

UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTÉ DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année 2026

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Morbi-mortalité de la trachéotomie en Réanimation
Neurochirurgicale : Étude de cohorte rétrospective
monocentrique au CHU de Lille**

Présentée et soutenue publiquement le 22/05/2026
à 16 : 00 au pôle recherche

Par Assa SOUMARE

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Benoit TAVERNIER

Asseseurs :

Monsieur le Docteur Nicolas DECLERCK

Madame le Docteur Emmanuelle JAILLETTE

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Victor LESTRADE

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles

ACSOS	Agression cérébrale secondaire d'origine systémique
ADH	<i>Antidiuretic hormon</i> (hormone anti-diurétique)
AICA	<i>Anterior inferior cerebellar artery</i> (artère cérébelleuse antéro-inférieure)
ASA	<i>American Society of Anesthesiologists</i>
AVC	Accident vasculaire cérébral
BIIDS	<i>Brain injury induced immunodepression syndrome</i>
CRP	<i>C-Reactive protein</i> (Protéine C-Réactive)
CNIL	Commission nationale de l'informatique et des libertés
GCS	<i>Glasgow Coma Scale</i>
GPE	Gastrostomie percutanée endoscopique
HED	Hématome extra-dural
HSA	Hémorragie sous-arachnoïdienne
HSD	Hématome sous-dural
HTIC	Hypertension intra-crânienne
ICCA	<i>IntelliSpace and Critical Care and Anesthesia</i>
IGS2	Indice de Gravité Simplifié, deuxième version
INR	<i>International normalized ratio</i>
IQR	Intervalle inter-quartile
IRM	Imagerie par résonance magnétique
LED	Lésions encéphaliques diffuses
MRC	<i>Medical Research Council</i>
ORL	Oto-rhino-laryngologiste
PAM	Pression artérielle moyenne
PAVM	Pneumopathie acquise par la ventilation mécanique
PIC	Pression intracrânienne
PICA	<i>Posterior inferior cerebellar artery</i> (artère cérébelleuse postéro-inférieure)
PPC	Pression de perfusion cérébrale

RGPD	Règlement général sur la protection des données
RNC	Réanimation neurochirurgicale
SCA	<i>Superior cerebellar artery</i> (artère cérébelleuse supérieure)
SDRA	Syndrome de détresse respiratoire aiguë
SFAR	Société Française d'Anesthésie et de Réanimation
SLA	Sclérose latérale amyotrophique
TCA	Temps de céphaline activée
USC	Unité de Surveillance Continue
VMI	Ventilation mécanique invasive
WFNS	<i>World Federation of Neurosurgical Federation</i>

Sommaire

Table des matières

Avertissement.....	2
Sigles.....	3
Sommaire.....	6
Préambule.....	9
Introduction.....	10
1 Généralités sur la trachéotomie.....	10
1.1 Données générales.....	10
1.2 Rappels anatomiques.....	11
1.3 Rappels physiologiques.....	13
1.3.1 Réduction de l'espace mort.....	13
1.3.2 Réduction du travail respiratoire.....	14
1.4 Indications de la trachéotomie.....	14
1.4.1 Pathologies ORL.....	14
1.4.2 Pathologies neuromusculaires.....	15
1.4.3 Pathologies neurologiques centrales.....	16
1.4.4 Sevrage de la ventilation mécanique en réanimation.....	16
Délai de réalisation de la trachéotomie.....	17
1.5 Techniques de réalisation de la trachéotomie.....	18
1.5.1 Trachéotomie par voie percutanée.....	20
1.5.2 Trachéotomie par abord chirurgical.....	21
1.5.3 Choix de la technique.....	23
1.5.4 Types de canules.....	23
1.5.5 Contre-indications à la trachéotomie.....	24
1.6 Complications de la trachéotomie.....	25
1.6.1 Complications per-opératoires.....	25
1.6.2 Complications postopératoires précoces.....	25
1.6.3 Complications postopératoires tardives.....	26
2 Patients neurolésés.....	26
2.1 Définition.....	26
2.2 Hémorragies sous-arachnoïdiennes.....	27
2.2.1 Généralités.....	27
2.2.2 Prise en charge.....	29
2.2.3 Complications.....	29
Traumatismes crâniens.....	30
2.2.4 Rappels physiopathologiques.....	30
2.2.5 Mécanismes.....	31
2.2.6 Prise en charge et évolution.....	32
2.2.7 Complications des traumatismes crâniens.....	32
2.2.7.1 Hématome extradural.....	32
2.2.7.2 Hématome sous-dural aigu.....	32
2.2.7.3 Hémorragie sous-arachnoïdienne (HSA).....	33
2.2.7.4 Lésions axonales diffuses.....	33
2.3 Accident vasculaire de fosse postérieure.....	33
2.3.1 Anatomie.....	33
2.3.2 Présentation clinique.....	34
2.3.3 Évolution.....	35

3 Conclusion	35
Article.....	36
1 Introduction.....	36
2 Matériel et méthodes.....	37
2.1 Design de l'étude	37
2.2 Population.....	37
2.3 Recueil de données.....	37
2.3.1 Données démographiques et antécédents	38
2.3.2 Données neurologiques et de gravité.....	38
2.3.3 Données respiratoires et ventilatoires	38
2.3.4 Données liées à la trachéotomie	38
2.3.5 Données évolutives et complications	38
2.3.6 Variables analysées en régression	39
2.4 Statistiques	39
Résultats.....	40
1 Caractéristiques de la population des patients trachéotomisés.....	40
2 Caractéristiques des motifs d'admission.....	41
2.1 Hémorragies méningées.....	41
2.2 Traumatismes crâniens.....	41
2.3 Autres motifs d'admission	41
3 Caractéristiques de l'atteinte respiratoire	41
4 Indication et délai de réalisation	42
5 Données temporelles et cliniques associées à la trachéotomie	42
6 Complications de la trachéotomie.....	43
7 Modalités de sevrage et supports de réhabilitation	43
8 Facteurs de risque	44
8.1 Décès lors du séjour.....	44
8.2 Échec de décanulation.....	45
8.3 Complications locales	46
Discussion	47
1 Population étudiée et considérations méthodologiques	47
2 Pratique clinique et positionnement de nos résultats	48
3 Etude des facteurs de risque	49
4 Mise en perspective avec la littérature.....	50
5 Pneumopathies acquises par la ventilation mécanique (PAVM)	50
6 Devenir du patient	51
7 Forces de l'étude	52
8 Limites.....	53
9 Implications cliniques et perspectives	54
10 En résumé.....	56
Conclusion	57

Version en anglais.....	59
English article	60
1 Introduction.....	60
2 Material and methods	61
2.1 Study design.....	61
2.2 Study population	61
2.3 Data collection	61
2.4 Statistical analysis	63
Results.....	64
1 Characteristics of the study population	64
2 Admission characteristics and neurological features.....	64
2.1 Subarachnoid hemorrhage	64
2.2 Traumatic brain injury	64
2.3 Other admission characteristics	65
3 Respiratory characteristics.....	65
4 Timing and procedural characteristics of tracheostomy	65
5 Temporal and clinical features associated with tracheostomy	65
6 Tracheostomy-related complications	66
7 Weaning and rehabilitation outcomes	66
8 Risk factors	66
8.1 Death during stay in hospital.....	66
8.2 Canulation weaning failure.....	67
8.3 Local complications	67
Discussion	68
1 Study population and methodological considerations	68
2 Clinical practice and external validity	69
3 Risk Factor Analysis	69
4 Comparison with the literature.....	70
5 Ventilator-associated pneumonia	71
6 Patient outcomes	71
7 Strengths and limitations.....	71
8 Implications and futures directions	72
Conclusion	73
Conclusion en Français	75
Liste des figures	76
Tableaux.....	78
Annexes.....	79
Références.....	80

Préambule

Le travail scientifique présenté dans cette thèse de médecine fait l'objet d'une publication d'article international en anglais. Il suit le plan suivant :

- Une introduction longue en français, qui poursuit deux objectifs : présenter le contexte médical avec une orientation principalement pédagogique, et présenter le contexte scientifique et l'objectif, comme le fait également l'introduction de l'article en anglais
- L'abstract en anglais, tel qu'il sera soumis en complément de l'article reproduit juste après.
- L'article en anglais, tel qu'il sera soumis à une revue scientifique internationale. Cet article suit le plan classique, dans le format imposé par le journal (introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion)
- Une discussion en français, qui reprend pour l'essentiel la discussion en anglais de l'article

Le document est structuré ainsi en application de la circulaire Toubon¹.

Les références présentées en fin de document, ainsi que les listes de figures et tables, résultent de la fusion des parties en anglais et en français. La numérotation est donc incrémentée dans l'ensemble du document, que les parties soient anglophones ou francophones.

¹ Circulaire du 19 mars 1996 concernant l'application de la loi no 94-665 du 4 août 1994 relative à l'emploi de la langue française. JORF n°68 du 20 mars 1996 page 4258. NOR: PRMX9601403C

Introduction

1 Généralités sur la trachéotomie

1.1 Données générales

La trachéotomie est une procédure consistant à créer une ouverture directe dans la trachée à travers la peau du cou, afin d'établir une voie respiratoire alternative à la voie aérienne supérieure passant par les fosses nasales, la cavité buccale, le pharynx et le larynx.

Cette ouverture, également appelée trachéostome, permet, par l'insertion d'une canule de trachéotomie, de court-circuiter ces structures anatomiques.

Elle est à distinguer de la trachéostomie qui est une procédure chirurgicale consistant à créer un orifice trachéal permanent par abouchement direct de la trachée à la peau comme en cas de laryngectomie totale.

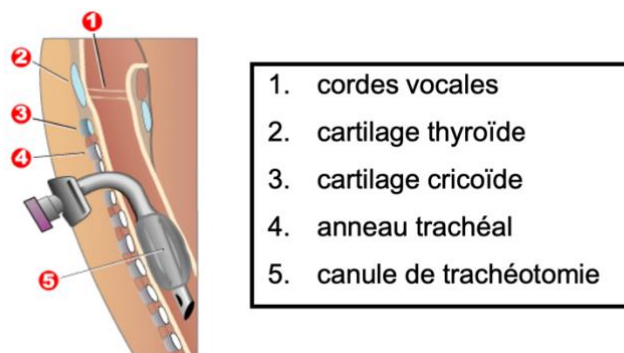


Figure 1 : canule de trachéotomie (https://www.srlf.org/wp-content/uploads/2018/06/20180516-JForm-Tracheo_Neuro-1-G.Capellier.pdf)

La trachéotomie a de nombreux intérêts en médecine d'urgence, en chirurgie ORL et en réanimation. Elle permet de contourner un obstacle anatomique des voies aériennes supérieures. Cet obstacle peut être d'apparition lente et progressive comme dans le cas pour une tumeur ORL ou d'apparition brutale comme dans la formation d'un œdème laryngé.

La trachéotomie diminue le travail respiratoire en réduisant l'espace mort et permet ainsi de faciliter le sevrage ventilatoire chez des patients dépendants d'une ventilation mécanique de longue durée.

Chez ces patients, la trachéotomie permet une réduction des doses de drogues de sédation utilisées. Elle rend possible la déglutition ainsi que la phonation par libération des cordes vocales à l'instar d'une sonde d'intubation orotrachéale classique. Le confort des patients en est ainsi amélioré. Il existe par ailleurs une diminution des lésions oro-pharyngées, habituellement induites par une sonde d'intubation orotrachéale. Les soins paramédicaux de la filière oro-pharyngée sont également facilités par la trachéotomie.

En revanche, la trachéotomie ne permet pas de réduire l'incidence des pneumopathies acquises par la ventilation mécanique (1).

La première trachéotomie rapportée dans la littérature remonte au XVIème siècle par l'italien Brasavola. La technique est standardisée au XXème siècle par le chirurgien américain Jackson. Une nouvelle approche de la trachéotomie, par abord percutané, est ensuite introduite par Ciaglia en 1985 (2).

Aux États Unis, environ 100 000 trachéotomies sont réalisées chaque année (3), toutes étiologies confondues. En service de soins intensifs, 6 à 20 % des patients nécessitant une ventilation mécanique bénéficient d'une trachéotomie, ce qui en fait l'intervention chirurgicale la plus réalisée dans ce type de service (4). Chez les patients de soins intensifs neurologiques, les taux de réalisation de trachéotomie sont plus élevés et varient de 5 à 46,8% (5). Il existe néanmoins de nombreuses variations selon les pays et selon les services, expliquant la variation importante de ce taux. On constate globalement une augmentation de réalisation de trachéotomie grâce à la multiplication des études démontrant son intérêt, à la généralisation du matériel et à la démocratisation de la formation du personnel habilité.

1.2 Rappels anatomiques

La trachéotomie est une procédure médico-chirurgicale qui consiste à créer un orifice au niveau de la trachée cervicale, afin de mettre en place une canule en dérivation des voies aériennes supérieures. Sur le plan anatomique, la trachée cervicale est située en regard du cartilage cricoïde en haut, de la trachée thoracique en bas, des lobes thyroïdiens latéralement, et de l'œsophage en arrière. Elle est vascularisée par les branches de l'artère thyroïdienne. La trachée est une structure tubulaire constituée de 16 à 20 anneaux cartilagineux en forme de C à convexité antérieure. La paroi postérieure de la trachée est une structure membraneuse commune à la paroi antérieure de l'œsophage. Latéralement, la trachée est en rapport avec les nerfs laryngés récurrents, le tissu lympho-graisseux péri-trachéal et les artères carotides communes, contenues dans la gaine carotidienne, laquelle fait partie du fascia cervical profond.

Le fascia pré-trachéal, constituant de la couche moyenne du fascia cervical profond, entoure également ces structures.

Dans le thorax, la trachée chemine en arrière du thymus et en avant du cœur.

Le tronc artériel brachio-céphalique (artère innominée) croise la trachée en avant lors de son émergence de la crosse de l'aorte, ce qui constitue un élément anatomique majeur à prendre en compte lors de la réalisation d'une trachéotomie.

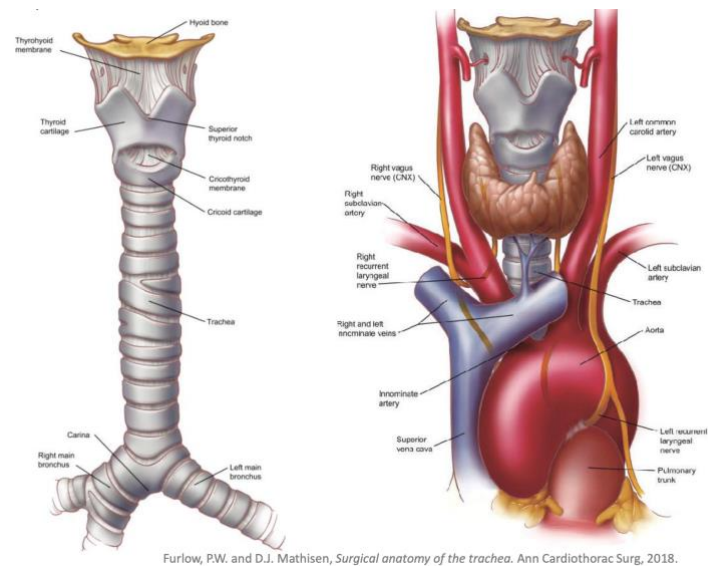


Figure 2 : Furlow, P.W. and D.J. Mathisen, Surgical anatomy of the trachea. Ann Cardiothorac Surg, 2018.

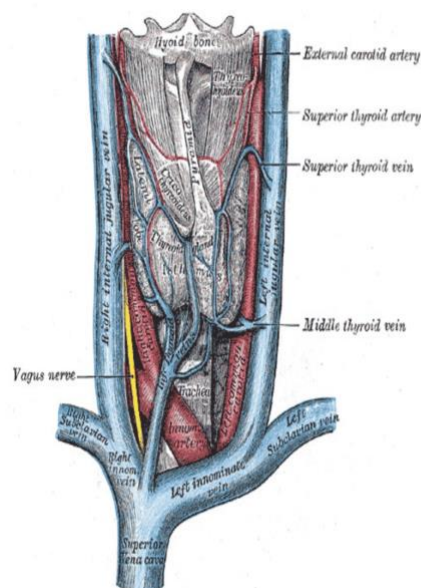


Figure 3 : Structures vasculaires de la région antérieure du cou (Raimonde AJ, Gaston S, Wang CF. Tracheostomy. [Updated 2025 Sep 15]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>

L'objectif de la trachéotomie est de court-circuiter le larynx. Ses principales fonctions sont d'une part, respiratoire (par le passage de l'air à travers la cavité glottique et les cordes vocales), phonatoire (via la vibration de ces cordes vocales), et de protection des voies aériennes lors de la déglutition (grâce à l'abaissement de l'épiglotte qui obstrue l'entrée du larynx).

Le larynx est composé de deux groupes musculaires : les muscles extrinsèques, innervés par le nerf hypoglosse (XII), et les muscles intrinsèques, contrôlés par le

nerf vague (X). Ce dernier donne naissance à deux branches : le nerf laryngé supérieur, qui assure l'innervation sensitivo-motrice du larynx, et le nerf laryngé inférieur également appelé récurrent, qui assure l'innervation motrice principale du larynx.

Toute atteinte, qu'elle soit centrale (au niveau du tronc cérébral) ou périphérique (le long du trajet nerveux), de ces structures nerveuses ou musculaires compromet les fonctions laryngées. Une telle atteinte empêche la trachée d'assurer sa fonction respiratoire vitale, rendant alors la trachéotomie nécessaire pour garantir une ventilation efficace et protéger les voies aériennes.

