

La trachéotomie en réanimation adulte : utile ou futile ?*

Tracheostomy in critically ill adult patients: useful or futile?

C. Clec'h

Reçu le 10 novembre 2012 ; accepté le 19 novembre 2012
© SRLF et Springer-Verlag France 2012

Résumé Alors que la trachéotomie est fréquemment pratiquée en réanimation adulte chez les patients nécessitant une ventilation mécanique prolongée, il n'existe pas de recommandations de bonnes pratiques. Cet article se propose de fournir une synthèse de la littérature. Il s'articule autour des questions les plus débattues : pourquoi réaliser une trachéotomie ? quels patients trachéotomiser ? existe-t-il un délai optimal de réalisation de la trachéotomie ? quelle technique de trachéotomie choisir ? quelle gestion jusqu'à la décanulation ? Le niveau de preuves globalement faible des études disponibles ne permet pas pour l'heure d'apporter des réponses définitives. Cependant, ces études mettent en lumière plusieurs points importants. Premièrement, la trachéotomie précoce n'est pas supérieure à l'intubation translaryngée prolongée en termes de mortalité, de complications infectieuses ou de durée de ventilation mécanique mais pourrait réduire les besoins en sédation, améliorer le confort et permettre une mobilisation et un retour à l'autonomie plus précoces. Deuxièmement, aucun sous-groupe spécifique de patients susceptibles de tirer le meilleur profit de la trachéotomie n'a encore été identifié. Troisièmement, la trachéotomie dilatatrice percutanée semble être préférable à la trachéotomie chirurgicale sur le plan des complications et des coûts. Enfin, la gestion optimale des patients trachéotomisés est loin d'être standardisée. Les investigations futures devront donc s'attacher à cibler les meilleurs candidats à la trachéotomie et à élaborer des protocoles de nature à optimiser la gestion des patients de la trachéotomie à la décanulation. D'ici là, les pratiques resteront influencées par les préférences et les opinions préconçues des cliniciens et des patients.

Mots clés Trachéotomie · Réanimation

C. Clec'h (✉)

Service de réanimation, Hôpital Avicenne, AP-HP,
125, route de Stalingrad, F-93009 Bobigny cedex, France
e-mail : christophe.clech@avc.aphp.fr

* Cet article correspond à la conférence faite par l'auteur au congrès de la SRLF 2013 dans la session : *La trachéotomie en question*.

Abstract While tracheostomy is commonly performed in critically ill adult patients requiring prolonged mechanical ventilation, no consensual recommendations exist regarding its use. The aim of this article is to provide a synthesis of the contemporary literature on tracheostomy. The currently most debated questions are addressed: What are the expected benefits of tracheostomy? In which patients should tracheostomy be performed? Should tracheostomy be performed early in the course of mechanical ventilation? Is percutaneous dilatational tracheostomy (PDT) preferable to surgical tracheostomy? How should patients be managed following tracheostomy placement? Due to the relatively low level of evidence of available studies, no definitive recommendations for tracheostomy can be made. However, these studies highlight several important issues. Firstly, early tracheostomy has failed to demonstrate any beneficial impact over prolonged translaryngeal intubation on mortality, infectious complications and duration of mechanical ventilation; however, it may reduce the need for sedative drugs, improve patients' comfort and lead to earlier mobilisation and autonomy. Secondly, no specific subgroup of patients likely to draw the maximum benefit from tracheostomy has been identified so far. Thirdly, PDT seems to be preferable to surgical tracheostomy with respect to complications and costs. Finally, the optimal management of tracheostomized patients is far from being standardized. Further investigations are thus warranted to identify the best candidates for tracheostomy and delineate optimal care following tracheostomy placement. Until then, tracheostomy practices will remain largely influenced by physicians and patients' preferences and preconceived opinions on tracheostomy.

