des muscles expiratoires et de l'efficacité de la toux [5, 6, 21]. Ces sécrétions peuvent s'accumuler entre la glotte et le ballon du tube endotrachéal et peuvent être difficiles à aspirer. La toux inefficace peut être la conséquence de troubles glottiques, de dysfonction des muscles expiratoires et/ou inspiratoires, de trachéomalacie ou de sédatifs [1, 6]. Par ailleurs, les troubles de la déglutition augmentent avec la durée de la VM et nécessitent plus d'une semaine pour guérir [6]. Le taux de ces troubles est d'environ 56% si la VM dépasse 48h [6]. Les autres facteurs associés à l'échec de l'extubation sont : l'âge avancé (> 70 ans), la sévérité de la maladie, le maintien de la sédation et le ratio médecin et infirmier / patient [10]. Par contre, ni le mode ventilatoire utilisé lors de l'épreuve de VS ni la mise en place d'un protocole ne semblent influencer le taux de réintubation [6]. De récentes études ont mis en évidence que le travail respiratoire après extubation peut être égal ou excéder celui observé sous pièce en T [6].

### **Quelle est la place de la VNI dans la procédure de sevrage?**

Certaines données récentes laissent entrevoir que la VNI pourrait s'avérer bénéfique lors du sevrage de la VM dont elle permet, chez certains malades tout au moins de diminuer la durée et le taux des complications [3, 7, 23]. La VNI peut répondre à deux modalités. La première est une utilisation systématique comme relais de la VM sur prothèse endotrachéale après une extubation délibérée [1, 3, 9]. Cette modalité est peu recommandable. La seconde modalité d'utilisation est de l'appliquer en cas d'échec de la procédure de sevrage pour éviter la réintubation [1, 3, 9]. La VNI mériterait dans ce cas d'être adoptée plutôt que de décider d'emblée une réintubation.

## **Conclusion**

La plupart des études indiquent la nécessité de standardiser la procédure de sevrage car il est dangereux d'en prolonger abusivement la VM que de devoir réintuber un patient après une extubation prématurée. Il est en effet



bien documenté que les risques de survenue de pneumopathie nosocomiale et de décès augmentent proportionnellement au temps passé en VM et par la réintubation. Le sevrage de la VM doit être aussi précoce que possible. Les investigateurs ont durant ces dernières années focalisées leur recherche sur la détection des critères de sevrabilité, les méthodes de

conduire l'épreuve de VS et les causes d'échec de sevrage tentant de faire de cette procédure une science ou du moins un art codifié. Mais, sans la mise en place dans les services de protocoles écrits de sevrage de la VM et sans la collaboration de tous les soignants, la procédure de sevrage n'atteindra jamais ces véritables objectifs.

## Références

1. Conférences de consensus en réanimation et en médecine d'urgence (SRLF). Sevrage de la ventilation mécanique (à l'exclusion du nouveau-né et du réveil d'anesthésie). Réanimation 2001 ; 10 : 693-788.
2. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW, Epstein SK, Fink JB, Hefner JE et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support. A collective Task Force facilitated by the American College of Chest Physicians, the American Association for Respiratory Care and the American College of Critical Care Medicine. Chest 2001 ; 120 (Suppl 6) : 375S-95S.
3. Jolliet P. Place de la ventilation non invasive lors du sevrage de la ventilation mécanique. Schweiz Med Wochenschr 2000 ; 130 : 1948-53.
4. Robert D, Richard D. Sevrage de la ventilation mécanique : un art désormais codifié. Rev Mal Respir 2002, 19 : 25-6
5. Valverdu I, Calaf N, Subirana M, Net A, Benito S, Mancebo J. Clinical characteristics respiratory fonctionnal parameters and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med 1998 ; 158 : 1855-62.
6. Epstein SK. Decision to extubate. Intensive Care Med 2002 ; 28 : 535-46.
7. Alia I, Esteban A. Weaning from mechanical ventilation. Crit Care 2000 ; 4 : 72-80
8. Esteban A, Alia I, Tobin MJ, Gil A, Gordo F, Valverdu I. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med 1999 ; 159 : 512-8.
9. Hess D. Ventilator modes used in weaning. Chest 2001, 120 : 474S-76S
10. Epstein SK. Predicting extubation failure. Is it in the cards. Chest 2001 ; 120 : 1061-2.
11. 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.
12. Meade M, Guyatt G, Sinuff T, Griffith L, Hand L, Toprani G et al. Trials comparing alternative weaning modes of continuation assessments. Chest 2001, 120 (Suppl 6) : 425S-37S.
13. Epstein SK. How should we interpret weaning-predictive indices ? In J Mancebo, A Net, L Brochard, eds. Mechanical ventilation and weaning. Berlin : Springer-Verlag ; 2003. p. 216-38.
14. Noizet O, Leclerc F, Riou Y, Sadik A. Indices prédictifs de l'issue de sevrage de la ventilation mécanique chez l'enfant. In Actualités en Réanimation et Urgences, SRLF, Elsevier, Paris, 2003 ; pp 319-32.
15. Conti G, Montini L, Pennisi MA, Cavaliere F, Arcangeli A, Bocci MG et al. A prospective blinded evaluation of indexes proposed to predict weaning from mechanical ventilation. Intensive Care Med 2004 ; 30 : 830-6.
16. Tobin MJ, Alex CG. Discontinuation of mechanical ventilation. In Tobin MJ (ed) Principles and practice of mechanical ventilation. Mc Graw-Hill, New york, 1994 ; pp 1177-1206.
17. Manthous CA, Schmidt GA, Hall JB. Liberation from mechanical ventilation : a decade of progress. Chest 1998 ; 114 : 886-901.
18. Meade M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff T, Kergl C et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. Chest 2001, 120 (Suppl 6) : 400S-24S.
19. Ely EW. The importance of clinical algorithm to facilitate weaning and extubation. In J Mancebo, A Net, L Brochard, eds. Mechanical ventilation and weaning. Berlin : Springer-Verlag ; 2003. p. 248-63.
20. Murciano D, Boczkowski J, Lecocguic Y, Milic Emili J, Pariente R, Aubier M. Tracheal occlusion pressure : a simple index to monitor respiratory muscle fatigue during acute respiratory failure in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Ann Intern Med 1988 ; 108 : 800-805
21. Khamies 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 : 1260-70.
22. Miller RL, Cole RP. Association between reduced cuff leak volume and postextubation stridor. Chest 1996 ; 110 : 1035-40.
23. Nava S, Karakurt S. The role of non invasive mechanical ventilation in facilitating weaning and extubation. In J Mancebo, A Net, L Brochard, eds. Mechanical ventilation and weaning. Berlin : Springer-Verlag ; 2003. p. 290-7.