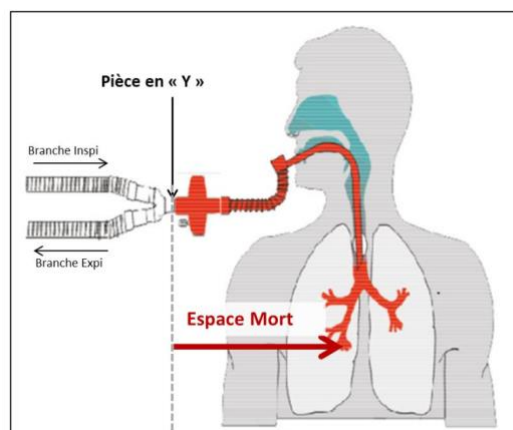
1.3 Rappels physiologiques

1.3.1 Réduction de l'espace mort

L'espace mort correspond à l'ensemble des espaces balayés par les gaz inspiratoires et expiratoires et inutiles aux échanges gazeux. Il est séparé en trois contingents : l'espace mort instrumental qui correspond aux zones ventilées non perfusées et des zones ventilées par les gaz inspiratoires expiratoires à partir de la pièce en Y du circuit du respirateur.

Le second contingent constitue l'espace mort anatomique. Il représente l'ensemble des gaz non utiles à la ventilation contenu dans les voies aériennes. Il est estimé à 150 mL chez un patient extubé, à 110 mL chez un patient intubé et 35 mL chez un patient trachéotomisé. La différence de volume est liée au shunt de la partie supérieure des voies aériennes supérieures par la sonde d'intubation orotrachéale ou de trachéotomie.

Le dernier contingent correspond à l'espace mort alvéolaire correspondant aux alvéoles ventilées non perfusées, en cas d'embolie pulmonaire par exemple.



D'après F. Lellouche Réanimation (2016) 25:35-55

Figure 4 : Représentation schématique du circuit ventilatoire montrant la contribution de la pièce en Y à l'espace mort, d'après F.Lellouche Réanimation (2016) 25 : 35-55

On rappelle que la ventilation alvéolaire, c'est-à-dire la ventilation utile aux échanges gazeux, correspond à la différence entre le volume courant et l'espace mort. Ainsi, en réduisant l'espace mort, on permet d'augmenter la ventilation alvéolaire et ainsi d'améliorer les échanges gazeux.

La réduction de l'espace mort de quelques millilitres entre une canule de trachéotomie et une sonde d'intubation de même calibre n'est pas significative et ne peut pas expliquer, à elle seule, la facilitation du sevrage respiratoire après trachéotomie.

1.3.2 Réduction du travail respiratoire

Diehl *et al.* (27) ont montré que la trachéotomie entraînait une diminution significative du travail respiratoire, principalement par réduction de sa composante résistive. Cette réduction, estimée à 43 %, s'explique par plusieurs mécanismes mécaniques : le raccourcissement du conduit aérien, l'augmentation effective du rayon des voies aériennes proximales et la diminution des pertes de charge liées au flux gazeux par rapport à une sonde d'intubation endotrachéale. Conformément aux principes de la loi de Poiseuille, la résistance des voies aériennes est inversement proportionnelle à la quatrième puissance du rayon. L'ensemble de ces modifications concourt à une baisse de la charge ventilatoire imposée au patient et à une amélioration de l'efficacité ventilatoire. De nombreux travaux ont confirmé de manière reproductible la réduction du travail respiratoire après trachéotomie.

1.4 Indications de la trachéotomie

1.4.1 Pathologies ORL

La trachéotomie est une intervention permettant de garantir une hématose efficace lorsqu'un obstacle compromet le passage de l'air dans les voies aériennes supérieures. Dans le cadre des pathologies oto-rhino-laryngologiques, plusieurs mécanismes peuvent être en cause. Il peut s'agir d'obstructions extrinsèques, notamment en présence de tumeurs cervicales ou laryngées exerçant une compression sur la trachée, entraînant une limitation du flux aérien.

Des causes infectieuses telles que les adénites ou les épiglottites, des processus inflammatoires comme les cellulites cervico-faciales, les œdèmes laryngés, sus-glottiques ou sous-glottiques, ou encore des lésions traumatiques incluant les sténoses d'origine caustique, peuvent également générer une obstruction significative des voies aériennes.

Dans ce contexte, la trachéotomie, réalisée en urgence immédiate ou différée selon la sévérité du tableau clinique et son évolution, permet de court-circuiter mécaniquement l'obstacle, qu'il soit extrinsèque ou intrinsèque, afin de rétablir un passage aérien adéquat. Il s'agit le plus souvent d'une trachéotomie temporaire, dont le sevrage est envisagé dès que la levée de l'obstruction permet la reprise d'une fonction respiratoire autonome naturelle.

1.4.2 Pathologies neuromusculaires

La trachéotomie constitue une indication fréquente dans les maladies neuromusculaires chroniques nécessitant une ventilation mécanique prolongée, comme la sclérose latérale amyotrophique (SLA). L'atteinte bulbaire caractéristique de ces pathologies se traduit par des troubles sévères de la déglutition, une abolition du réflexe de toux ainsi qu'une paralysie diaphragmatique. Ces altérations compromettent à la fois la protection des voies aériennes et l'efficacité ventilatoire, rendant indispensable le recours à une assistance respiratoire définitive.

La trachéotomie peut également être indiquée en cas d'atteinte neurologique centrale aiguë, notamment après un traumatisme vertébro-médullaire cervical ou dans certaines pathologies cérébrales aiguës graves. Lorsque les centres de commande ventilatoire localisés dans le tronc cérébral sont lésés, les fonctions de déglutition et de toux deviennent inopérantes, exposant à un risque majeur d'inhalation et d'insuffisance respiratoire.

S'agissant des pathologies neurologiques périphériques, comme le syndrome de Guillain-Barré, la défaillance des muscles impliqués dans la mécanique ventilatoire peut être suffisamment marquée pour justifier une ventilation mécanique. Dans les formes aiguës, notamment avec atteinte des nerfs crâniens IX et X, des troubles de la déglutition apparaissent, rendant le risque d'inhalation non négligeable. Si l'évolution prévisible est rapidement favorable, l'intubation orotrachéale peut suffire en première intention. En revanche, lorsque la durée de ventilation mécanique s'annonce prolongée, la trachéotomie devient le relais privilégié pour améliorer le confort, limiter les complications liées à l'intubation prolongée, et faciliter le sevrage progressif de la ventilation mécanique. L'atteinte respiratoire observée au cours du syndrome de Guillain-Barré conduit à la mise en place d'une ventilation mécanique par intubation dans environ un tiers des cas. Chez les patients nécessitant une intubation, l'assistance ventilatoire se prolonge le plus souvent et une grande proportion d'entre eux bénéficie secondairement d'une trachéotomie. Dans les formes les plus sévères, la réalisation précoce d'une trachéotomie, au cours de la première semaine d'évolution, peut améliorer le confort du patient, en facilitant notamment la communication avec l'équipe soignante et l'entourage. À l'inverse, dans les formes moins graves, la décision concernant les modalités de sevrage de la ventilation mécanique peut être différée jusqu'à deux semaines lorsque les paramètres fonctionnels respiratoires sont jugés satisfaisants. Quelle que soit la situation, la trachéotomie ne devrait être envisagée qu'en cas d'échec du sevrage de la ventilation mécanique invasive après la mise en œuvre du traitement immunomodulateur, qu'il s'agisse d'immunoglobulines intraveineuses ou d'échanges plasmatiques (28).

Ainsi, dans les pathologies neuromusculaires aiguës ou subaiguës, et en présence d'une cause potentiellement réversible, la trachéotomie est généralement temporaire. À l'inverse, dans les maladies neuromusculaires chroniques évolutives, le besoin de support ventilatoire tend à s'inscrire dans la durée, rendant la trachéotomie souvent définitive.

1.4.3 Pathologies neurologiques centrales

Dans les atteintes neurologiques centrales aiguës, telles que les accidents vasculaires cérébraux graves, les hémorragies méningées, les traumatismes crâniens sévères ou les tumeurs intracrâniennes en cours de décompensation ; la trachéotomie est souvent envisagée lorsque l'altération de la vigilance ou l'atteinte du tronc cérébral compromet durablement la respiration autonome, la protection des voies aériennes et la déglutition.

L'atteinte du bulbe rachidien, zone clé de la commande respiratoire automatique et du contrôle des réflexes de déglutition et de toux, est particulièrement impliquée dans la survenue de troubles de la déglutition et du risque d'inhalation. Ces patients, souvent dépendants d'une ventilation mécanique prolongée en raison d'une défaillance neurologique stable ou fluctuante, sont exposés à un risque accru de complications liées à l'intubation prolongée telles que des lésions trachéales, des infections ou un inconfort.

La trachéotomie, en réanimation neurochirurgicale, permet alors d'assurer une ventilation mécanique prolongée dans de meilleures conditions, tout en facilitant les soins d'hygiène bronchique, la prévention des inhalations, le sevrage ventilatoire progressif, et parfois la rééducation de la déglutition. Elle devient un outil de transition indispensable, notamment lorsque le pronostic neurologique est incertain à moyen terme.

La temporalité de l'indication est cruciale : lorsqu'une récupération neurologique est attendue à court ou moyen terme, la trachéotomie peut être transitoire. En revanche, chez les patients présentant une atteinte cérébrale sévère et irréversible, elle s'intègre dans un projet de soins à long terme, éventuellement associé à une prise en charge en institution spécialisée.

1.4.4 Sevrage de la ventilation mécanique en réanimation

La nécessité d'une ventilation mécanique prolongée constitue actuellement la principale indication de trachéotomie. L'intubation orotrachéale prolongée expose les patients à des complications laryngées majeures, notamment des lésions muqueuses, des ulcérations, la formation de granulomes, une ankylose cricoaryténoïdienne ou encore une sténose laryngée. Afin de prévenir ces complications, certaines équipes recommandent la réalisation d'une trachéotomie précoce, généralement entre le 5^e et le 10^e jour d'intubation.

La trachéotomie améliore significativement le confort des patients ventilés au long cours. Elle facilite la communication, permet la reprise précoce d'une alimentation orale en cas d'aptitude à la déglutition, et permet une réduction de la durée de sédation. En outre, plusieurs études suggèrent qu'elle est associée à une diminution de la durée de séjour en réanimation. Toutefois, la trachéotomie n'a pas démontré de bénéfice significatif en termes de réduction de l'incidence des pneumopathies acquises sous ventilation mécanique, ni sur la mortalité intra-hospitalière (2).

En réanimation, de nombreuses pathologies nécessitent une ventilation mécanique prolongée (6). Il peut s'agir de pathologies systémiques, telles que les défaillances

multiviscérales, ou de pathologies spécifiques d'organe, responsables d'états de coma. Ces états de coma ont des étiologies variées (métaboliques, toxiques, traumatiques, tumorales) et leur réversibilité peut être plus ou moins rapide. L'atteinte du tronc cérébral ou des centres de la commande ventilatoire peut compromettre durablement la respiration spontanée et la protection des voies aériennes, justifiant alors la mise en place d'une trachéotomie.

Par ailleurs, certaines affections respiratoires graves en réanimation, telles que les pneumopathies hypoxémiantes chroniques ou les syndromes de détresse respiratoire aiguë (SDRA), peuvent évoluer vers une insuffisance respiratoire chronique, nécessitant un support ventilatoire invasif prolongé (5,7,8).

Enfin, les patients présentant un séjour prolongé en soins intensifs développent fréquemment une polyneuromyopathie de réanimation, même après résolution de la pathologie aiguë initiale. La neuromyopathie de réanimation, définie par un score MRC inférieur à 48 et une diminution voire abolition des réflexes ostéotendineux. Cette atteinte neuromusculaire est multifactorielle. Elle est liée notamment au décubitus prolongé, à l'administration de molécules neurotoxiques (curares, aminosides), à l'inflammation systémique et à la dénutrition (9). L'atteinte neuromusculaire est particulièrement impliquée dans l'échec du sevrage ventilatoire, notamment par atteinte des nerfs phréniques et du diaphragme. Elle constitue ainsi une indication validée et reconnue de la trachéotomie.

Délai de réalisation de la trachéotomie

Le délai idéal de réalisation de la trachéotomie diffère selon la situation clinique. Lors de l'apparition brutale d'un obstacle anatomique infranchissable des voies aériennes supérieures, la trachéotomie doit être réalisée en urgence immédiate.

Elle peut être différée de quelques heures à quelques semaines selon l'état clinique du patient et selon la présence ou non d'une détresse respiratoire.

Concernant la principale étiologie de la réalisation de la trachéotomie, qui est pour rappel, le sevrage ventilatoire en cas de ventilation mécanique prolongée, le délai idéal pour la réalisation de la trachéotomie est discuté par les différentes études. On oppose régulièrement la notion de trachéotomie précoce et tardive. Cette définition varie également selon les études.

Une méta-analyse de 2013 conduite par Shan et al. (10), a pour but de déterminer si le délai de la trachéotomie a une incidence sur l'évolution clinique des patients en termes de mortalité en soins intensifs, de mortalité intra-hospitalière, de durée de ventilation mécanique et d'acquisition de pneumopathie acquise par la ventilation mécanique. Dans cette étude, la trachéotomie est définie comme précoce si réalisée avant 7 jours et tardive si réalisée à partir du 7ème jour.

Cette méta-analyse a étudié 6 études observationnelles rétrospectives incluant 2037 patients. Les patients ayant bénéficié d'une trachéotomie précoce présentent une moindre mortalité à 1 an (26,1 % contre 29,8%) ; la durée de ventilation mécanique est réduite (10.04 jours soit 15.15 contre 4.92 jours). La durée de séjour en soins intensifs est réduite (8.8 jours, soit 9.71 contre 7.89 jours) tout comme la durée de

séjour intra-hospitalière (12.18 jours, soit 8.25 contre 6.11 jours). En revanche, la trachéotomie précoce ne permet pas de diminuer l'incidence de survenue de pneumopathies acquises par la ventilation mécanique (11,6 % vs 11%). Cette méta-analyse ne prend pas en compte les facteurs ayant poussé les instigateurs de chaque étude à déterminer pour chaque patient le délai de réalisation de trachéotomie.

Dans l'étude de Skrzpiec et al. (11), la trachéotomie précoce, réalisée dans les 10 jours suivant l'hospitalisation, permet de réduire la durée totale de ventilation mécanique, la durée de séjour en soins intensifs et intra-hospitalier tout en réduisant le risque de survenue d'une pneumopathie.

La méta-analyse de Liu et al. (12) retrouve les mêmes résultats en termes de réduction de durée de ventilation mécanique et de durée de séjour et de non incidence sur la mortalité du délai de trachéotomie. Les auteurs ne mettent pas en évidence de différence sur la survenue de pneumopathie.

A ces résultats s'ajoute l'essai contrôlé randomisé de Zheng et al. (13), dans lequel il est mis en évidence, en plus d'une réduction de la durée totale de ventilation mécanique et de la durée de séjour intra-hospitalier, une diminution des doses de drogues de sédation administrées chez les patients ayant bénéficié d'une trachéotomie dans les 3 jours suivant l'admission.

Une méta-analyse conduite par Andriolo et al. (14) objective que les patients ayant eu une trachéotomie précoce (dans les 10 jours suivant l'intubation), ont un taux de mortalité plus faible à la date de fin de suivi de chaque étude (de 28 jours à 2 ans de suivi) mais il n'y a pas de prise en compte des facteurs potentiellement associés aux indications précoces ou tardives ni aux caractéristiques des sous-groupes.

En résumé, le délai idéal de réalisation de la trachéotomie n'est pas standardisé, il semblerait qu'il y ait des avantages en termes de durée de ventilation mécanique et de durée de séjour intra-hospitalier lorsqu'elle est réalisée précocement malgré l'absence de consensus sur la définition de « trachéotomie précoce » (6,15,16).

Ainsi, la décision de réaliser une trachéotomie chez un patient est une décision collégiale et pluridisciplinaire à aborder au plus tôt après l'intubation d'un patient en tenant compte de l'indication initiale de l'intubation, la durée prévisible de ventilation mécanique, l'évolution de la pathologie et l'environnement social du patient. Il est essentiel d'inclure le projet thérapeutique du patient sans négliger son devenir et sa qualité de vie au centre de la décision de trachéotomie (17).

1.5 Techniques de réalisation de la trachéotomie

La réalisation d'une trachéotomie en toute sécurité repose sur l'identification préalable de repères anatomiques.

L'incisure thyroïdienne correspond au pôle supérieur du larynx (C5) et constitue un repère de départ pour l'exploration des structures profondes des voies aériennes. Située entre les cartilages thyroïde et cricoïde, la membrane cricothyroïdienne se

présente comme une dépression palpable et constitue le site privilégié de la cricothyroïdectomie en situation d'urgence, en raison de son accessibilité superficielle et de la rareté des éléments vasculaires à ce niveau.

Le cartilage cricoïde (C6), seul élément cartilagineux entièrement circonférentiel des voies aériennes, représente un repère fondamental pour situer la transition entre le larynx et la trachée. L'ouverture trachéale est classiquement réalisée à une distance de 1 à 2 cm au-dessous de ce cartilage.