Keywords Tracheostomy · Intensive care

Introduction

La trachéotomie est un acte couramment pratiqué chez les patients adultes de réanimation nécessitant le recours à la

ventilation mécanique [1–4] ; mais, paradoxalement, elle ne fait l'objet d'aucun consensus quant à ses indications ou modalités de réalisation. Par ailleurs, la prise en charge des patients une fois trachéotomisés n'est pas non plus codifiée. À l'ère de l'*evidence-based medicine* où la prescription d'un traitement doit s'appuyer sur des preuves scientifiques solides, la trachéotomie échappe manifestement à la règle. Cela ne va pas naturellement sans poser des problèmes potentiels de sécurité et de coût dans la mesure où la trachéotomie n'est pas dénuée de risques [5,6] et où les patients trachéotomisés consomment d'importantes ressources [7,8]. Il paraîtrait donc souhaitable d'établir des recommandations formalisées pour la pratique de la trachéotomie en réanimation. Malheureusement, une telle entreprise se heurterait sans nul doute à l'hétérogénéité et au niveau de preuve globalement insuffisant qui caractérisent la littérature sur le sujet. Toutefois, si l'émission de recommandations fortes reste difficile pour l'heure, l'analyse des études disponibles permet de dégager quelques éléments de nature à guider le clinicien depuis la décision de recourir à la trachéotomie jusqu'à la décanulation des patients.

Cet article se propose de faire un point concis sur les certitudes et les incertitudes entourant la pratique de la trachéotomie en réanimation adulte. Il s'articule autour des cinq grandes questions qui nourrissent les débats au quotidien dans les services : pourquoi réaliser une trachéotomie ? quels patients trachéotomiser ? existe-t-il un délai optimal de réalisation de la trachéotomie ? quelle technique de trachéotomie choisir ? et quelle gestion jusqu'à la décanulation ?

Pourquoi réaliser une trachéotomie ?

En dehors des situations anatomiques particulières rendant impossible l'accès aux voies aériennes par l'intubation trachéale translaryngée classique, il n'existe pas d'indication urgente ou formelle à la trachéotomie. La réalisation d'une trachéotomie repose en pratique davantage sur des croyances ou des bénéfices supposés que sur des bénéfices clairement établis. Ainsi, la raison qui pousse le plus souvent à proposer une trachéotomie est la difficulté de sevrage de la ventilation mécanique. En effet, la trachéotomie est réputée diminuer le travail respiratoire par rapport à l'intubation translaryngée et par là même faciliter le sevrage, comme cela a été montré dans certaines études [9,10]. Dans d'autres études, au contraire, la réduction du travail respiratoire était minime, rendant douteux le bénéfice en termes de sevrage respiratoire [11,12], même si globalement la durée de ventilation mécanique est moindre chez les patients trachéotomisés [13,14]. Par ailleurs, la trachéotomie est certainement utile en cas d'échecs d'extubation itératifs en ce sens qu'elle permet de s'affranchir des risques traumatiques et infectieux inhérents aux réintubations. En facilitant la gestion des voies aériennes, elle rassure par ailleurs les

cliniciens qui se montrent alors moins méfiants dans leurs tentatives de sevrage de la ventilation mécanique.

Deux autres avantages communément avancés pour justifier le recours à la trachéotomie sont la diminution de la mortalité et de l'incidence des pneumopathies associées à la ventilation mécanique. Mais là encore, les preuves manquent, aucune différence n'ayant pu être mise en évidence entre trachéotomie précoce et intubation translaryngée prolongée dans deux grands essais randomisés récents [15,16].

Il ne faut donc pas attendre de la trachéotomie d'effets miraculeux sur le pronostic des patients. Néanmoins, des bénéfices secondaires non négligeables peuvent être espérés. Ainsi, la trachéotomie permettrait la diminution des besoins en substances sédatives et analgésiques, améliorerait le confort et permettrait une mobilisation active plus précoce des patients favorisant le retour à l'autonomie [17].

Quels patients trachéotomiser ?

En l'absence d'indications claires et consensuelles, l'utilisation de la trachéotomie varie grandement d'un centre à l'autre. Les taux de trachéotomie rapportés dans les études, allant de 0 % à plus de 50 % [1–4,18], reflètent non seulement l'hétérogénéité des caractéristiques propres aux patients mais aussi, et peut-être plus sûrement, le degré de confiance extrêmement variable que les cliniciens accordent à la trachéotomie [18,19].