Enfin, l'incisure du manubrium sternal permet de repérer l'entrée du thorax ; sa palpation contribue à dépister la présence d'un tronc artériel brachiocéphalique à trajet haut, susceptible de croiser la trachée et d'exposer à un risque hémorragique accru lors de la trachéotomie.

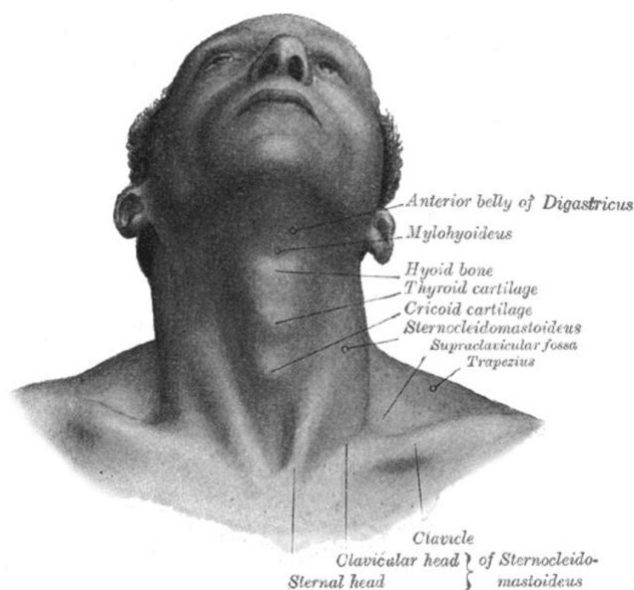


Figure 5 : Repères anatomiques superficiels du cou (Raimonde AJ, Gaston S, Wang CF. Tracheostomy. [Updated 2025 Sep 15]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK5591>

La trachéotomie consiste en la mise en place d'une canule au sein de la trachée cervicale entre deux anneaux trachéaux. Il existe deux techniques principales permettant la réalisation du geste (18). L'une est la plus souvent réalisée au bloc opératoire par les chirurgiens, et l'autre est la plus souvent réalisée au lit du patient par un opérateur formé, habituellement un réanimateur. Les études ne permettent pas de montrer une supériorité d'une technique par rapport à l'autre en termes de mortalité et de complications. En revanche, la durée du geste est significativement réduite pour la technique par voie percutanée (19).

En cas d'obstruction aiguë des voies aériennes supérieures et d'intubation impossible, le geste ultime de sauvetage réalisé est une cricothyroïdectomie (18). Elle consiste en une ponction de la membrane cricothyroïdienne par une aiguille et l'insertion d'un mandrin souple dans la trachée du patient.

1.5.1 Trachéotomie par voie percutanée

Pour la réalisation d'une trachéotomie dans des conditions optimales, il est préférable que le patient soit sédaté afin de réprimer les réflexes de toux et de déglutition. Il est positionné en décubitus dorsal, la nuque en hyperextension par mise en place d'un billot sous les épaules par exemple. Ce geste est réalisable au lit du malade.

Le site d'abord trachéal est idéalement situé entre les 2^{ème} et 4^{ème} anneaux trachéaux afin d'éviter la formation d'une sténose sous glottique et une ponction du tronc brachiocéphalique.

Il existe diverses techniques de trachéotomie percutanée. Le geste est dérivé de la méthode de canulation vasculaire décrite par Seldinger.

La méthode décrite par Ciaglia en 1985 est la plus répandue à travers le monde. Elle consiste en l'insertion d'une aiguille de 15 Gauge au sein de la trachée, perpendiculairement au plan cutané. La bonne position intra trachéale de l'aiguille est vérifiée par aspiration, puis par contrôle endoscopique, le guide métallique souple est ensuite inséré dans la trachée en direction de la carène. L'aiguille est retirée et une incision latérale de quelques millimètres est réalisée de part et d'autre du guide. L'orifice de ponction est progressivement élargi, à l'aide de dilateurs de calibres croissants (12 à 36 French), couissants sur le guide métallique et un sur guide en téflon.

Une canule de trachéotomie conventionnelle est ensuite introduite dans la trachée à l'aide d'un des derniers dilateurs, toujours dirigée par le guide métallique (20).

Les autres techniques de trachéotomie percutanée sont les trachéotomies par dilatation à la pince, dilatation à la bougie unique ou plus récemment dilatation par voie trans-laryngée. Cette dernière est dérivée de la technique de gastrostomie percutanée et permet d'assurer une hémostase parfaite par maintien en place de la canule. Il n'existe pas de supériorité d'une méthode sur l'autre.

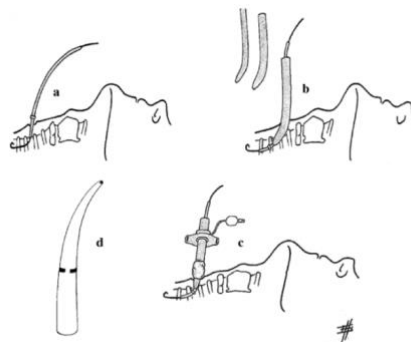


Figure 6 : Trachéotomie percutanée par dilatations successives. Après ponction trachéale et insertion du guide métallique, le surguide en téflon est positionné en direction de la trachée (a). Il permet d'orienter les dilatations successives par 7 bougies de calibre croissants (b). La canule de trachéotomie est insérée en s'aidant d'une des dernières bougies de dilatation (c). Dans le kit BlueRhino, la série de dilateurs est remplacée par une seule bougie de calibre progressivement croissant (d). (L'Her E, Renault A. Les trachéotomies percutanées. Réanimation. 2001 ; 10(1) : 53-60))

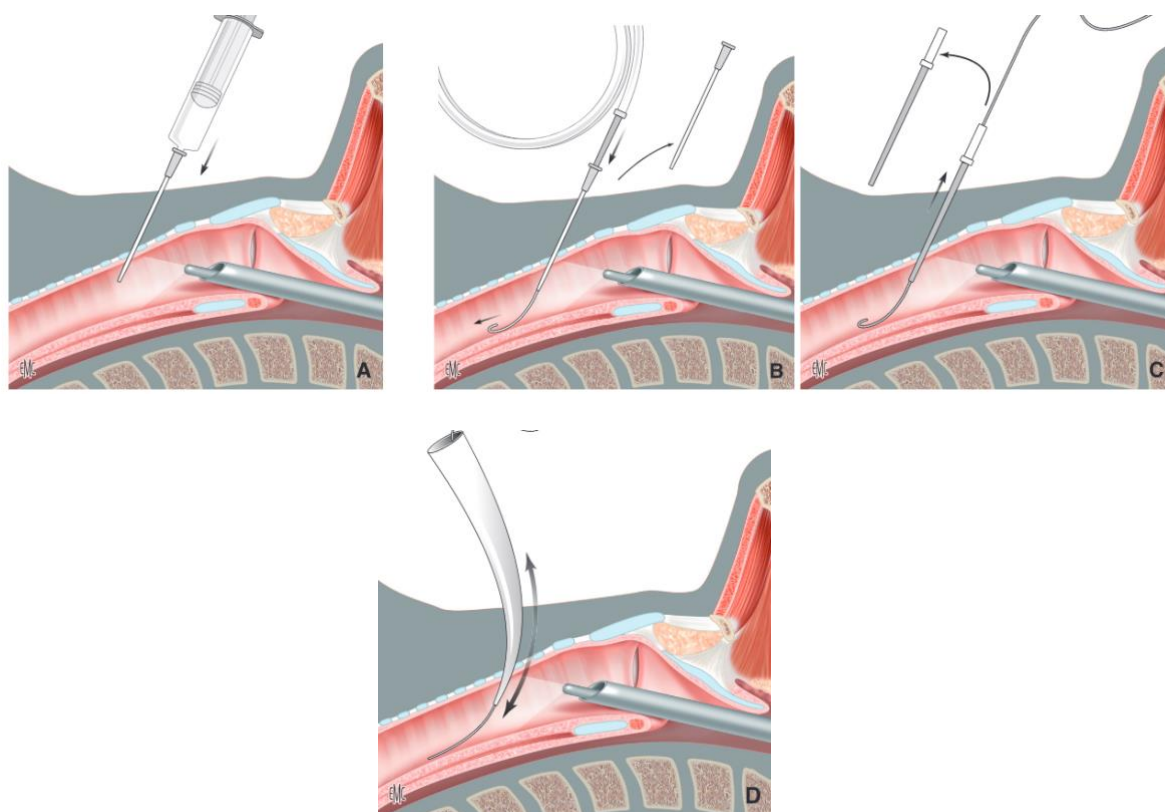


Figure 7 : Étapes de réalisation d'une trachéotomie percutanée selon la technique de Seldinger avec contrôle fibroscopique à chaque étape : (A) ponction trachéale ; (B) mise en place du guide intratrachéal ; (C) dilatation du trajet cutané-trachéal ; (D) mise en place de la canule de trachéotomie (EMC : traité de chirurgie, trachéotomie chirurgicale)

La durée moyenne est de 5 à 15 minutes. Les coûts des différents kits varient entre 200 et 300 euros.

Cette technique semble particulièrement indiquée chez les patients brûlés en termes de diminution d'infection locale (18).

La trachéotomie par voie percutanée est réalisée à l'aveugle. Les principales complications, communes à toutes les techniques sont les hémorragies, les infections du site opératoire évoluant vers une cellulite ou épiglottite, les colonisations bactériennes et pneumopathies nosocomiales, les granulomes, les fistules, un emphysème. Les complications que l'on peut encore retenir sont une éventuelle éversion des cartilages trachéaux, avec un risque de sténose trachéale et une lésion éventuelle de la paroi trachéale postérieure pour les techniques de dilatation à la bougie et une ré-intubation difficile.

1.5.2 Trachéotomie par abord chirurgical

La technique de trachéotomie chirurgicale a été introduite par le laryngologiste américain Jackson au XIXème siècle.

Pour la réalisation de l'intervention dans des conditions optimales, le patient doit être sédaté, en décubitus dorsal, la tête en hyperextension, par le biais d'un billot.

Une détersion suivie d'une désinfection cutanée est réalisée avant la mise en place de champs stériles. Une incision de la peau et des tissus sous-cutanés jusqu'à l'aponévrose cervicale superficielle est réalisée au bistouri, 2 cm au-dessus de la fourchette sternale. La seconde étape de la procédure consiste en la dissection de la ligne blanche tout en veillant à récliner les muscles infra-hyoïdiens ainsi que les structures vasculaires. L'isthme thyroïdien peut être refoulé ou sacrifié au péril d'un risque hémorragique majoré.

Ensuite, la trachée est incisée. A la tête du patient, l'anesthésiste interrompt la ventilation en dégonflant le ballonnet avec accord de l'opérateur principal. La sonde d'intubation est lentement retirée sous contrôle de la vue avec possibilité de ré-intubation en cas de canulation difficile. La canule est mise en place à l'aide d'un mandrin puis la ventilation mécanique est reprise.

La durée moyenne de réalisation est de 20 minutes (20).

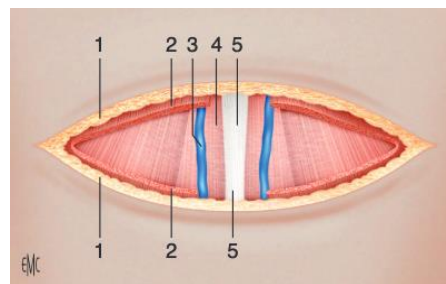


Figure 8 : Exposition de la ligne blanche. 1. Peau et tissu cellulaire sous-cutané ; 2. muscle peaucier du cou ; 3. veine jugulaire antérieure ; 4. muscles infra-hyoïdiens ; 5. ligne blanche. (EMC : traité de chirurgie trachéotomie chirurgicale)

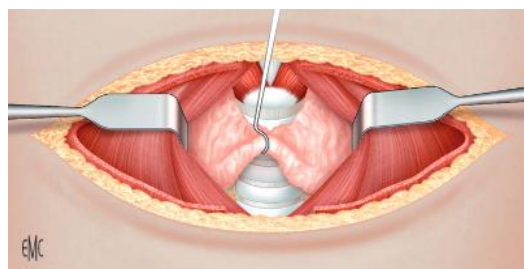


Figure 9 : Trachéotomie sous isthmique (EMC : traité de chirurgie trachéotomie chirurgicale)

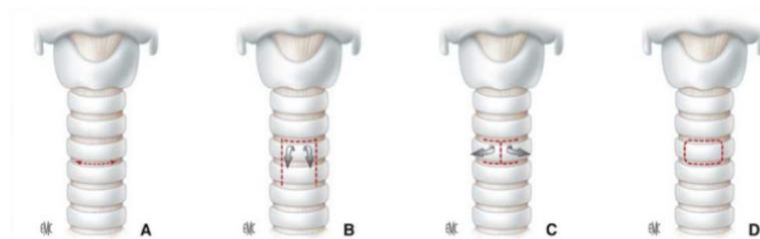


Figure 10 : Incisions trachéales. A. Incision inter-annulaire. B. Volet à charnière inférieure. C. Incision en « H » inversé. D. Résection d'un ou de deux anneaux trachéaux. (EMC : traité de chirurgie trachéotomie chirurgicale)

1.5.3 Choix de la technique

Dans une étude multicentrique internationale menée dans 59 pays et publiée en 2015 dans JAMA Surgery, la trachéotomie percutanée par dilatation unique a été la technique la plus fréquemment utilisée dans les services de soins intensifs (41,6 %), devant la trachéotomie chirurgicale (24,1 %). Cette étude souligne l'évolution des pratiques en faveur de la voie percutanée, notamment dans les unités de réanimation.

Les recommandations actuelles, notamment celles de la Société Française d'Anesthésie et de Réanimation (SFAR), privilégient la trachéotomie percutanée comme technique de première intention pour les indications d'origine respiratoire, sauf en cas de contre-indications spécifiques. Parmi celles-ci figurent l'existence d'anomalies anatomiques (goître, antécédent de chirurgie ou radiothérapie cervicale), une coagulopathie non corrigée, une infection locale, ou encore une anatomie défavorable (obésité, cou court, absence de repères cliniques).

Avant la réalisation d'une trachéotomie, la SFAR recommande de pratiquer une échographie cervicale systématique afin d'identifier la position de la glande thyroïde, de repérer d'éventuels vaisseaux traversant la ligne médiane et d'évaluer la profondeur trachéale. Cette étape permet de sécuriser la procédure, d'anticiper les difficultés et d'éviter certaines complications hémorragiques.

En pratique, le choix entre trachéotomie percutanée et chirurgicale doit tenir compte non seulement des facteurs anatomiques et cliniques du patient, mais aussi de l'expérience et des habitudes de l'équipe médicale. Les recommandations insistent sur l'importance de privilégier la technique la mieux maîtrisée au sein de l'unité, qu'elle soit percutanée ou chirurgicale (1).

1.5.4 Types de canules

Il existe différents types de canules de trachéotomie. Elles se différencient d'abord par leur diamètre interne, corrélé à la morphologie du patient. Le plus souvent les femmes bénéficient de canules de 7mm et les hommes de canules de 8 ou 9 mm. La longueur de la canule est proportionnelle au diamètre interne.

Les canules à ballonnets sont utilisées chez les patients nécessitant une ventilation mécanique afin de maintenir une pression de ventilation satisfaisante et de limiter le

risque d'inhalation. Ces canules peuvent être changées pour des canules sans ballonnets lorsque la ventilation mécanique n'est plus nécessaire.

Certaines canules sont dites fenêtrées lorsqu'elles sont ponctuées pour permettre le passage d'air et permettre ainsi une phonation audible.

Il est possible d'ajouter une chemise interne qui peut être retirée, lavée et changée. L'intérêt de pouvoir la retirer en cas de constitution d'un bouchon muqueux.

La valve phonatoire est un dispositif destiné exclusivement aux canules trachéales fenêtrées. Elle fonctionne comme un clapet unidirectionnel qui se ferme à l'expiration, redirigeant ainsi le flux d'air vers le larynx. Cela permet la mise en vibration des cordes vocales et rend possible la phonation chez le patient trachéotomisé.



Figure 11 : canule de trachéotomie fenêtrée (à gauche) avec chemise interne non-fenêtrée (au centre), fenêtrée (à droite) et le mandrin de mise en place de la canule (entre les deux chemises internes) (source : www.adom-materiel-medical.com).

1.5.5 Contre-indications à la trachéotomie

Les contre-indications à la réalisation d'une trachéotomie percutanée sont principalement liées aux situations d'urgence, notamment en cas d'instabilité hémodynamique, en cas de troubles de l'hémostase non corrigés (plaquettes $< 50\,000\text{ mm}^{-3}$, international normalized ratio [INR] $> 1,5$, temps de céphaline activée [TCA] supérieur à deux fois le témoin), ou lorsque l'abord de la trachée est compromis. C'est le cas par exemple d'un rachis cervical instable empêchant l'hyperextension, d'une plaie ou d'une infection antérieure du cou, d'antécédents de chirurgie ou de radiothérapie cervicale, ou encore de la difficulté à identifier les repères anatomiques ; fréquente en cas d'obésité, de cou court, de goitre thyroïdien ou de raideur cervicale. Les troubles de l'hématose sévères (pression partielle de l'oxygène/fraction inspirée en oxygène $[\text{PaO}_2/\text{FiO}_2] < 100$ avec une pression expiratoire positive [PEP] $> 10\text{ cmH}_2\text{O}$) sont également une contre-indication. La présence de tumeurs malignes des voies aériennes supérieures constitue également une contre-indication. Enfin, le refus de la famille et/ou du patient ou les situations de

limitation thérapeutique contre-indiquent la réalisation d'une trachéotomie en réanimation.