Dans ces conditions, il est difficile d'identifier des sous-groupes de patients spécifiques qui seraient susceptibles de tirer le meilleur profit de la trachéotomie. Les patients polytraumatisés, principalement les traumatisés crâniens avec coma prolongé, sont a priori de bons candidats à la trachéotomie [18,20] ; mais, même dans ce cas, la trachéotomie ne fait pas consensus. Les pratiques s'avèrent très différentes entre les services ainsi qu'entre les cliniciens, et la trachéotomie ne semble pas exercer d'effets bénéfiques chez ces patients tant sur la mortalité que sur l'incidence des pneumopathies associées à la ventilation mécanique ou sur la durée de ventilation [21].

Les patients de chirurgie cardiaque nécessitant une ventilation mécanique prolongée en postopératoire constituent un autre sous-groupe de patients qui pourraient tirer avantage de la trachéotomie comme cela a été suggéré par deux séries rétrospectives [22,23]. Mais là encore, un essai randomisé récent n'a pas retrouvé d'impact positif de la trachéotomie que ce soit sur la mortalité et les complications infectieuses ou sur les durées de séjour et de ventilation [17].

Existe-t-il un délai optimal de réalisation de la trachéotomie ?

Au-delà de la problématique de l'indication se pose la question du délai optimal de réalisation de la trachéotomie. Plus

précisément, il s'agit de déterminer s'il faut réaliser la trachéotomie précocement afin de limiter les risques théoriques d'une intubation translaryngée prolongée tels que pneumopathie et traumatisme laryngotrachéal [10,24,25], au risque de trachéotomiser par excès des patients qui seront de toute façon sevrés rapidement de la ventilation mécanique, ou bien s'il faut la différer pour la réserver aux patients nécessitant effectivement une ventilation de longue durée, au risque d'exposer ces derniers aux complications théoriques de l'intubation prolongée.

Jusqu'à récemment, il n'existait pas de réponse claire à cette question, la qualité moyenne et les résultats discordants des études ne permettant pas de trancher [13,14]. Aujourd'hui, grâce à deux essais randomisés multicentriques portant sur une population générale de patients de réanimation réalisés en Italie et en Grande-Bretagne, la réponse apparaît plus clairement : la trachéotomie précoce ne confère aucun bénéfice en termes de mortalité, de pneumopathies associées à la ventilation mécanique ou de durée de séjour [15,16].

Cette réponse, toutefois, ne doit pas forcément être considérée comme définitive. En effet, le débat sur le délai ne pourra être clos que si, d'une part, les patients nécessitant une ventilation mécanique prolongée et susceptibles de bénéficier d'une trachéotomie sont clairement identifiés et si, d'autre part, le caractère précoce de la trachéotomie est clairement défini. Or, l'analyse de la littérature actuelle montre qu'il y a encore beaucoup de chemin à parcourir d'ici là. Tout d'abord, prédire la nécessité d'une ventilation mécanique prolongée constitue un véritable challenge comme l'atteste le pourcentage élevé de patients randomisés dans les groupes trachéotomie tardive mais finalement non trachéotomisés parce que déjà sevrés de la ventilation au moment de leur inclusion théorique. Ce pourcentage s'élevait notamment à 43,3 et 54,5 % dans les deux essais randomisés multicentriques récents [15,16] et à 35 % dans un essai randomisé plus ancien [25]. Ensuite, aucun sous-groupe de patients n'est reconnu comme pouvant tirer un avantage particulier de la trachéotomie du fait soit de la négativité des études, comme c'est le cas pour les polytraumatisés ou pour les patients de chirurgie cardiaque [17,21], soit de l'absence d'études, comme c'est le cas pour d'autres populations spécifiques (patients insuffisants respiratoires chroniques avec échecs multiples d'extubation, patients avec comorbidités neuromusculaires, patients à risque d'inhalation...), qui n'ont d'ailleurs pas été considérées dans les deux essais randomisés multicentriques récents [15,16]. Enfin, la définition du caractère précoce de la trachéotomie varie beaucoup en fonction des études [13]. Ainsi, les patients randomisés dans le groupe « précoce » étaient trachéotomisés entre le sixième et le huitième jour de ventilation dans l'essai italien et plus tôt, entre le premier et le quatrième jour de ventilation, dans l'essai britannique.

Quelle technique de trachéotomie choisir ?

Deux modalités de trachéotomie cohabitent : chirurgicale et percutanée. Historiquement, les premières trachéotomies ont été réalisées par voie chirurgicale. Les taux de complications étaient initialement élevés (infections et hémorragie stomale > 30 %, sténoses trachéales > 50 %) [6], mais, avec le temps, la technique s'est perfectionnée et ces taux ont chuté [26,27]. En 1985, Ciaglia et al. [28] ont décrit une nouvelle technique : la trachéotomie dilatatrice percutanée (TDP). Cette technique qui repose sur la méthode de Seldinger se déroule en plusieurs étapes. Tout d'abord, le niveau de ponction trachéale (entre le premier et le deuxième anneau ou entre le deuxième et le troisième anneau trachéal, correspondant habituellement à deux travers de doigt au-dessus de la fourchette sternale ou encore à 1 cm sous le cartilage cricoïde) est repéré par palpation ou au mieux à l'aide d'un fibroscope bronchique par transillumination. Une fois le niveau de ponction repéré, la sonde d'intubation est retirée au-dessus de ce niveau, et la trachée est abordée perpendiculairement avec une aiguille creuse montée sur un mandrin liquide, le reflux d'air dans la seringue signalant la bonne position de l'aiguille. Ensuite, un guide métallique souple est inséré dans la trachée en direction de la carène sur lequel on fait glisser des dilateurs (ou bougies) de calibres croissants afin de dilater progressivement l'orifice de ponction. Enfin, une canule de trachéotomie est introduite dans la trachée à l'aide d'un des derniers dilateurs.

La simplicité de la TDP (accrue grâce au remplacement du set de dilateurs de calibres croissants par un dilateur unique en forme de corne de rhinocéros) l'a rendue rapidement populaire, la majorité des trachéotomies semblant aujourd'hui réalisées par cette technique [29,30]. L'autre raison du succès rapide de la TDP réside dans la possibilité de réalisation au lit du patient, qui, d'une part, évite les risques liés au transport des malades instables de réanimation et permet de s'affranchir des dépenses liées à l'utilisation des ressources du bloc opératoire, et, d'autre part, constitue un gain de temps. Le taux de complications est identique entre TDP et trachéotomie chirurgicale [31,32], y compris pour les patients obèses [33–35], même si certaines études ont suggéré un taux plus faible de complications infectieuses et hémorragiques avec la TDP [36]. Comparativement à la trachéotomie chirurgicale, la TDP semble donc offrir un profil favorable en termes de sécurité et de coûts [37–39].

Malgré tous ses avantages, la TDP n'est pas dénuée de tout risque. Elle peut en effet être la source de complications graves (lacération trachéale, perforation œsophagienne, lésions vasculaires) [40–43] qui sont par ailleurs exceptionnelles avec la trachéotomie chirurgicale. Une équipe chirurgicale doit donc être disponible lors de la réalisation de la TDP pour parer à toute éventualité. De plus, la TDP n'est pas

réalisable dans certaines situations (impossibilité de repérer le niveau de ponction trachéale, instabilité du rachis cervical ou nécessité d'accès urgent aux voies aériennes en cas de difficultés d'intubation translaryngée).

Quelle gestion jusqu'à la décanulation ?

Les données actuelles sur la question ne reposent que sur des évaluations monocentriques ou des protocoles locaux n'ayant fait l'objet d'aucune réelle validation externe [24,44–46]. Ce chapitre est donc nécessairement descriptif. Deux points y sont abordés : les problèmes spécifiques auxquels sont exposés les patients trachéotomisés et la démarche de sevrage de la trachéotomie.