À l'inverse, la trachéotomie chirurgicale ne présente pas de contre-indication absolue en cas de situation de sauvetage des voies aériennes. Elle demeure réalisable dans l'ensemble de ces situations et constitue l'alternative privilégiée lorsque la voie percutanée est contre-indiquée ou jugée techniquement difficile. Elle est ainsi souvent pratiquée par défaut en cas de complexité anatomique ou de conditions locales défavorables. En situation d'urgence vitale, notamment lors d'une détresse respiratoire aiguë avec échec ou impossibilité d'intubation, elle représente parfois la seule option disponible.

1.6 Complications de la trachéotomie

1.6.1 Complications per-opératoires

Le taux de complications relatif à la procédure fait état de 3,2 %, sans différence selon la méthode utilisée (22,23). La mortalité associée aux complications varie de 1,6 à 3% (24). Le principal facteur de risque de survenue de complication identifié est l'obésité (22).

Les complications péri-opératoires surviennent durant l'intervention ou dans les heures qui suivent la trachéotomie. La principale complication est la survenue d'une hémorragie avec une prévalence variant de 0,8% à 5% (25). Parmi les complications péri-opératoires associées à la trachéotomie, certaines peuvent être graves. L'une des plus redoutées est l'insertion de la canule dans un faux chenal, c'est-à-dire en dehors de la lumière trachéale. Cette mauvaise trajectoire peut entraîner une apnée brutale, car l'oxygène ne parvient plus aux poumons, mettant en jeu le pronostic vital si elle n'est pas rapidement reconnue et corrigée.

D'autres structures anatomiques proches de la trachée peuvent être lésées lors de la procédure. C'est le cas de l'œsophage, situé juste en arrière de la trachée, qui peut être perforé en cas de dissection profonde ou de mauvaise orientation des instruments. Le cartilage cricoïde, partie basse du larynx jouant un rôle clé dans la stabilité de la trachée, peut également être endommagé, ce qui risque de compromettre la fonction laryngée ou de provoquer une sténose à long terme.

Enfin, le nerf laryngé inférieur gauche (ou nerf récurrent gauche), qui assure l'innervation motrice des cordes vocales, longe la trachée dans son trajet vers le larynx. Il peut être étiré, comprimé, voire sectionné lors de la trachéotomie, entraînant une paralysie des cordes vocales avec des troubles de la phonation, voire un risque d'inhalation.

Une complication rare est l'embrasement de la trachée en cas d'incision de la trachée au bistouri électrique en fraction inspirée d'oxygène maximale.

1.6.2 Complications postopératoires précoces

Les complications post-opératoires sont également marquées par la survenue d'une hémorragie (18), favorisées par les efforts de toux et l'hypertension artérielle post-

opératoire. Une dyspnée peut également survenir par divers mécanismes. Il peut se former un bouchon muqueux provoquant une obstruction de canule. De même, la formation d'un tissu de granulation sous la canule obstrue partiellement la voie aérienne haute. Sa levée nécessite parfois une reprise chirurgicale. Les mobilisations de canules peuvent être à l'origine de trajets aberrants et provoquer un pneumothorax voire un pneumomédiastin. Enfin, les complications post-opératoires sont marquées par les infections locales qui, si non prises en charges précocement par notamment des soins locaux, peuvent évoluer vers une cellulite puis une médiastinite.

1.6.3 Complications postopératoires tardives

Les complications tardives regroupent les sténoses laryngo-trachéales. Ce type de complication, favorisé par l'obésité, une trachéotomie trop haute ou latérale et une longue durée d'intubation orotrachéale, se traduit par une dyspnée inspiratoire après décanulation. De rares cas de fistules trachéo-oesophagiennes peuvent également survenir.

La mortalité liée à la trachéotomie est le plus souvent relative aux comorbidités plutôt qu'à la trachéotomie en tant que telle. Cracco et al. décrivent un taux de mortalité de 28% en réanimation et 42% en intra-hospitalier chez les patients trachéotomisés (26). Ce taux élevé s'explique par le fait que les patients requérant une trachéotomie correspondent à la population ayant les scores de sévérité à l'admission en réanimation les plus importants et que l'état basal des patients présage d'une dégradation clinique à plus ou moins long terme.

Une absence de fermeture spontanée du trachéostome après 15 jours peut nécessiter une fermeture chirurgicale après contrôle fibroscopique permettant d'écarter la présence de sténose trachéale. Si l'orifice est de faible diamètre, un traitement par pansement cicatrisant de type colloïde peut être suffisant.

2 Patients neurolésés

2.1 Définition

Un patient neurolésé est défini comme un patient présentant une atteinte aiguë du système nerveux central, qu'elle soit d'origine traumatique, vasculaire, infectieuse, tumorale ou autre. Cette atteinte se traduit par des troubles majeurs des fonctions vitales, tels qu'une altération de la conscience, des troubles respiratoires, des instabilités hémodynamiques ou des désordres métaboliques. Les principales pathologies concernées incluent les traumatismes crâniens graves, les hémorragies cérébrales, les infarctus cérébraux étendus, les encéphalites, les atteintes médullaires aiguës, ainsi que les états de mal épileptiques réfractaires.

L'hospitalisation dans un service de neuro-réanimation ou réanimation neurochirurgicale s'impose pour ces patients en raison de la gravité immédiate de leur état et de la nécessité d'une prise en charge spécialisée. En premier lieu, la

réanimation permet une surveillance neurologique rapprochée, indispensable pour détecter toute aggravation, qu'elle soit clinique (détérioration de la conscience, anisocorie) ou paraclinique (évolution de la pression intracrânienne, altération du doppler transcrânien). La surveillance est couplée à une évaluation répétée de l'état de conscience.

La gestion des défaillances des grandes fonctions vitales est un autre pilier central. Les patients neurolésés présentent fréquemment des altérations du contrôle ventilatoire et une instabilité hémodynamique nécessitant une assistance mécanique, que ce soit par ventilation mécanique invasive ou par soutien vasopresseur. La protection des voies aériennes est également essentielle afin notamment de prévenir les inhalations et l'acquisition de pneumopathies.

L'intérêt de la réanimation neurochirurgicale réside également dans la prévention des lésions secondaires, qui aggravent le pronostic initial. Il s'agit notamment de lutter contre l'œdème cérébral, d'optimiser la perfusion cérébrale, de contrôler la température corporelle, d'éviter les crises convulsives et de prévenir les infections nosocomiales. La possibilité de recourir rapidement à des gestes neurochirurgicaux constitue un atout majeur.

Pour répondre à ces objectifs, plusieurs moyens spécifiques sont mis en œuvre en réanimation neurochirurgicale. Le monitoring neurologique, comprenant la mesure de la pression intracrânienne ou du débit sanguin cérébral, permet d'orienter la prise en charge thérapeutique. La ventilation mécanique est adaptée de manière à contrôler la capnie afin d'éviter les fluctuations délétères de la pression intracrânienne. L'optimisation hémodynamique est également primordiale pour assurer une pression de perfusion cérébrale adéquate, avec si besoin l'utilisation de vasopresseurs.

Sur le plan thérapeutique, des mesures spécifiques telles que l'osmothérapie, l'induction d'une sédation profonde, voire la réalisation d'une hypothermie thérapeutique dans certains centres, sont employées pour protéger le cerveau de l'ischémie secondaire. Enfin, une attention particulière est portée à la nutrition, à la mobilisation précoce, à la prévention des complications infectieuses et à la prise en charge métabolique.

En définitive, la réanimation neurochirurgicale offre aux patients neurolésés une approche intégrée, combinant surveillance intensive, maintien des fonctions vitales, traitements spécifiques et évaluation continue du pronostic, dans le but de maximiser leurs chances de survie et de récupération fonctionnelle.

2.2 Hémorragies sous-arachnoïdiennes

2.2.1 Généralités

L'hémorragie sous-arachnoïdienne (HSA) est définie comme un épanchement de sang dans l'espace sous-arachnoïdien, situé entre la membrane arachnoïdienne et la pie-mère. Elle survient le plus souvent de manière spontanée, secondaire à la rupture d'un anévrisme intracrânien dans 80 à 85 % des cas. Plus rarement, elle peut être d'origine traumatique ou secondaire à une malformation vasculaire.

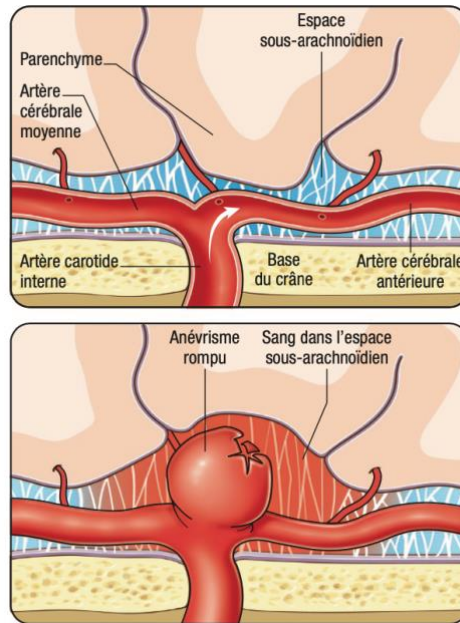


Figure 12 : Position du polygone de Willis dans l'espace sous-arachnoïdien. Lorsqu'un anévrisme se forme et qu'il se rompt, cela va entraîner une issue de sang dans le LCS, correspondant à une HSA (Source : CEN, 2019)

Sur le plan épidémiologique, l'incidence mondiale de l'HSA est estimée entre 6 et 9 cas pour 100 000 habitants par an. En France, l'incidence est évaluée autour de 7 cas pour 100 000 habitants par an. L'HSA touche des patients relativement jeunes, avec un âge médian autour de 55 ans, et concerne plus fréquemment les femmes que les hommes.

Les principaux facteurs de risque identifiés sont l'hypertension artérielle, le tabagisme actif, l'alcoolisme chronique, ainsi que les antécédents familiaux d'anévrisme intracrânien ou d'HSA. D'autres facteurs, comme certaines maladies génétiques (polykystose rénale autosomique dominante, dysplasie fibro-musculaire), le sexe féminin et l'âge avancé, sont également reconnus.

L'évolution de l'HSA est marquée par une grande hétérogénéité. Elle peut se limiter à une HSA dite "simple", avec un saignement peu abondant et sans complication immédiate, ou au contraire se compliquer d'un tableau grave associant coma, hydrocéphalie aiguë, hémorragie intra-parenchymateuse associée, ou ischémie cérébrale retardée secondaire au vasospasme. La mortalité hospitalière varie de 25 à 40 % selon les séries, et environ un tiers des survivants présentent des séquelles neurocognitives sévères. La classification de Fisher, basée sur l'imagerie initiale, permet d'estimer le risque de complications ischémiques selon la quantité de sang sous-arachnoïdien visible au scanner.

Tableau 29.2. Échelle scanographique de Fisher.

Grade	Aspect du scanner
1	Absence de sang
2	Dépôts de moins de 1 mm d'épaisseur
3	Dépôts de plus de 1 mm d'épaisseur
4	Hématome parenchymateux ou hémorragie intraventriculaire

(Source : CEN, 2019.)

Figure 13 : Échelle scanographique de Fisher (Source : CEN, 2019)

Le diagnostic de l'HSA repose en premier lieu sur la clinique, notamment la survenue brutale d'une céphalée d'intensité maximale ("céphalée en coup de tonnerre"), fréquemment accompagnée de vomissements, d'une altération de la vigilance et de signes méningés. Le scanner cérébral sans injection constitue l'examen de première intention ; sa sensibilité est maximale dans les six premières heures suivant l'apparition des symptômes. En cas de scanner normal mais de forte suspicion clinique, une ponction lombaire est indiquée afin de rechercher une xanthochromie du liquide cébrospinal. Une fois le diagnostic confirmé, un angioscanner cérébral ou une artériographie numérisée est réalisée rapidement afin d'en rechercher l'étiologie, principalement un anévrisme intracrânien.

2.2.2 Prise en charge

La prise en charge initiale d'un patient victime d'hémorragie sous-arachnoïdienne repose sur l'admission en unité de soins critiques spécialisée, afin de prévenir les complications précoces et d'optimiser les chances de survie sans séquelles. Les objectifs principaux de la réanimation sont le maintien d'une perfusion cérébrale adéquate, la prévention du resaignement, et la surveillance du développement de complications secondaires telles que le vasospasme cérébral, l'hydrocéphalie ou les troubles hydroélectrolytiques.

Sur le plan hémodynamique, une attention particulière est portée à l'optimisation de la pression artérielle. Avant la sécurisation de l'anévrisme, il est recommandé de contrôler la pression artérielle afin de limiter le risque de resaignement, avec des cibles tensionnelles variables selon les centres, souvent autour de 120 à 140 mmHg de pression artérielle systolique. Après exclusion de l'anévrisme (par embolisation endovasculaire ou clip chirurgical), une stratégie d'augmentation modérée de la pression artérielle peut être envisagée en cas de suspicion de vasospasme.

2.2.3 Complications

La prévention du resaignement repose sur la sécurisation rapide de l'anévrisme rompu, idéalement dans les 24 à 48 heures suivant le diagnostic, par voie endovasculaire ou chirurgicale, en fonction de l'accessibilité et de la morphologie anévrysmale. En attendant cette intervention, la mise au repos strict, la sédation

éventuelle, et la correction des troubles de l'hémostase (notamment en cas de traitement anticoagulant préalable) sont recommandées.

Le risque de vasospasme cérébral, qui survient classiquement entre le 3^e et le 14^e jour après l'HSA, est un enjeu majeur de la surveillance réanimatoire. Il survient dans 30 % des cas. Sa prévention repose sur l'administration systématique de Nimodipine, qui a démontré son efficacité à réduire les séquelles neurologiques. Le monitoring clinique régulier, l'échographie doppler transcrânienne, et parfois le recours à des examens d'imagerie (angioscanner ou angiographie) permettent de détecter précocement les signes de vasospasme. La prise en charge inclut l'optimisation hémodynamique (induction d'une hypertension artérielle contrôlée) et, dans les formes sévères, des gestes de sauvetage endovasculaires (angioplastie ou perfusion intra-artérielle de vasodilatateurs).

L'hydrocéphalie aiguë est une autre complication fréquente, rencontrée chez 20 à 30% des patients. Elle résulte de l'obstruction des voies d'écoulement du liquide cébrospinal par les caillots sanguins. Elle se manifeste par une dégradation brutale de la vigilance, des troubles de la conscience et peut conduire à une hypertension intracrânienne menaçante. Son traitement repose sur le drainage ventriculaire externe, qui permet une évacuation contrôlée du liquide et une mesure de la pression intracrânienne.

Par ailleurs, l'ischémie cérébrale retardée, conséquence directe du vasospasme ou d'un état de bas débit cérébral, constitue un facteur déterminant de mauvais pronostic fonctionnel. D'autres complications systémiques peuvent survenir au cours de l'évolution comme des troubles électrolytiques (hyponatrémie, notamment par syndrome de sécrétion inappropriée d'ADH ou perte de sel d'origine centrale), dysfonctionnements cardiaques (tels que le Tako-Tsubo-like syndrome, secondaire au stress neurologique), troubles respiratoires, et infections nosocomiales (pneumopathies, infections urinaires).

La prise en charge en réanimation doit donc être globale, intégrant une surveillance neurologique stricte, un monitoring hémodynamique continu, et une gestion proactive des complications pour limiter l'impact de ces événements secondaires sur le pronostic à long terme.

Traumatismes crâniens

2.2.4 Rappels physiopathologiques

Rappelons une formule indispensable : $PPC = PAM - PIC$.

La PPC (pression de perfusion cérébrale) doit être supérieure à 70 mmHg pour permettre une perfusion cérébrale suffisante. Cette dernière dépend de deux paramètres sur lesquels une action est possible :

- La PIC (pression intracrânienne) augmente dans les situations d'hypoxie, d'hypercapnie, d'acidose, d'agitation, de douleur, d'hyperthermie ;
- La PAM (pression artérielle moyenne) diminue dans les situations d'hypovolémie, d'utilisation d'hypnotiques à visée de sédation de neuroprotection.

Afin de maintenir une PPC suffisante, il faut donc maintenir une PAM > 90 mmHg et maintenir une PIC basse. Cela n'est possible qu'en maîtrisant les agressions cérébrales secondaires d'origine systémique (ACSOS).

Tableau 13.2. Les agressions cérébrales secondaires d'origine systémique (ACSOS)*.

ACSOS	Savoir rechercher et corriger
Hypothermie	Hémorragie
Hyperthermie	Réponse au stress
Hypoglycémie	Diabète
Hyperglycémie	Réponse au stress
Hypoxémie (cyanose)	Dyspnée (centrale ou périphérique)
Hypercapnie	Trouble ventilatoire
Hypotension artérielle	Hémorragie, collapsus cardiaque, trouble du rythme cardiaque
Hypertension artérielle	Douleur
Anémie	Saignement

*Devant tout traumatisme crânien, il existe des dysfonctionnements qui peuvent aggraver les lésions cérébrales primaires : les ACSOS à corriger et normaliser les paramètres.

Figure 14 : Les agressions cérébrales secondaires d'origine systémique (ACSOS). ((Source : CEN, 2019)

2.2.5 Mécanismes

Les traumatismes crâniens sont cinétiques ; la tête, supportée par le rachis cervical, ne reste jamais immobile. L'impact va entraîner une déformation voire une rupture des enveloppes (plaie du scalp, fracture) pouvant entraîner des lésions secondaires comme les hématomes intracrâniens. L'énergie du choc non consommée par les enveloppes sera transmise au cerveau.