Les problèmes spécifiques des patients trachéotomisés sont liés essentiellement aux changements de canule, aux complications locales (infections, hémorragies, bouchons) ou à une malposition de canule.

Le changement de canule est en principe simple, mais il faut garder en tête le risque d'impossibilité de recanulation, surtout lors du premier changement quand le trajet entre la peau et la trachée n'est pas encore formé. Pour les trachéotomies chirurgicales, le premier changement de canule intervient classiquement à 48 heures et est idéalement réalisé par un chirurgien. Pour la TDP, le premier changement intervient entre le septième et le dixième jour post-trachéotomie. L'utilisation d'un guide, en général fourni par le fabricant, est alors recommandée pour « sécuriser » le trajet. Par la suite, il paraît inutile, voire dangereux, de proposer des changements systématiques en dehors bien entendu de situations particulières (retrait accidentel, canule défectueuse, ballonnet poreux) ou de la nécessité argumentée de changer le type de canule.

Les soins quotidiens du trachéostome et les soins apportés à la canule (à la chemise interne notamment) sont fondamentaux pour limiter le risque infectieux. Les complications hémorragiques sont en général bénignes et réglées par un traitement local. En cas de complications graves, infectieuses ou hémorragiques, un traitement chirurgical peut s'avérer indispensable. La prévention des bouchons passe quant à elle par des aspirations trachéales (pratiquées uniquement lorsque cela est nécessaire avec le maximum d'asepsie, une sonde souple non traumatique et une pression d'aspiration modérée) et, éventuellement, par l'utilisation de dispositifs d'humidification [47].

La malposition de canule, ou conflit trachéoprothétique, se traduit par une élévation des pressions d'insufflation, une hypoventilation alvéolaire ou des signes de détresse respiratoire. Ce conflit correspond à un déplacement de l'extrémité de la canule qui vient buter sur le mur antérieur ou postérieur de la trachée ou qui recule au niveau du trachéostome. Ce problème peut survenir à n'importe quel moment, mais pré-

férentiellement à l'occasion d'un changement de canule ou d'une mobilisation du patient. Un bilan endoscopique s'avère alors souvent nécessaire pour préciser le mécanisme du conflit, repositionner la canule ou, le cas échéant, remplacer la canule par un autre modèle.

La démarche de sevrage comprend le sevrage ventilatoire proprement dit mais aussi la reprise de l'alimentation et de la parole et le bilan prédécanulation.

La phase de sevrage doit être débutée aussi tôt que possible dans la mesure où la trachéotomie est pratiquée le plus souvent dans une logique de retour à l'autonomie respiratoire. Sans entrer dans les détails, le niveau d'assistance respiratoire est diminué jusqu'à alterner les périodes de ventilation spontanée sans assistance et les périodes de ventilation assistée, le but étant d'allonger progressivement les périodes de ventilation spontanée sans assistance. En cas d'échec de passage en ventilation spontanée, il faut éliminer une cause locale (œdème, inflammation, granulome, sténose, trachéo-bronchomalacie) pouvant justifier d'un traitement spécifique. Un deuxième facteur d'échec possible est la résistance à l'écoulement du flux aérien lié au ballonnet, qui doit donc être dégonflé en ventilation spontanée [48] ou au diamètre de la canule. La canule peut ainsi se voir comme une aide initiale qui va progressivement se transformer en obstacle au sevrage, d'où l'utilité potentielle de remplacements réguliers de la canule en place par une canule de diamètre inférieur.

Parallèlement au sevrage respiratoire, l'alimentation est reprise si la déglutition n'est pas altérée et l'utilisation d'une canule munie d'une valve phonatoire permet au patient de recouvrer la parole (mais il faut alors être prudent, car la valve phonatoire entraîne un surcroît de travail respiratoire qui peut s'avérer délétère chez les patients les plus précaires).

Lorsque la cause ayant conduit à la trachéotomie est contrôlée et que les critères de sevrage sont réunis, la décanulation peut s'envisager avec l'accord du patient (chez qui la perte « définitive » du support ventilatoire se révèle parfois anxiogène), après évaluation de ses capacités à expectorer et après vérification de l'absence de troubles de la déglutition et d'anomalies des voies aériennes supérieures par un bilan ORL. À l'issue de ce bilan, les patients peuvent être jugés non décanulables ou décanulables. Pour les patients non décanulables, la sortie de réanimation reste malgré tout possible, mais la structure d'aval doit impérativement être adaptée et disposer du matériel et des compétences indispensables à la prise en charge des patients trachéotomisés, sous peine d'exposer ces patients à un risque accru de mortalité liée aux complications évoquées plus haut. À ce titre, le développement d'unités spécialisées permettant de faire sortir plus tôt les patients de réanimation sans compromettre leur sécurité est souhaitable [1,49,50]. Pour les patients décanulables, une fois le retrait de la canule effectif, une surveillance rapprochée est préconisée dans la crainte d'une détresse respiratoire postdécanulation précoce qui nécessiterait un nouvel abord

trachéal. Si tout se passe bien, le trachéostome se ferme en quelques jours.

Il faut signaler enfin les rares cas de fermeture incomplète du trachéostome ou de cicatrisation non satisfaisante et les complications tardives (la plus redoutable étant la sténose trachéale) qui imposent une prise en charge spécifique.

Conclusion

La littérature actuelle sur la trachéotomie en réanimation adulte est riche mais hétérogène, et le niveau de preuves globalement faible des études disponibles ne permet pas pour l'heure d'établir des recommandations définitives. Cependant, ces études mettent en lumière plusieurs points importants. Premièrement, la trachéotomie précoce n'a pas d'impact bénéfique par rapport à l'intubation translaryngée prolongée sur la mortalité, les complications infectieuses ou les durées de séjour en réanimation et à l'hôpital, mais pourrait réduire les besoins en sédation, améliorer le confort des patients et permettre une mobilisation et un retour à l'autonomie plus précoces. Deuxièmement, aucun sous-groupe spécifique de patients susceptibles de tirer le meilleur profit de la trachéotomie n'a encore été identifié. Troisièmement, la trachéotomie dilatatrice percutanée semble être préférable à la trachéotomie chirurgicale sur le plan des complications et des coûts. Enfin, la gestion optimale des patients trachéotomisés est loin d'être standardisée.

Les investigations futures devront donc s'attacher en priorité à cibler les meilleurs candidats à la trachéotomie (patients insuffisants respiratoires chroniques avec échecs multiples d'extubation ? patients avec comorbidités neuromusculaires ? patients à risque d'inhalation ? ...) et à élaborer des protocoles de nature à optimiser la gestion des patients de la trachéotomie à la décanulation. D'ici là, les pratiques en matière de trachéotomie resteront probablement largement influencées par les préférences et les opinions préconçues des cliniciens et des patients.

Conflit d'intérêt : l'auteur déclare ne pas avoir de conflit d'intérêt.