Le déplacement cérébral provoque des lésions lobaires focales, d'attrition et de contusion, fréquemment rencontrées en regard des lobes frontaux, temporaux et occipitaux. Dans le tissu cérébral, l'énergie se dissipe en provoquant des lésions d'étirement et cisaillement dans la matière blanche, les lésions axonales diffuses.

On distingue les lésions primaires, conséquence directe de l'impact, et les lésions secondaires, qui se déclenchent de façon retardée (de quelques heures ou jours). Si les lésions primaires sont inévitables, les secondaires doivent être soigneusement dépistées, prévenues et traitées le cas échéant. Il est donc essentiel de prévenir, identifier et corriger les agressions cérébrales secondaires d'origine systémique.

Les traumatismes crâniens sont classés selon l'échelle de Glasgow (Glasgow Coma Scale, GCS) en trois catégories, qui conditionnent la prise en charge initiale et le pronostic. Un traumatisme crânien est dit léger lorsque le score de GCS est compris entre 13 et 15 ; ces patients présentent rarement des lésions cérébrales à l'imagerie et peuvent souvent être surveillés en structure d'urgence ou en hospitalisation conventionnelle. On parle de traumatisme modéré pour un score de 9 à 12 ; ces patients nécessitent une surveillance rapprochée car ils présentent un risque accru d'aggravation secondaire. Le traumatisme crânien est considéré comme grave lorsque le GCS est inférieur ou égal à 8 à la prise en charge, ce qui justifie une admission immédiate en réanimation, une intubation orotrachéale, un monitoring de la pression intracrânienne (PIC) et des mesures thérapeutiques intensives.

2.2.6 Prise en charge et évolution

En réanimation, la prise en charge vise à maintenir une perfusion cérébrale adéquate et à éviter les lésions secondaires, qui sont associées à un pronostic défavorable. Cela implique le contrôle rigoureux de l'oxygénation, de la ventilation et de la pression artérielle, ainsi que la gestion de la PIC (objectif < 20 mmHg) et de la pression de perfusion cérébrale (PPC, cible > 60-70 mmHg). Les moyens thérapeutiques incluent une sédation profonde, la mise en place d'une ventilation mécanique contrôlée, une osmothérapie (par mannitol ou solution saline hypertonique selon les centres), voire des gestes chirurgicaux tels que la craniectomie décompressive en cas d'hypertension intracrânienne réfractaire aux traitements médicaux. L'ensemble de la stratégie repose sur une approche multidisciplinaire incluant réanimateurs, neurochirurgiens et radiologues.

La mortalité associée aux traumatismes crâniens graves reste élevée malgré les progrès réalisés. Elle est estimée entre 30 et 40 % dans les centres spécialisés, et peut atteindre plus de 50 % dans les cas les plus sévères, notamment en présence de lésions axonales diffuses, de contusions hémorragiques multiples ou de retard de prise en charge. En parallèle, les patients survivants présentent un risque majeur de séquelles neurologiques invalidantes, qu'elles soient motrices, cognitives, comportementales ou psychiatriques. Le pronostic fonctionnel dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels l'âge, le score de Glasgow initial, la nature et l'étendue des lésions à l'imagerie, les comorbidités et la qualité de la prise en charge initiale.

Dans ce contexte, un séjour en réanimation neurochirurgicale est indispensable. Il permet de mieux prévenir les agressions cérébrales secondaires, d'optimiser la récupération neurologique, de limiter les complications systémiques (infections, troubles hydroélectrolytiques, défaillance multiviscérale). Le passage en réanimation neurochirurgicale constitue un déterminant majeur du pronostic vital et fonctionnel des patients.

2.2.7 Complications des traumatismes crâniens

2.2.7.1 Hématome extradural

L'hématome extradural (HED) est la plus rare des complications du traumatisme crânien (1 à 4 %). Il est plus fréquent chez l'adulte jeune. Dans sa forme pure, opérée précocement, le pronostic est bon. Néanmoins, la mortalité reste élevée (5 à 10 %) et augmente si les patients sont opérés en coma.

La description typique suit la séquence suivante : traumatisme crânien, perte de connaissance (trois quarts des cas), un retour à la conscience ; puis une aggravation rapide décalée, avec troubles de la conscience ; puis déficit moteur controlatéral et mydriase homolatérale (engagement temporal contre le tronc cérébral). C'est une urgence chirurgicale absolue.

2.2.7.2 Hématome sous-dural aigu

En cas d'hématome sous-dural (HSD) aigu, les troubles de la conscience sont fréquents et précoces. Les signes cliniques sont ceux de troubles de la conscience

jusqu'au coma le plus souvent ; les signes de localisation et d'engagements sont fonction de la localisation de l'HSD aigu.

L'HSD aigu est le plus souvent associé à des contusions cérébrales qui font le pronostic du traumatisme crânien encéphalique ; il survient après un traumatisme violent. La mortalité est très élevée (40 à 90 % des cas). L'âge avancé du patient et un important effet de masse sont corrélés à un mauvais pronostic.

2.2.7.3 Hémorragie sous-arachnoïdienne (HSA)

L'hémorragie sous-arachnoïdienne (HSA) ou hémorragie méningée, traumatique, est souvent associée à une contusion cérébrale ou un HSD aigu. Lorsqu'elle est pure, elle doit faire rechercher une autre cause comme la rupture d'un anévrisme artériel ayant provoqué un malaise inaugural, puis un traumatisme.

Les signes cliniques sont ceux d'un syndrome méningé non traumatique : céphalées, phono- photophobie, nausées et vomissements, fébricule ; le patient est prostré, somnolent, avec raideur de nuque, signes de Brudzinski et de Kernig (contracture réflexe des muscles paravertébraux).

Au scanner, l'HSA apparaît comme une hyperdensité spontanée des espaces sous-arachnoïdiens.

Le traitement est médical et symptomatique. L'évolution spontanée est habituellement favorable en quelques jours, mais il persiste le risque d'hydrocéphalie chronique à plus long terme.

2.2.7.4 Lésions axonales diffuses

Les lésions axonales diffuses sont souvent associées à un coma d'emblée. Elles témoignent de dilacérations axonales diffuses, correspondant à des mécanismes de flexion/ rotation. Elles peuvent se traduire au scanner par des petits foyers hyperdenses disséminés, mais souvent le scanner initial ne permet pas de les détecter, et c'est l'IRM (à distance) qui les révélera.

2.3 Accident vasculaire de fosse postérieure

2.3.1 Anatomie

La fosse postérieure du crâne contient des structures neurologiques majeures : le tronc cérébral (bulbe rachidien, pont, mésencéphale), le cervelet, ainsi que les nerfs crâniens III à XII. Elle est vascularisée par le système vertébro-basilaire, formé de l'union des artères vertébrales donnant naissance au tronc basilaire, qui se divise en artères cérébrales postérieures. Les branches principales incluent l'artère cérébelleuse postéro-inférieure (PICA), l'artère cérébelleuse antéro-inférieure (AICA), et l'artère cérébelleuse supérieure (SCA). Ces vaisseaux irriguent le tronc cérébral, les pédoncules cérébelleux et le cervelet. La moindre ischémie dans ce territoire peut entraîner une atteinte clinique sévère, du fait de la proximité avec les centres de régulation autonomes, les voies de conduction motrices et sensitives, ainsi que les noyaux des nerfs crâniens.

2.3.2 Présentation clinique

D'un point de vue anatomoclinique, les tableaux varient en fonction du territoire atteint. L'atteinte du bulbe latéral, par occlusion de la PICA, se traduit classiquement par un syndrome de Wallenberg, associant dysphagie, dysphonie, hoquet persistant, anesthésie thermoalgique croisée (atteinte homolatérale de la face et controlatérale du corps), un syndrome cérébelleux homolatéral et des troubles de la déglutition. L'atteinte pontique peut entraîner un syndrome de désafférentation motrice sévère, voire un locked-in syndrome, en cas d'atteinte bilatérale des voies pyramidales avec préservation de la conscience et des mouvements oculaires verticaux. Un infarctus cérébelleux peut quant à lui engendrer des troubles de l'équilibre, une ataxie, et en cas d'œdème expansif, une compression secondaire du tronc cérébral, alors responsable d'une détérioration rapide du niveau de conscience ou d'un engagement transforaminal.

Les troubles de la déglutition (dysphagie) et de la phonation (dysphonie) fréquemment observés dans les accidents vasculaires cérébraux d'origine bulbaire s'expliquent par l'atteinte des noyaux des nerfs crâniens localisés au sein du bulbe rachidien, ainsi que de leurs connexions centrales et périphériques.

Le bulbe rachidien, portion inférieure du tronc cérébral, joue un rôle central dans le contrôle des fonctions végétatives, respiratoires et oropharyngées. Il contient notamment le noyau ambigu, qui est le centre d'origine des fibres motrices du nerf vague (X) et du nerf glossopharyngien (IX). Ces deux nerfs innervent les muscles du pharynx, du larynx et du voile du palais, essentiels à une déglutition efficace et à une phonation normale. L'atteinte ischémique de ce noyau compromet donc directement la motricité pharyngolaryngée.

Par ailleurs, le bulbe abrite le noyau du tractus solitaire, centre de réception des afférences sensitives du IX et du X, impliqué dans l'initiation du réflexe de déglutition. Son atteinte diminue la sensibilité du pharynx et du larynx, ce qui altère la perception des corps étrangers et augmente le risque de fausses routes. Le noyau hypoglosse (XII), également situé dans le bulbe, innerve les muscles de la langue. Lorsqu'il est atteint, la motricité linguale est altérée, rendant difficile la propulsion du bol alimentaire vers l'oropharynx.

Enfin, la désorganisation des circuits entre les centres bulbaires responsables de la déglutition, de la phonation et de la respiration perturbe la coordination fine entre l'acte de déglutition et l'occlusion glottique réflexe. Cela entraîne une perte de synchronisation entre respiration et déglutition, majorant le risque de pénétration laryngée et d'aspiration trachéale.

Ainsi, les AVC bulbaires, notamment ceux touchant la portion latérale du bulbe dans le cadre d'un infarctus de type Wallenberg, engendrent une dysphagie sévère, souvent associée à une dysphonie, à un hoquet persistant, et à une abolition du réflexe nauséeux. Ces altérations justifient fréquemment la mise en place d'une trachéotomie en réanimation, afin d'assurer la protection des voies aériennes, de faciliter le sevrage ventilatoire et de permettre une rééducation fonctionnelle de la déglutition en toute sécurité.

2.3.3 Évolution

Chez certains patients présentant une atteinte bulbaire sévère, une trachéotomie prolongée voire définitive peut être nécessaire, en fonction de l'évolution neurologique.

Le devenir fonctionnel des patients ayant présenté un AVC de la fosse postérieure est très variable. Si la récupération motrice peut être favorable, notamment en cas d'atteinte cérébelleuse isolée, les séquelles dysphagiques, vocales et respiratoires en cas d'atteinte bulbaire sont fréquentes. Une trachéotomie bien posée dans les délais adéquats peut améliorer significativement le pronostic fonctionnel, notamment en réduisant la durée de ventilation mécanique et d'hospitalisation en réanimation. À plus long terme, le retour à domicile est possible, mais souvent après une phase prolongée de rééducation, avec parfois une dépendance partielle persistante.

3 Conclusion

Dans le cadre de cette thèse, nous nous proposons de réaliser une revue de la morbi-mortalité liée à la trachéotomie en réanimation neurochirurgicale (RNC). La trachéotomie est un geste fréquent dans ce contexte, mais reste grevée de complications potentielles et suscite encore de nombreuses interrogations quant à son anticipation, son timing optimal, et ses conséquences à court et long terme. Nous chercherons à mieux caractériser les profils des patients neurochirurgicaux trachéotomisés, en identifiant leurs principales pathologies, le contexte de réalisation du geste, les indications retenues (troubles de la vigilance prolongés, dysphagie, dépendance ventilatoire, etc.) et les critères décisionnels retenus en pratique.

L'objectif de ce travail est également d'évaluer s'il est possible d'anticiper précocement la nécessité d'une trachéotomie chez ces patients, sur la base de paramètres cliniques (score de Glasgow, durée d'intubation, réflexes du tronc cérébral), radiologiques (localisation et étendue des lésions cérébrales ou du tronc, hydrocéphalie, engagement), biologiques (marqueurs de sévérité, inflammation) et évolutifs (absence de sevrage ventilatoire au 5^{ème} ou 7^{ème} jour, infections respiratoires). Une telle prédiction précoce pourrait permettre une meilleure stratification des patients, une planification plus adaptée des soins, et potentiellement une amélioration du pronostic respiratoire, neurologique et fonctionnel.

À travers cette revue, nous ambitionnons ainsi d'apporter un éclairage pertinent sur les déterminants cliniques de la décision de trachéotomie en réanimation neurochirurgicale (RNC), les profils à haut risque, et les conséquences à court, moyen et long terme de cette procédure dans cette population si particulière.

Article

1 Introduction

La trachéotomie est une procédure médico-chirurgicale couramment utilisée en réanimation, principalement dans le cadre du sevrage ventilatoire chez les patients nécessitant une ventilation mécanique prolongée ou présentant un échec d'extubation (6). Au cours des dernières décennies, l'amélioration des techniques et la formation des équipes médicales ont contribué à standardiser cette pratique, la rendant largement accessible et maîtrisée.

De nombreuses études ont mis en évidence les bénéfices de la trachéotomie en réanimation. Elle permet notamment de réduire les besoins en sédation et en analgésie, d'améliorer le confort des patients, de faciliter la communication et l'alimentation orale, ainsi que d'optimiser la prise en charge des sécrétions bronchiques (1,4,5,7). Sur le plan respiratoire, elle contribue à diminuer le travail ventilatoire et à favoriser le sevrage de la ventilation mécanique. Par ailleurs, elle facilite la mobilisation précoce et la rééducation, éléments clés dans le parcours de soins des patients critiques (14,16).

Chez les patients neurolésés, la trachéotomie occupe une place particulière. Les altérations de la conscience, les troubles de la déglutition et la défaillance des mécanismes de protection des voies aériennes exposent ces patients à un risque accru d'inhalation et de dépendance ventilatoire prolongée. Dans ce contexte, la trachéotomie est fréquemment envisagée afin de sécuriser les voies aériennes et de permettre une prise en charge respiratoire adaptée.

La question du moment optimal de réalisation de la trachéotomie reste cependant débattue. Si certaines études suggèrent qu'une trachéotomie précoce, généralement définie entre le 7^e et le 10^e jour de ventilation mécanique (6,10), pourrait être associée à une réduction de la durée de ventilation et du séjour en réanimation, les résultats demeurent hétérogènes (9,12). Aucun bénéfice clair sur la mortalité ou le devenir fonctionnel n'a été démontré de manière constante, laissant persister une incertitude quant au timing optimal de la procédure.

Malgré l'abondance de données sur les indications et le timing de la trachéotomie, peu d'études se sont intéressées de manière spécifique aux caractéristiques des patients neurolésés trachéotomisés, en dehors de la pathologie initiale (4). De plus, les pratiques peuvent varier selon les centres, notamment en ce qui concerne la technique utilisée.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude était de décrire les caractéristiques des patients trachéotomisés en neuro-réanimation au sein du CHU de Lille, et d'identifier les facteurs associés à la mortalité, à l'échec de décanulation ainsi qu'aux complications liées à cette procédure.

2 Matériel et méthodes

2.1 Design de l'étude

Nous avons réalisé une étude observationnelle de cohorte, rétrospective, monocentrique au sein du service de Réanimation Neurochirurgicale du CHU de Lille. La réanimation neurochirurgicale du CHU de Lille est un service comprenant 36 lits divisés en 24 lits de réanimation, 6 lits de surveillance continue et 6 lits de soins intensifs post-opératoires. Les données ont été extraites de l'entrepôt de données hospitalières du CHU de Lille (projet INCLUDE).

La base de données INCLUDE a été approuvée par la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) depuis 2019 (numéro d'autorisation : 1754053) (<https://www.legifrance.gouv.fr/cnil/id/CNILTEXT000039292712>).

L'entrepôt de données INCLUDE garantit aux chercheurs du CHU de Lille un traitement des données de bout en bout dans un environnement sécurisé et conforme au Règlement général sur la protection des données (RGPD).

2.2 Population

Les patients de l'étude sont inclus selon les critères suivants : ensemble des patients hospitalisés au CHU de Lille en réanimation neurochirurgicale, de 2016 à 2024, pour une durée d'au moins 48 heures, ayant bénéficié d'une ventilation mécanique et d'une trachéotomie au cours de leur séjour. Les données concernées étaient issues du logiciel ICCA.

Les patients s'étant opposés à la réutilisation de leurs données n'ont pas été inclus dans cette étude. Ceux qui étaient porteurs d'une canule de trachéotomie en amont de l'admission et les patients mineurs étaient exclus.

2.3 Recueil de données

Le critère de jugement principal était l'étude de la morbidité associée à la trachéotomie ainsi que la recherche des facteurs de risque associés. Nous avons aussi étudié les échecs de décanulation et ses facteurs de risque.

Pour chacun des séjours inclus dans l'étude, les variables sont extraites de deux manières distinctes. D'une part, certaines variables, majoritairement structurées, sont extraites directement à partir des données d'ICCA par l'intermédiaire de requête SQL, puis de traitements avec le langage Python lorsque cela est nécessaire pour nettoyer les variables.