Références

- Clec'h C, Alberti C, Vincent F, et al (2007) Tracheostomy does not improve the outcome of patients requiring prolonged mechanical ventilation: a propensity analysis. *Crit Care Med* 35:132–8
- Esteban A, Anzueto A, Alia I, et al (2000) How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am J Respir Crit Care Med* 161:1450–8
- Fischler L, Erhart S, Kleger GR, et al (2000) Prevalence of tracheostomy in ICU patients. A nation-wide survey in Switzerland. *Intensive Care Med* 26:1428–33
- Kollef MH, Ahrens TS, Shannon W (1999) Clinical predictors and outcomes for patients requiring tracheostomy in the intensive care unit. *Crit Care Med* 27:1714–20
- Heffner JE, Miller KS, Sahn SA (1986) Tracheostomy in the intensive care unit. Part 2: Complications. *Chest* 90:430–6
- Stauffer JL, Olson DE, Petty TL (1981) Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy. A prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med* 70:65–76
- Cox CE, Martinu T, Sathy SJ, et al (2009) Expectations and outcomes of prolonged mechanical ventilation. *Crit Care Med* 37:2888–94; quiz 2904
- Kurek CJ, Cohen IL, Lambrinos J, et al (1997) Clinical and economic outcome of patients undergoing tracheostomy for prolonged mechanical ventilation in New York state during 1993: analysis of 6,353 cases under diagnosis-related group 483. *Crit Care Med* 25:983–8
- Diehl JL, El Atrous S, Touchard D, et al (1999) Changes in the work of breathing induced by tracheotomy in ventilator-dependent patients. *Am J Respir Crit Care Med* 159:383–8
- Heffner JE (1993) Timing of tracheotomy in mechanically ventilated patients. *Am Rev Respir Dis* 147:768–71
- Davis K, Jr., Campbell RS, Johannigman JA, et al (1999) Changes in respiratory mechanics after tracheostomy. *Arch Surg* 134:59–62
- Lin MC, Huang CC, Yang CT, et al (1999) Pulmonary mechanics in patients with prolonged mechanical ventilation requiring tracheostomy. *Anaesth Intensive Care* 27:581–5
- Griffiths J, Barber VS, Morgan L, et al (2005) Systematic review and meta-analysis of studies of the timing of tracheostomy in adult patients undergoing artificial ventilation. *BMJ* 330:1243
- Wang F, Wu Y, Bo L, et al (2011) The timing of tracheotomy in critically ill patients undergoing mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chest* 140:1456–65
- Terragni PP, Antonelli M, Fumagalli R, et al (2010) Early vs late tracheotomy for prevention of pneumonia in mechanically ventilated adult ICU patients: a randomized controlled trial. *JAMA* 303:1483–9
- Young D (2009) Early tracheostomy reduces sedative use but does not affect mortality. Abstract presented at the 29th International Symposium on Intensive Care and Emergency Medicine. Brussels, Belgium. March 24–27, 2009. *Crit Care* 13(Suppl 1): P1–518
- Trouillet JL, Luyt CE, Guiguet M, et al (2011) Early percutaneous tracheotomy versus prolonged intubation of mechanically ventilated patients after cardiac surgery: a randomized trial. *Ann Intern Med* 154:373–83
- Nathens AB, Rivara FP, Mack CD, et al (2006) Variations in rates of tracheostomy in the critically ill trauma patient. *Crit Care Med* 34:2919–24
- Freeman BD, Kennedy C, Coopersmith CM, et al (2009) Examination of non-clinical factors affecting tracheostomy practice in an academic surgical intensive care unit. *Crit Care Med* 37:3070–8
- Goettler CE, Fugo JR, Bard MR, et al (2006) Predicting the need for early tracheostomy: a multifactorial analysis of 992 intubated trauma patients. *J Trauma* 60:991–6
- Barquist ES, Amortegui J, Hallal A, et al (2006) Tracheostomy in ventilator dependent trauma patients: a prospective, randomized intention-to-treat study. *J Trauma* 60:91–7
- Ballotta A, Kandil H, Generali T, et al (2011) Tracheostomy after cardiac operations: in-hospital and long-term survival. *Ann Thorac Surg* 92:528–33
- Devarajan J, Vydyanathan A, Xu M, et al (2012) Early tracheostomy is associated with improved outcomes in patients who