Pour les autres, les champs textes d'ICCA tels que les synthèses d'entrée, synthèse clinique, histoire de la maladie, antécédents et événements marquants comprenant des détails sur les conditions encadrant la réalisation de la trachéotomie ont été extraits, ainsi que les courriers de sortie du séjour. Ils ont ensuite été mis à disposition par l'intermédiaire d'un outil d'annotation, afin de compléter manuellement le recueil de données.

Les données ont été recueillies rétrospectivement à partir des dossiers médicaux informatisés.

2.3.1 Données démographiques et antécédents

Les variables démographiques comprenaient l'âge et le sexe. Les antécédents médicaux, notamment respiratoires, cardiovasculaires et neurologiques, ont également été recueillis.

2.3.2 Données neurologiques et de gravité

Les données neurologiques incluaient le motif d'admission (traumatisme crânien, hémorragie sous-arachnoïdienne, accident vasculaire cérébral ou autre pathologie neurologique), ainsi que le score de Glasgow à l'admission. La gravité globale était évaluée à l'aide du score IGS II à l'admission.

2.3.3 Données respiratoires et ventilatoires

Les variables respiratoires comprenaient :

- la durée de ventilation mécanique invasive avant trachéotomie (exprimée en heures ou en jours) ;
- la survenue de pneumopathie acquise sous ventilation mécanique (PAVM) avant et après trachéotomie ;
- le taux d'échec d'extubation.

2.3.4 Données liées à la trachéotomie

Les variables spécifiques à la trachéotomie comprenaient :

- le délai de réalisation de la trachéotomie (en jours à partir de l'admission) ;
- le contexte de réalisation (avec ou sans tentative préalable d'extubation) ;
- la technique utilisée (chirurgicale ou percutanée) ;
- la durée de ventilation mécanique après trachéotomie.

2.3.5 Données évolutives et complications

Les données évolutives incluaient :

- la durée de séjour en réanimation ;
- la mortalité intra-hospitalière ;
- le statut de décanulation ;
- l'échec de décanulation.

Les complications liées à la trachéotomie ont été analysées et classées en :

- complications précoces (saignements, complications locales inflammatoires) ;
- complications tardives (décanulation accidentelle, infections locales, complications trachéales).

2.3.6 Variables analysées en régression

Dans les analyses multivariées, les variables suivantes ont été étudiées en tant que facteurs potentiellement associés aux critères de jugement (mortalité, échec de décanulation, complications) :

- âge ;
- sexe ;
- score de Glasgow à l'admission ;
- score IGS II ;
- motif d'admission ;
- durée de ventilation mécanique avant trachéotomie ;
- délai de réalisation de la trachéotomie ;
- survenue de PAVM ;
- échec d'extubation ;
- facteurs cliniques fonctionnels (notamment troubles de la déglutition lorsque disponibles) ;
- anticoagulation curative ;
- technique de trachéotomie.

2.4 Statistiques

Les variables qualitatives sont exprimées en effectifs et pourcentages, et les variables quantitatives en moyenne $\pm$ écart-type ou en médiane avec intervalle interquartile selon leur distribution.

Les comparaisons ont été réalisées à l'aide de tests adaptés à la nature des variables (test du χ^2 ou test exact de Fisher pour les variables qualitatives, test de Student ou de Mann-Whitney pour les variables quantitatives).

Les facteurs associés aux issues d'intérêt ont été étudiés par régression logistique, en analyse bivariée puis multivariée. Les résultats sont exprimés en odds ratios (OR) avec leurs intervalles de confiance à 95 % (IC95%).

Les comparaisons de variables appariées ont été réalisées à l'aide du test de McNemar.

Un seuil de significativité bilatéral de $p < 0,05$ a été retenu. Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un logiciel statistique standard.

Résultats

1 Caractéristiques de la population des patients trachéotomisés

Entre janvier 2016 et décembre 2024, un total de 749 séjours en réanimation neurochirurgicale au CHU de Lille a été analysé. Parmi ceux-ci, 727 correspondaient à des séjours uniques chez des patients distincts, les autres séjours étant liés à des ré-hospitalisations. Après application des critères d'inclusion, 710 patients ayant bénéficié d'une trachéotomie au cours de leur séjour ont été retenus pour l'analyse.

La population était majoritairement masculine (63,5 %, n = 451), avec un âge moyen de 48,1 ans. L'indice de masse corporelle médian était de 25,4.

Les principaux motifs d'admission étaient pour une hémorragie méningée (36,2 %, n = 257) et un traumatisme crânien (28,1 %, n = 200). Les autres indications comprenaient les polytraumatismes, les traumatismes rachidiens, les AVC ischémiques, les processus expansifs intracrâniens, les complications post-opératoires et diverses défaillances neurologiques.

La durée moyenne de séjour en réanimation neurochirurgicale était de 60,1 jours (intervalle interquartile [43 ; 69]).

La sévérité initiale des patients était élevée, avec un score IGS2 médian de 52, correspondant à une mortalité hospitalière prédite de 50,7 %. Le score de Glasgow médian à l'admission était de 7 (IQR [4 ; 13]).

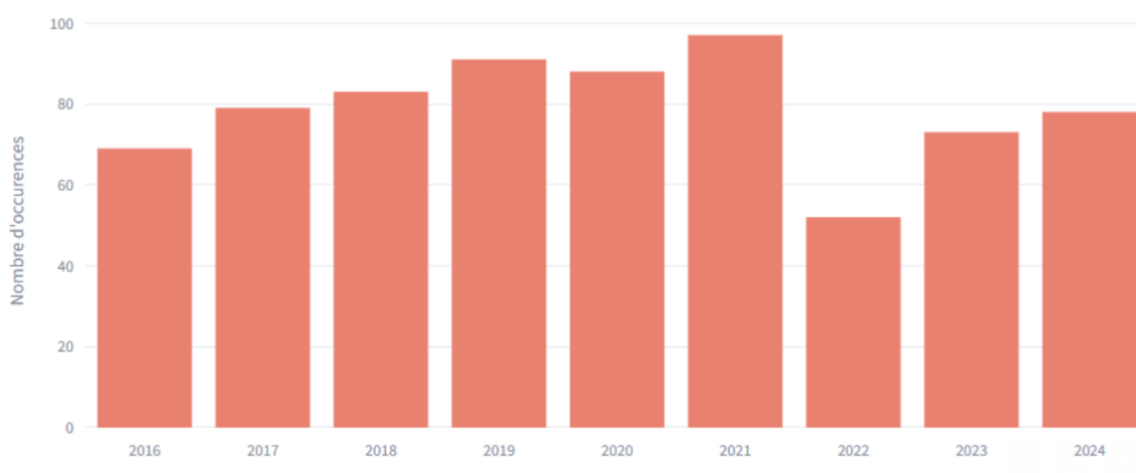


Figure 15 : Nombres de trachéotomies réalisées chaque année entre 2016 et 2024 (Source : Léa Grumiaux, ingénieure data INCLUDE)

Figure 12 : Nombres de trachéotomies réalisées chaque année entre 2016 et 2024 (Source : Léa Grumiaux, ingénieure data INCLUDE)

2 Caractéristiques des motifs d'admission

2.1 Hémorragies méningées

Parmi les patients admis pour AVC ischémique, 20,3 % (n = 144) présentaient une localisation en fosse postérieure.

La majorité des AVC nécessitant une prise en charge en réanimation neurochirurgicale étaient d'origine hémorragique. Dans ce sous-groupe, le score scanographique de Fisher médian était de 4, et le score clinique WFNS médian également de 4.

Un vasospasme est survenu chez 15,4 % des patients présentant une HSA anévrysmale (n = 109).

2.2 Traumatismes crâniens

Parmi les patients traumatisés crâniens, 21,7 % (n = 154) présentaient au moins une fracture du crâne, incluant la voûte, la base et le massif facial.

Des lésions encéphaliques diffuses étaient retrouvées chez 19,7 % des patients (n = 140).

2.3 Autres motifs d'admission

Tous motifs confondus, 72 % des patients (n = 511) présentaient une hémorragie sous-arachnoïdienne, et 41,7 % (n = 296) au moins un hématome sous-dural, selon les données d'imagerie.

3 Caractéristiques de l'atteinte respiratoire

Parmi les patients trachéotomisés, 54,1 % (n = 120) étaient fumeurs.

Des troubles de la déglutition étaient observés chez 35,1 % des patients (n = 249) au cours du séjour en réanimation. Parallèlement, une gastrostomie percutanée endoscopique (GPE) a été réalisée chez 22,4 % des patients (n = 159).

Des antécédents respiratoires (asthme, syndrome d'apnées obstructives du sommeil, bronchopneumopathie chronique obstructive) étaient retrouvés chez 17,6 % des patients (n = 102).

Par ailleurs, 68,9 % des patients (n = 336) présentaient une atteinte neurologique isolée, sans traumatisme thoracique associé.

Un syndrome de détresse respiratoire aiguë est survenu chez 13 % des patients (n = 92) au cours de leur prise en charge.

4 Indication et délai de réalisation

Les indications de trachéotomies étaient de deux types principalement : 440 (62,0 %) dans le cadre d'une indication neurologique et 270 (38%) dans le cadre d'un sevrage respiratoire.

L'ensemble des patients (100 %, n = 710) a bénéficié d'une trachéotomie par technique chirurgicale.

La procédure a été réalisée par un médecin réanimateur dans 82,4 % des cas (n = 610), et par un chirurgien dans les autres situations.

La trachéotomie était réalisée en moyenne au 21^e jour d'hospitalisation (IQR [19 ; 25]). La moitié des patients ont été trachéotomisés à partir du 22^e jour. A noter que 22 patients (3,1%) ont été trachéotomisés avant J5.

5 Données temporelles et cliniques associées à la trachéotomie

La durée moyenne de ventilation mécanique invasive était de 21 jours avant la trachéotomie, et de 4,9 jours après celle-ci.

Une pneumopathie acquise sous ventilation mécanique (PAVM) était diagnostiquée chez 84,2 % des patients (n = 598) avant la trachéotomie et pour 28,9 % (n = 205) après celle-ci.

L'évolution de l'état de conscience entre la période pré- et post-trachéotomie a été analysée chez 704 patients disposant de données appariées. Une amélioration de l'état de conscience (passage d'un état non conscient à conscient) était observée chez 36,0 % des patients, tandis qu'une détérioration était observée chez 1,8 %.

Il est retrouvé une différence hautement significative entre les états avant et après trachéotomie ($p < 0,001$), traduisant une amélioration globale de l'état neurologique au cours du séjour dont l'évaluation a été permise par la mise en place de la trachéotomie.

Parmi les 704 patients analysés, 61,5 % étaient considérés comme conscients à la sortie.

Une amélioration neurologique était observée chez une proportion importante des patients initialement non conscients, avec 253 patients devenant conscients après trachéotomie, dont 165 restaient conscients à la sortie.

Les patients initialement conscients présentaient une stabilité neurologique dans la majorité des cas.

6 Complications de la trachéotomie

Un saignement local au niveau de l'orifice de trachéotomie est survenu chez 13,9 % des patients (n = 99), dont 55 ont nécessité une transfusion dans les 48 heures suivant le geste.

Une inflammation locale a été observée chez 11,7 % des patients (n = 83).

Le taux moyen de CRP était de 31,7 mg/L avant la trachéotomie, et de 24,1 mg/L dans les 48 heures suivant celle-ci.

Par ailleurs, 36 complications significatives ont été recensées au sein de la cohorte, soit 5,1 % des patients. Parmi celles-ci, 20 cas d'emphysème sous-cutané ont été observés (2,8 %), ainsi que 4 cas de décanulation accidentelle (0,6 %), 5 cas de granulomes trachéaux (0,7 %) et 7 cas de trachéomalacie (1,0 %).

7 Modalités de sevrage et supports de réhabilitation

Un échec d'extubation orotrachéale a été observé chez 19,3 % des patients (n = 137).

Une valve de phonation a été utilisée chez 62 % des patients (n = 440) au cours du sevrage.

Le sevrage définitif de la trachéotomie a été obtenu chez 38,9 % des patients (n = 276) avant leur transfert hors du service de réanimation.

Un échec de décanulation est survenu chez 3,8 % des patients (n = 27), nécessitant une nouvelle canulation.

L'albuminémie moyenne était de 55,5 g/L avant la trachéotomie et de 73,3 g/L dans les 48 heures suivant celle-ci.

Concernant le devenir, 2 % des patients (n = 14) sont décédés en réanimation, 3,1 % (n = 22) au cours du même séjour hospitalier en service d'aval, et 17,5 % (n = 124) dans l'année suivant la sortie.

8 Facteurs de risque

8.1 Décès lors du séjour

Tableau 1 : Décès lors du séjour

Variable	OR	p	OR ajusté	IC95%	p
Âge	1,01	0,30	1,00	[0,96–1,04]	0,90
IMC ≥30	1,20	0,50	1,10	[0,60–2,10]	0,75
Sexe	1,40	0,15	1,20	[0,65–2,30]	0,40
IGS2	1,05	0,02	1,03	[0,99–1,08]	0,08
VMI	1,03	0,01	1,02*	[1,00–1,05]	0,04*
Indication respiratoire ou neurologique	0,50	0,20	0,70	[0,30–1,50]	0,35
Conscience après trachéo	0,30	<0,001	0,50*	[0,25–0,95]	0,03*
Glasgow >8	0,40	0,01	0,70	[0,35–1,40]	0,30
SDRA	1,60	0,08	1,30	[0,70–2,40]	0,40

Données exprimées en odds ratio (OR) avec intervalle de confiance à 95% (IC95%).

* **p < 0,05 considéré comme statistiquement significatif.** VMI : ventilation mécanique invasive ; IGS2 : indice de gravité simplifié 2.

La mortalité en séjour était associée en analyse bivariée à la gravité initiale (IGS2), à la durée de ventilation mécanique invasive (VMI) et à l'état neurologique. En analyse multivariée, la durée de VMI restait associée de manière indépendante à une augmentation du risque de décès (OR ajusté 1,02 par jour ; IC95% [1,00–1,05] ; p = 0,04), traduisant l'impact de la dépendance respiratoire prolongée.

À l'inverse, la présence d'un état conscient à J+7 après trachéotomie était associée à une diminution significative du risque de décès (OR ajusté 0,50 ; IC95% [0,25–0,95] ; p = 0,03), soulignant l'importance de la récupération neurologique précoce.

L'indication de trachéotomie, définie à partir de l'état de conscience avant la procédure, n'était pas associée de manière indépendante à la mortalité.

8.2 Échec de décanulation

Tableau 2 : Echec de décanulation

Variable	OR	p	OR ajusté	IC95%	p
Âge	1,02	0,18	1,01	[0,97–1,05]	0,55
IMC ≥30	1,10	0,75	1,05	[0,55–2,00]	0,88
Sexe	1,30	0,30	1,10	[0,55–2,10]	0,70
IGS2	1,03	0,10	1,00	[0,96–1,04]	0,90
VMI	1,04	<0,001	1,02	[0,99–1,05]	0,08
Déglutition	3,80	<0,001	3,00*	[1,50–6,20]	0,002*
Indication respiratoire ou neurologique	2,40	0,034	1,50	[0,70–3,00]	0,25
Conscience après trachéo	0,17	<0,001	0,30*	[0,12–0,70]	0,005*
Glasgow >8	0,25	<0,001	0,60	[0,30–1,20]	0,15

Données exprimées en odds ratio (OR) avec intervalle de confiance à 95% (IC95%).

* **p < 0,05 considéré comme statistiquement significatif.** VMI : ventilation mécanique invasive ; IGS2 : indice de gravité simplifié 2.

L'échec de décanulation était associé en analyse bivariée à la durée de VMI, aux variables neurologiques et à la présence de troubles de déglutition.

En analyse multivariée, les troubles de déglutition constituaient le principal facteur de risque indépendant (OR ajusté 3,00 ; IC95% [1,50–6,20] ; p = 0,002), traduisant leur rôle direct dans la capacité à protéger les voies aériennes.

Par ailleurs, la présence d'un état conscient à J+7 était associée à une réduction significative du risque d'échec de décanulation (OR ajusté 0,30 ; IC95% [0,12–0,70] ; p = 0,005), suggérant un rôle protecteur de la récupération neurologique.

L'indication initiale de trachéotomie n'était pas associée à l'échec de décanulation après ajustement, malgré une association observée en analyse bivariée.

8.3 Complications locales

Tableau 3 : Complications locales

Variable	OR	p	OR ajusté	IC95%	p
Âge	1,01	0,25	1,00	[0,98–1,03]	0,80
IMC ≥30	1,20	0,35	1,15	[0,75–1,80]	0,50
Sexe	1,10	0,60	1,05	[0,70–1,60]	0,80
IGS2	1,01	0,40	1,00	[0,98–1,03]	0,85
VMI	1,01	0,30	1,00	[0,98–1,02]	0,90
Anticoagulation curative	1,80	0,005	1,60*	[1,05–2,50]	0,03*
Opérateur	1,10	0,60	1,05	[0,70–1,60]	0,85
Indication respiratoire ou neurologique	1,10	0,60	1,00	[0,60–1,70]	0,95
Conscience J+7	0,90	0,70	0,95	[0,60–1,50]	0,85

Données exprimées en odds ratio (OR) avec intervalle de confiance à 95% (IC95%).

* **p < 0,05 considéré comme statistiquement significatif.** VMI : ventilation mécanique invasive ; IGS2 : indice de gravité simplifié 2.

Les complications locales, définies par une variable composite incluant inflammation, saignement ou complication documentée, étaient observées chez 25,1 % des patients.

En analyse bivariée, seule l'anticoagulation curative était associée à une augmentation du risque de complications locales. Cette association persistait en analyse multivariée (OR ajusté 1,60 ; IC95% [1,05–2,50] ; p = 0,03).

Aucune association n'était retrouvée avec les variables neurologiques, l'indication de trachéotomie ou le type d'opérateur, suggérant que ces complications relèvent principalement de facteurs liés au terrain hémorragique.

Discussion

1 Population étudiée et considérations méthodologiques

Notre étude repose sur une cohorte monocentrique de grande taille, incluant 710 patients consécutifs ayant bénéficié d'une trachéotomie en réanimation neurochirurgicale sur une période prolongée de neuf ans, entre 2016 et 2024. Cette durée d'inclusion permet de limiter l'impact de variations ponctuelles des pratiques et contribue à une relative homogénéité des stratégies de prise en charge au sein du centre.

La population étudiée se caractérise par une gravité importante, comme en témoignent un score IGS II médian de 52 et un score de Glasgow médian de 7 à l'admission. Ces éléments reflètent une atteinte neurologique sévère et confèrent une cohérence physiopathologique aux indications de trachéotomie observées. En effet, cette procédure est habituellement réservée aux patients nécessitant une ventilation mécanique prolongée ou présentant une altération des mécanismes de protection des voies aériennes. Ainsi, l'adéquation entre la sévérité clinique initiale et les décisions thérapeutiques renforce la validité interne de nos résultats.

Néanmoins, plusieurs biais inhérents au design observationnel doivent être discutés.

Le biais d'indication constitue la principale limite de notre étude. Dans notre cohorte, 80 % des patients ont été trachéotomisés sans tentative préalable d'extubation. Cette proportion élevée suggère que ces patients étaient considérés comme à haut risque d'échec d'extubation, notamment en raison d'une altération de l'état de conscience, de troubles de la déglutition, d'un encombrement bronchique ou d'une inefficacité de la toux. Par conséquent, les patients trachéotomisés d'emblée ne sont pas directement comparables à ceux ayant bénéficié d'une tentative d'extubation préalable, ce qui limite toute interprétation comparative.

Ce biais est largement décrit dans la littérature. Les déterminants de l'échec d'extubation chez les patients neurolésés reposent principalement sur des facteurs neurologiques, souvent difficiles à quantifier et peu reproductibles, rendant la décision d'extubation fortement dépendante de l'appréciation clinique (29). Dans notre centre, une tentative d'extubation peut être envisagée après une épreuve de ventilation spontanée concluante. Toutefois, le succès de cette épreuve n'exclut pas un échec secondaire d'extubation, en lien avec l'atteinte neurologique ou les troubles des voies aériennes supérieures.

De manière comparative, l'étude prospective internationale ENIO rapporte que seuls 21,1 % des patients sont trachéotomisés sans tentative préalable d'extubation, contre 80 % dans notre cohorte, soulignant une stratégie locale plus interventionnelle. Par ailleurs, le taux d'échec d'extubation observé dans notre population est d'environ 20 %, ce qui est concordant avec les données internationales et suggère que la population neurolésée prise en charge au CHU de Lille est globalement représentative des cohortes décrites dans la littérature (30). Les travaux académiques français, notamment les thèses de Tudy et d'Hypolite (31,32),

confirment cette variabilité des pratiques et soulignent l'absence de critères standardisés guidant la décision de trachéotomie en neuro-réanimation.

L'analyse du délai de réalisation de la trachéotomie expose également à un biais de temps immortel. En effet, les patients trachéotomisés tardivement doivent nécessairement survivre jusqu'à la réalisation de la procédure, ce qui peut biaiser l'évaluation de l'impact du timing sur le devenir clinique. Ce biais est aujourd'hui bien identifié, notamment dans les études récentes utilisant des approches de type « target trial emulation », qui permettent de mieux prendre en compte cette problématique méthodologique (33).

Enfin, bien que monocentrique, notre étude n'échappe pas à une certaine hétérogénéité décisionnelle. La décision de trachéotomie repose sur une évaluation clinique multidimensionnelle intégrant des critères neurologiques, respiratoires et infectieux, en l'absence de protocole standardisé formalisé. Malgré une homogénéité liée aux discussions collégiales au sein d'une équipe expérimentée, une relative variabilité intra-centre persiste. Cette observation est en cohérence avec les données de la littérature française, notamment la thèse de Gallice (34), qui met en évidence une forte dépendance des pratiques aux habitudes locales et à l'expérience des équipes.

2 Pratique clinique et positionnement de nos résultats

La validité externe de nos résultats apparaît globalement satisfaisante, malgré certaines divergences avec les pratiques rapportées dans la littérature internationale.

Tout d'abord, la proportion élevée de patients trachéotomisés sans tentative préalable d'extubation dans notre cohorte contraste avec les données issues de l'étude ENIO, dans laquelle près de 79 % des patients bénéficient d'une tentative d'extubation avant toute indication de trachéotomie (30). Cette différence suggère une stratégie locale davantage orientée vers la réalisation d'une trachéotomie primaire. Néanmoins, cette variabilité des pratiques est largement décrite, y compris dans des travaux académiques français, et reflète l'absence de consensus ainsi que l'existence d'approches hétérogènes selon les centres. Dans ce contexte, nos résultats s'inscrivent dans le spectre des pratiques observées et ne compromettent pas leur validité externe.

Par ailleurs, le délai moyen de réalisation de la trachéotomie dans notre étude, autour du 21^e jour d'hospitalisation, apparaît plus tardif que celui rapporté dans les études internationales, où la trachéotomie est le plus souvent réalisée entre le 7^e et le 15^e jour de ventilation mécanique (35). Toutefois, cette différence doit être interprétée à la lumière des spécificités de la neuro-réanimation, dans laquelle le timing de la trachéotomie est moins standardisé et dépend davantage de l'évolution neurologique que de critères respiratoires isolés.

En effet, contrairement à la réanimation générale, où la stratégie repose sur une libération précoce de la ventilation mécanique suivie d'une extubation, la neuro-réanimation se distingue par le rôle prépondérant des facteurs neurologiques dans la

décision d'extubation. La capacité à protéger les voies aériennes, le niveau de conscience, l'efficacité de la toux et la gestion des sécrétions constituent des éléments déterminants, expliquant que l'extubation ne puisse être systématique. Ces spécificités limitent la transposabilité directe des résultats issus de la réanimation générale à la population neurochirurgicale, tout en renforçant la pertinence de nos observations dans ce contexte particulier.

3 Etude des facteurs de risque

La mortalité était principalement associée à la durée de ventilation mécanique invasive, traduisant l'impact de la dépendance respiratoire prolongée sur le pronostic. Ce résultat est cohérent avec les données de la littérature, dans lesquelles la durée de ventilation est considérée comme un marqueur indirect de gravité et de complications intercurrentes.

Par ailleurs, l'état de conscience après trachéotomie apparaissait comme un facteur protecteur indépendant, soulignant l'importance de la récupération neurologique précoce. Ce résultat suggère que l'évolution neurologique au cours du séjour est plus déterminante que l'état initial du patient. En effet, l'indication de trachéotomie, notamment corrélée à l'état de conscience avant la procédure, n'était pas associée à la mortalité après ajustement, ce qui limite l'hypothèse d'un biais d'indication.

L'échec de décanulation était principalement associé à des facteurs fonctionnels, en particulier les troubles de la déglutition, qui constituaient le principal déterminant indépendant. Ce résultat est physiopathologiquement attendu, la capacité à protéger les voies aériennes étant un élément clé du succès de la décanulation.

L'état de conscience après trachéotomie apparaissait également comme un facteur protecteur indépendant, suggérant un lien étroit entre récupération neurologique et autonomie respiratoire. À l'inverse, l'état neurologique initial n'était pas associé de manière indépendante, confirmant que la trajectoire évolutive du patient est plus informative que son profil initial.

L'association observée en analyse bivariée entre indication respiratoire et échec de décanulation disparaissait après ajustement, suggérant que cet effet est médié par des facteurs fonctionnels, notamment les troubles de la déglutition.

Les complications locales étaient principalement associées à l'anticoagulation curative, qui apparaissait comme le seul facteur indépendant. Ce résultat souligne le rôle central du terrain hémorragique dans la survenue de ces événements.

À l'inverse, ni les variables neurologiques, ni l'indication de trachéotomie, ni le type d'opérateur n'étaient associés aux complications locales. Ces résultats suggèrent une bonne standardisation du geste ainsi qu'une homogénéité des pratiques, indépendamment de la spécialité de l'opérateur.

Enfin, bien que les événements locaux mineurs, tels que les phénomènes inflammatoires ou les saignements, soient relativement fréquents, les complications cliniquement significatives demeurent rares, ce qui est en accord avec les données de la littérature.

4 Mise en perspective avec la littérature

La question du timing optimal de la trachéotomie demeure largement débattue. En réanimation générale, l'essai randomisé TracMan n'a pas mis en évidence de bénéfice significatif d'une stratégie de trachéotomie précoce sur la mortalité à 30 jours (36). De même, plusieurs méta-analyses suggèrent un bénéfice modeste de la trachéotomie précoce sur la durée de ventilation mécanique et la durée de séjour en réanimation, ainsi que, dans certaines études, sur la survenue des pneumopathies associées à la ventilation mécanique (PAVM), sans impact constant sur la mortalité (37,41). Ces résultats suggèrent un effet principalement organisationnel et ventilatoire, sans bénéfice pronostique majeur clairement établi.

En neuro-réanimation, les données sont encore plus nuancées. L'essai randomisé SETPOINT2, portant sur des patients présentant un accident vasculaire cérébral sévère, n'a pas montré d'amélioration du pronostic fonctionnel à six mois avec une stratégie de trachéotomie précoce (38). Par ailleurs, les études observationnelles en traumatologie crânienne sévère rapportent des résultats hétérogènes, certaines mettant en évidence une réduction de la durée de ventilation mécanique et de séjour, sans effet constant sur la mortalité ni sur le devenir fonctionnel à long terme (39,40).

Concernant les pneumopathies acquises sous ventilation mécanique, les données de la littérature restent contradictoires. Si certaines analyses suggèrent une réduction de leur incidence avec une trachéotomie précoce, possiblement liée à une diminution de la durée d'intubation orotrachéale et à une meilleure gestion des sécrétions, d'autres études, notamment randomisées, ne mettent pas en évidence de différence significative (37,41).

5 Pneumopathies acquises par la ventilation mécanique (PAVM)

Cette absence de consensus suggère que le risque de pneumopathie acquise sous ventilation mécanique dépend davantage de facteurs intrinsèques au patient, tels que la gravité neurologique, l'altération de la conscience ou les troubles de la déglutition, ainsi que de la durée globale de ventilation mécanique, que du seul timing de la trachéotomie.

Dans ce contexte, l'interprétation de nos résultats concernant les PAVM doit rester prudente. Bien qu'un taux élevé de pneumopathies soit observé dans notre cohorte avant la réalisation de la trachéotomie (84,2 %), celui-ci s'inscrit dans les ordres de grandeur rapportés en neuro-réanimation, où l'incidence des PAVM est particulièrement élevée (41). Cette susceptibilité accrue s'explique non seulement par les troubles neurologiques altérant la protection des voies aériennes, notamment l'altération de la conscience, l'inefficacité de la toux et les troubles de la déglutition, mais également par la réponse neuro-inflammatoire systémique observée à la phase initiale des lésions cérébrales aiguës.

En effet, les lésions neurologiques sévères s'accompagnent d'une libération précoce de cytokines pro-inflammatoires (notamment IL-6, TNF- α , IL-1 β), participant à un état d'immunodépression secondaire, parfois désigné sous le terme de « brain injury–

induced immunodepression syndrome » (BIIDS) (42). Ce phénomène est caractérisé par une lymphopénie, une altération de la fonction des monocytes et des macrophages, ainsi qu'une dérégulation des voies cytokiniques, favorisant la survenue d'infections pulmonaires précoces. Ces mécanismes contribuent à expliquer la fréquence élevée des PAVM dans cette population, indépendamment des stratégies ventilatoires mises en œuvre.

Dans notre cohorte, la majorité des PAVM surviennent avant la réalisation de la trachéotomie, avec une incidence nettement plus faible après celle-ci (28,9 %). Ces résultats suggèrent que la période de vulnérabilité infectieuse est principalement précoce, survenant sous ventilation invasive prolongée par intubation orotrachéale. La trachéotomie, réalisée tardivement dans notre étude, intervient ainsi après cette phase critique, ce qui pourrait expliquer son impact apparemment limité sur la prévention des PAVM.

Le recours tardif à la trachéotomie observé dans notre étude pourrait théoriquement exposer à un risque accru de PAVM via une prolongation de l'intubation orotrachéale. Toutefois, l'absence de bénéfice clairement démontré d'une stratégie précoce dans les essais randomisés invite à relativiser cette association et à considérer le rôle prépondérant des facteurs neurologiques et immunologiques propres à cette population (43).

Ainsi, nos résultats, caractérisés par un recours tardif à la trachéotomie, ne semblent pas en contradiction avec les données actuelles de la littérature, qui ne permettent pas de conclure à un bénéfice clair d'une stratégie plus précoce sur la mortalité ou le devenir fonctionnel. Ils soulignent également que la survenue des PAVM s'inscrit dans une physiopathologie multifactorielle complexe, dans laquelle le timing de la trachéotomie ne constitue qu'un déterminant parmi d'autres, probablement secondaire par rapport à la gravité neurologique initiale et à la réponse inflammatoire systémique.

6 Devenir du patient

Le devenir des patients trachéotomisés en réanimation neurochirurgicale constitue un enjeu majeur de la prise en charge, dépassant la seule phase aiguë de ventilation mécanique. La sortie de réanimation s'inscrit le plus souvent dans un parcours de soins spécifique, nécessitant une continuité de prise en charge en aval, notamment au sein d'unités de soins intensifs, de structures de rééducation spécialisée ou de centres de référence dédiés aux patients trachéotomisés.

La présence d'une trachéotomie peut en effet conditionner l'orientation des patients à la sortie de réanimation. Dans certains cas, elle constitue un facteur limitant l'accès à certaines structures d'aval, entraînant des délais de transfert prolongés et une augmentation de la durée de séjour en réanimation. À l'inverse, l'existence de filières de soins dédiées, reposant sur des équipes formées à la gestion des canules de trachéotomie et au sevrage, permet d'optimiser le parcours de soins et de faciliter la transition vers des structures adaptées. Ces éléments soulignent l'importance d'une organisation coordonnée entre la réanimation et les structures d'aval dans la prise en charge de ces patients.

Au-delà des aspects organisationnels, la trachéotomie expose à des complications spécifiques, dont la fréquence et la gravité varient en fonction du terrain, de la technique utilisée et de la durée de maintien de la canule. Dans notre cohorte, les complications précoces étaient principalement représentées par des saignements locaux et des phénomènes inflammatoires au niveau de l'orifice de trachéotomie. Bien que le plus souvent bénignes, ces complications nécessitent une surveillance rapprochée et peuvent, dans certains cas, justifier une prise en charge spécifique, notamment en cas de saignement nécessitant une transfusion.

À distance, d'autres complications peuvent survenir. Les décanulations accidentelles constituent une complication potentiellement grave, exposant à un risque de détresse respiratoire aiguë, en particulier chez les patients encore dépendants de leur trachéotomie. Les infections locales, telles que les cellulites péri-trachéales, peuvent également compliquer l'évolution, bien qu'elles demeurent relativement peu fréquentes dans les conditions actuelles de prise en charge.

Des complications plus tardives, bien que rares, doivent également être prises en considération. La formation de granulomes trachéaux peut entraîner des difficultés de décanulation ou des symptômes obstructifs. La trachéomalacie, liée à une fragilisation de la paroi trachéale après une canulation prolongée, peut compromettre le sevrage. Enfin, des complications telles que l'emphysème sous-cutané ou les fistules trachéo-œsophagiennes et trachéo-cutanées, bien qu'exceptionnelles, sont décrites dans la littérature et peuvent nécessiter une prise en charge spécialisée, voire une reprise chirurgicale.

Dans ce contexte, la prise en charge des patients trachéotomisés ne peut se limiter à la phase aiguë de réanimation, mais doit s'inscrire dans une approche globale et longitudinale, intégrant le suivi des complications ainsi que la planification du sevrage et de la décanulation. Ces éléments renforcent l'intérêt de structurer des parcours de soins dédiés, afin d'améliorer le devenir fonctionnel et la qualité de vie des patients après leur passage en réanimation.

7 Forces de l'étude

Notre étude présente plusieurs forces. Elle repose tout d'abord sur un effectif important de 710 patients trachéotomisés, issus d'une population spécifique de neuro-réanimation encore peu étudiée de manière détaillée dans la littérature. Cette taille d'échantillon confère une puissance descriptive élevée et permet une analyse fine des pratiques dans ce contexte particulier.

La cohorte étudiée apparaît homogène en termes de sévérité et de profil clinique, avec des patients présentant une atteinte neurologique sévère, comme en témoignent un score IGS II médian de 52 et un score de Glasgow médian de 7. Les patients étaient majoritairement admis pour hémorragie méningée ou traumatisme crânien. Cette homogénéité renforce la cohérence interne des analyses et limite l'hétérogénéité liée à des populations mixtes de réanimation générale. Elle confère également à cette cohorte un caractère représentatif de la population admise en réanimation neurochirurgicale.