- require prolonged mechanical ventilation after cardiac surgery. *J Am Coll Surg* 214:1008–16.e4
24. Heffner JE, Hess D (2001) Tracheostomy management in the chronically ventilated patient. *Clin Chest Med* 22:55–69
 25. Rumbak MJ, Newton M, Truncale T, et al (2004) A prospective, randomized, study comparing early percutaneous dilational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients. *Crit Care Med* 32:1689–94
 26. Astrachan DI, Kirchner JC, Goodwin WJ Jr (1988) Prolonged intubation vs. tracheotomy: complications, practical and psychological considerations. *Laryngoscope* 98:1165–9
 27. Stock MC, Woodward CG, Shapiro BA, et al (1986) Perioperative complications of elective tracheostomy in critically ill patients. *Crit Care Med* 14:861–3
 28. Ciaglia P, Firsching R, Syniec C (1985) Elective percutaneous dilational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest* 87:715–9
 29. Cooper RM (1998) Use and safety of percutaneous tracheostomy in intensive care. Report of a postal survey of ICU practice. *Anaesthesia* 53:1209–12
 30. Kluge S, Baumann HJ, Maier C, et al (2008) Tracheostomy in the intensive care unit: a nationwide survey. *Anesth Analg* 107:1639–43
 31. Gysin C, Dulguerov P, Guyot JP, et al (1999) Percutaneous versus surgical tracheostomy: a double-blind randomized trial. *Ann Surg* 230:708–14
 32. Pappas S, Maragoudakis P, Vlastarakos P, et al (2011) Surgical versus percutaneous tracheostomy: an evidence-based approach. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 268:323–30
 33. Aldawood AS, Arabi YM, Haddad S (2008) Safety of percutaneous tracheostomy in obese critically ill patients: a prospective cohort study. *Anaesth Intensive Care* 36:69–73
 34. Guinot PG, Zogheib E, Petiot S, et al (2012) Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy in critically ill obese patients. *Crit Care* 16:R40
 35. Heyrosa MG, Melniczek DM, Rovito P, et al (2006) Percutaneous tracheostomy: a safe procedure in the morbidly obese. *J Am Coll Surg* 202:618–22
 36. Delaney A, Bagshaw SM, Nalos M (2006) Percutaneous dilational tracheostomy versus surgical tracheostomy in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 10:R55
 37. Freeman BD, Isabella K, Cobb JP, et al (2001) A prospective, randomized study comparing percutaneous with surgical tracheostomy in critically ill patients. *Crit Care Med* 29:926–30
 38. Heikkinen M, Aarnio P, Hannukainen J (2000) Percutaneous dilational tracheostomy or conventional surgical tracheostomy? *Crit Care Med* 28:1399–402
 39. Levin R, Trivikram L (2001) Cost/benefit analysis of open tracheotomy, in the or and at the bedside, with percutaneous tracheotomy. *Laryngoscope* 111:1169–73
 40. Ayoub OM, Griffiths MV (2007) Aortic arch laceration: a lethal complication after percutaneous tracheostomy. *Laryngoscope* 117:176–8
 41. Briche T, Le Manach Y, Pats B (2001) Complications of percutaneous tracheostomy. *Chest* 119:1282–3
 42. Kaloud H, Smolle-Juettner FM, Prause G, et al (1997) Iatrogenic ruptures of the tracheobronchial tree. *Chest* 112:774–8
 43. Kaylie DM, Wax MK (2002) Massive subcutaneous emphysema following percutaneous tracheostomy. *Am J Otolaryngol* 23:300–2
 44. Beduneau G, Bouchetemple P, Muller A (2007) De la trachéotomie à la décanulation : quels sont les problèmes dans une unité de sevrage ? *Réanimation* 16:42–8
 45. Ceriana P, Carlucci A, Navalesi P, et al (2003) Weaning from tracheotomy in long-term mechanically ventilated patients: feasibility of a decisional flowchart and clinical outcome. *Intensive Care Med* 29:845–8
 46. Tabae A, Lando T, Rickert S, et al (2007) Practice patterns, safety, and rationale for tracheostomy tube changes: a survey of otolaryngology training programs. *Laryngoscope* 117:573–6
 47. Thomachot L, Viviani X, Arnaud S, et al (1998) Preservation of humidity and heat of respiratory gases in spontaneously breathing, tracheostomized patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 42:841–4
 48. Ceriana P, Carlucci A, Navalesi P, et al (2006) Physiological responses during a T-piece weaning trial with a deflated tube. *Intensive Care Med* 32:1399–403
 49. Fernandez R, Tizon AI, Gonzalez J, et al (2011) Intensive care unit discharge to the ward with a tracheostomy cannula as a risk factor for mortality: a prospective, multicenter propensity analysis. *Crit Care Med* 39:2240–5
 50. Schmidt U, Hess D, Bittner E (2011) To decannulate or not to decannulate: a combination of readiness for the floor and floor readiness? *Crit Care Med* 39:2360–1