Par ailleurs, l'étude couvre une période prolongée de neuf années (2016–2024), offrant une vision globale et représentative des pratiques du centre, tout en limitant l'impact de variations ponctuelles liées à des changements organisationnels ou à des pratiques transitoires.

La richesse des données recueillies constitue également un atout majeur. Elle permet une description détaillée du parcours des patients, incluant les modalités de ventilation mécanique, le timing précis de la trachéotomie, réalisée en moyenne au 21^e jour, les complications associées, ainsi que les modalités de sevrage. L'analyse des données temporelles, notamment la durée de ventilation mécanique avant et après trachéotomie (21 jours versus 4,9 jours), apporte des éléments pertinents pour mieux comprendre la place de la trachéotomie dans la trajectoire de soins.

De plus, l'intégration de données cliniques spécifiques, telles que le taux d'échec d'extubation (19,3 %), les paramètres de gravité neurologique et les antécédents respiratoires, permet une approche globale et multidimensionnelle de la prise en charge.

L'analyse des pneumopathies associées à la ventilation mécanique constitue également un point fort de notre travail. La mise en évidence d'une incidence élevée de PAVM avant la trachéotomie (84,2 %) et nettement plus faible après celle-ci (28,9 %) apporte un éclairage original sur la temporalité du risque infectieux dans cette population et permet de mieux comprendre les enjeux liés au timing de la trachéotomie.

Enfin, cette étude repose sur des données issues de la pratique clinique courante, reflétant fidèlement les stratégies mises en œuvre en routine dans un service de neuro-réanimation. Cette approche en vie réelle renforce la pertinence clinique des résultats ainsi que leur applicabilité à des contextes similaires.

8 Limites

Notre étude présente plusieurs limites qu'il convient de souligner. Son caractère observationnel ne permet pas d'établir de relation causale entre les stratégies de trachéotomie et le devenir des patients. Les associations observées doivent donc être interprétées avec prudence, en particulier concernant l'impact du timing de la trachéotomie sur la survenue des pneumopathies associées à la ventilation mécanique (PAVM) ou sur les modalités de sevrage ventilatoire.

Le caractère monocentrique de l'étude constitue également une limite, dans la mesure où les pratiques observées peuvent refléter des habitudes locales spécifiques. Dans notre cohorte, la réalisation tardive de la trachéotomie, en moyenne au 21^e jour d'hospitalisation, ainsi que la proportion élevée de patients trachéotomisés sans tentative préalable d'extubation suggèrent une stratégie de prise en charge particulière, qui peut ne pas être représentative de l'ensemble des pratiques en neuro-réanimation. Par ailleurs, notre centre a pour habitude de réaliser la majorité des trachéotomies par voie chirurgicale, ce qui constitue une spécificité organisationnelle susceptible de limiter la généralisation des résultats.

Le biais d'indication constitue une limite majeure. Les patients les plus graves, caractérisés dans notre cohorte par un score IGS II médian élevé à 52 et un score de Glasgow médian bas à 7, sont plus susceptibles de bénéficier d'une trachéotomie précoce ou d'une trachéotomie sans tentative préalable d'extubation. Cette sélection clinique peut influencer les associations observées entre le timing de la trachéotomie et les événements cliniques, notamment infectieux.

L'absence de protocole standardisé concernant les critères d'extubation et le timing de la trachéotomie introduit une variabilité importante des pratiques, difficile à quantifier. Cette hétérogénéité peut notamment influencer le taux d'échec d'extubation observé (19,3 %) ainsi que le recours à la trachéotomie. De plus, certaines variables cliniques déterminantes dans la décision d'extubation, telles que la capacité à protéger les voies aériennes, l'efficacité de la toux ou la gestion des sécrétions, ne sont pas disponibles dans notre base de données.

L'interprétation des résultats concernant les PAVM doit également être prudente. Bien qu'une incidence élevée soit observée avant la trachéotomie (84,2 %) et plus faible après celle-ci (28,9 %), cette association est fortement exposée à un biais temporel. En effet, les patients doivent survivre suffisamment longtemps et rester ventilés pour bénéficier d'une trachéotomie, ce qui peut majorer artificiellement l'incidence des PAVM en phase précoce et compliquer l'interprétation de l'effet propre de la trachéotomie sur le risque infectieux.

Par ailleurs, la durée prolongée de ventilation mécanique avant la trachéotomie (21 jours en moyenne) constitue un facteur de confusion majeur, intrinsèquement associé au risque de PAVM. Il est ainsi difficile de distinguer l'effet du timing de la trachéotomie de celui de l'exposition prolongée à la ventilation invasive.

Enfin, l'absence de données détaillées sur certains critères de jugement centrés sur le patient, tels que la qualité de vie, le degré d'autonomie fonctionnelle ou la récupération neurologique à long terme, limite l'évaluation globale de l'impact des différentes stratégies de trachéotomie.

Dans ce contexte, toute interprétation des associations observées entre stratégie de trachéotomie et devenir clinique doit rester prudente, en raison de l'impossibilité d'établir un lien de causalité dans ce type de design.

9 Implications cliniques et perspectives

Nos résultats ouvrent plusieurs perspectives de recherche. Le développement de scores d'extubabilité spécifiques à la neuro-réanimation, intégrant à la fois des critères neurologiques et respiratoires, apparaît nécessaire afin de standardiser les décisions. À ce titre, il convient de souligner qu'au sein du service de réanimation neurochirurgicale du CHU de Lille, il n'existe pas à ce jour de protocole standardisé encadrant la stratégie d'extubation, celle-ci reposant principalement sur une évaluation clinique multidisciplinaire. Dans ce contexte, l'étude BIPER actuellement en cours vise à identifier les facteurs de risque d'échec d'extubation chez les patients neurolésés, afin de mieux structurer la prise de décision et d'améliorer la sélection des patients éligibles à une tentative d'extubation.

La réalisation d'études prospectives multicentriques comparant différentes stratégies de prise en charge, notamment « extubation-first » versus trachéotomie primaire, permettrait d'apporter des éléments de réponse plus robustes. L'utilisation de méthodes analytiques avancées, telles que les approches de type « target trial emulation », pourrait également améliorer la validité des conclusions en limitant les biais inhérents aux études observationnelles. Par ailleurs, une approche individualisée du timing de la trachéotomie, fondée sur la trajectoire clinique et neurologique des patients, semble plus pertinente que l'application d'un seuil temporel fixe. Enfin, les futures études devraient intégrer des critères de jugement centrés sur le patient, tels que la récupération neurologique, l'autonomie fonctionnelle et la qualité de vie.

La question de l'intérêt d'une trachéotomie précoce systématique par rapport à une stratégie différée doit être discutée à la lumière de nos résultats. Dans notre cohorte, la trachéotomie est réalisée tardivement, en moyenne au 21^e jour d'hospitalisation, après une durée prolongée de ventilation mécanique invasive d'environ 21 jours. Cette stratégie s'accompagne d'une incidence élevée de PAVM avant la trachéotomie (84,2 %), alors que cette incidence est nettement plus faible après celle-ci (28,9 %). Ces données suggèrent que la période de vulnérabilité infectieuse est principalement précoce, survenant sous ventilation invasive prolongée par intubation orotrachéale, et que la trachéotomie intervient le plus souvent après cette phase critique.

À première vue, ces résultats pourraient plaider en faveur d'une stratégie plus précoce afin de limiter l'exposition prolongée à l'intubation orotrachéale. Toutefois, les données de la littérature ne soutiennent pas clairement une telle approche systématique. En réanimation générale, l'essai randomisé TracMan n'a pas montré de bénéfice d'une trachéotomie précoce sur la mortalité, et près de la moitié des patients pris en charge selon une stratégie différée n'ont finalement jamais nécessité la procédure. Ce constat suggère qu'une stratégie précoce systématique pourrait conduire à un nombre important de trachéotomies non nécessaires, en particulier lorsque la durée de ventilation mécanique est difficile à anticiper.

Dans notre population, cette incertitude est renforcée par les spécificités de la neuro-réanimation. Le faible score de Glasgow à l'admission (médiane à 7), la sévérité des patients (score IGS II médian à 52) et la diversité des pathologies neurologiques (accidents vasculaires cérébraux, traumatismes crâniens, hémorragies sous-arachnoïdiennes) témoignent d'une hétérogénéité clinique importante, rendant la prédiction de l'évolution respiratoire et neurologique particulièrement complexe. Par ailleurs, le taux relativement modéré d'échec d'extubation (19,3 %) suggère qu'une proportion non négligeable de patients aurait pu bénéficier d'une stratégie d'extubation préalable, renforçant l'intérêt d'une approche sélective plutôt que systématique.

En neuro-réanimation, les données issues de l'essai SETPOINT2 n'ont pas montré de bénéfice fonctionnel à six mois d'une stratégie de trachéotomie précoce chez les patients présentant un accident vasculaire cérébral sévère. De plus, les approches récentes utilisant des méthodes de type « target trial emulation » dans le traumatisme crânien sévère ne retrouvent pas de différence significative de devenir fonctionnel entre stratégies précoces et différées. Ces éléments, associés à nos résultats, suggèrent que le bénéfice d'une trachéotomie précoce repose davantage

sur des considérations organisationnelles, telles que la facilitation du sevrage, l'amélioration du confort ou la réduction de la sédation, que sur un impact démontré sur les critères pronostiques majeurs.

Ainsi, une stratégie de trachéotomie tardive, ou au moins différée, apparaît pertinente, en permettant une meilleure sélection des patients réellement dépendants d'une ventilation mécanique prolongée et en limitant le risque de sur-indication. Dans notre cohorte, malgré un recours tardif, la durée de ventilation mécanique après trachéotomie reste relativement courte (4,9 jours), suggérant que la procédure est réalisée à un moment où elle devient effectivement nécessaire dans la trajectoire du patient.

Dès lors, les perspectives futures ne résident probablement pas dans l'opposition entre trachéotomie précoce systématique et trachéotomie tardive systématique, mais dans l'identification précoce des patients susceptibles de tirer un bénéfice réel de la procédure. L'enjeu est moins de trachéotomiser « plus tôt » que de trachéotomiser « mieux », en s'appuyant sur des outils prédictifs robustes, une réévaluation clinique dynamique et une stratégie individualisée intégrant les dimensions neurologiques, respiratoires et évolutives propres à chaque patient.

10 En résumé

Notre étude met en évidence une stratégie de prise en charge caractérisée par un recours fréquent à la trachéotomie sans tentative préalable d'extubation et un délai de réalisation tardif. Ces résultats diffèrent des données internationales, mais s'inscrivent dans une variabilité importante des pratiques, également décrite dans les travaux académiques français. En l'absence de bénéfice démontré sur les critères pronostiques majeurs, la trachéotomie doit probablement s'inscrire dans une approche individualisée, tenant compte des spécificités neurologiques des patients. Notre étude met en évidence une stratégie de prise en charge caractérisée par un recours fréquent à la trachéotomie sans tentative préalable d'extubation et un délai de réalisation tardif. Ces résultats diffèrent des données internationales, mais s'inscrivent dans une variabilité importante des pratiques, également décrite dans les travaux académiques français. En l'absence de bénéfice démontré sur les critères pronostiques majeurs, la trachéotomie doit probablement s'inscrire dans une approche individualisée, tenant compte des spécificités neurologiques des patients.

Ces éléments soulignent la nécessité de travaux prospectifs visant à mieux définir les stratégies optimales en neuro-réanimation.

Conclusion

La trachéotomie occupe une place centrale dans la prise en charge des patients neurolésés admis en réanimation, chez lesquels le sevrage ventilatoire ne repose pas uniquement sur des critères respiratoires, mais également sur des déterminants neurologiques complexes, tels que l'état de conscience, la capacité de protection des voies aériennes, l'efficacité de la toux et la gestion des sécrétions. Malgré son utilisation fréquente, la décision de trachéotomie demeure peu standardisée, en particulier en neuro-réanimation, où le timing optimal et les critères de sélection des patients restent débattus.

Dans ce contexte, notre étude apporte une description détaillée des patients trachéotomisés en réanimation neurochirurgicale au CHU de Lille sur une période de neuf années. Elle met en évidence une population sévère, caractérisée par une atteinte neurologique importante, une durée de séjour prolongée et une exposition marquée à la ventilation mécanique invasive. Nos résultats soulignent également une stratégie locale caractérisée par un recours fréquent à la trachéotomie sans tentative préalable d'extubation et par un délai de réalisation tardif, autour du 21^e jour d'hospitalisation.

Cette stratégie diffère de certaines pratiques rapportées dans la littérature internationale, mais s'inscrit dans la variabilité importante des prises en charge décrite à ce jour. Elle apparaît néanmoins cohérente avec les spécificités de la neuro-réanimation, dans laquelle la prédiction de l'échec d'extubation demeure difficile et repose sur des paramètres cliniques, dynamiques et peu standardisés. La durée relativement courte de ventilation mécanique après trachéotomie suggère, par ailleurs, que le geste intervient à un stade avancé de la trajectoire de soins, chez des patients probablement sélectionnés comme réellement dépendants d'un support ventilatoire prolongé ou nécessitant une sécurisation durable des voies aériennes.

Notre travail met également en évidence une incidence élevée de pneumopathies associées à la ventilation mécanique avant la trachéotomie. Ce résultat souligne la vulnérabilité infectieuse précoce des patients neurolésés, liée à la fois à l'intubation prolongée, à l'altération de la protection des voies aériennes et aux mécanismes immunologiques propres aux lésions cérébrales aiguës. Toutefois, l'interprétation de l'effet propre de la trachéotomie sur le risque infectieux doit rester prudente, compte tenu du caractère observationnel de l'étude et des biais temporels associés.

Au-delà de la phase aiguë, le devenir des patients trachéotomisés constitue un enjeu majeur. La présence d'une canule peut influencer l'orientation en aval, retarder certains transferts et nécessiter des structures spécifiquement formées au sevrage, à la surveillance et à la prise en charge des complications. Ces éléments rappellent que la trachéotomie ne doit pas être envisagée uniquement comme un geste technique, mais comme une étape intégrée dans un parcours de soins global, allant de la réanimation à la réhabilitation.

Les résultats de cette étude plaident ainsi pour une approche individualisée de la trachéotomie en neuro-réanimation. L'enjeu ne semble pas être de trachéotomiser systématiquement plus tôt, mais de mieux identifier les patients susceptibles de tirer

un bénéfice réel de la procédure. La base de données constituée dans ce travail représente, à ce titre, une opportunité importante pour le développement futur d'outils prédictifs du recours à la trachéotomie, fondés sur les caractéristiques initiales des patients et leur pathologie neurologique.

Enfin, l'absence de protocole standardisé d'extubation dans notre centre, comme dans de nombreuses unités de neuro-réanimation, souligne la nécessité de travaux prospectifs dédiés. Le développement de scores d'extubabilité spécifiques aux patients neurolésés, l'identification des facteurs de risque d'échec d'extubation, notamment dans le cadre de l'étude BIPER, ainsi que la conduite d'études multicentriques reposant sur des méthodes analytiques robustes constituent des perspectives essentielles.

En définitive, cette étude contribue à mieux caractériser la place de la trachéotomie en réanimation neurochirurgicale. Elle souligne la complexité de la décision, la nécessité d'une prise en charge personnalisée et l'importance de structurer des parcours de soins adaptés, afin d'améliorer non seulement le sevrage ventilatoire, mais également le devenir global des patients neurolésés.

Version en anglais

English article

1 Introduction

Tracheotomy is a commonly used medical-surgical procedure in intensive care, primarily performed for ventilator weaning in patients requiring prolonged mechanical ventilation or experiencing extubation failure (6). Over recent decades, improvements in techniques and the training of medical teams have contributed to the standardization of this practice, making it widely accessible and well controlled.

Numerous studies have highlighted the benefits of tracheotomy in intensive care. It notably allows a reduction in sedation and analgesia requirements, improves patient comfort, facilitates communication and oral feeding, and enhances the management of bronchial secretions (1,4,5,7). From a respiratory perspective, it helps reduce the work of breathing and promotes weaning from mechanical ventilation. Furthermore, it facilitates early mobilization and rehabilitation, which are key components in the care pathway of critically ill patients (14,16).

In patients with neurological injury, tracheotomy plays a specific role. Altered consciousness, swallowing disorders, and impaired airway protective mechanisms expose these patients to an increased risk of aspiration and prolonged ventilator dependence. In this context, tracheotomy is frequently considered to secure the airway and enable appropriate respiratory management.

However, the optimal timing for performing tracheotomy remains debated. While some studies suggest that early tracheotomy, generally defined between the 7th and 10th day of mechanical ventilation (6,10), may be associated with reduced duration of ventilation and ICU stay, the results remain heterogeneous (9,12). No consistent benefit on mortality or functional outcomes has been demonstrated, leaving uncertainty regarding the optimal timing of the procedure.

Despite the abundance of data on indications and timing, few studies have specifically focused on the characteristics of tracheotomized neurocritical patients beyond the initial pathology (4). In addition, practices may vary between centers, particularly regarding the technique used.

In this context, the objective of this study was to describe the characteristics of tracheotomized patients in neurosurgical intensive care at Lille University Hospital, and to identify factors associated with mortality, decannulation failure, and complications related to this procedure.

2 Material and methods

2.1 Study design

We conducted a retrospective, monocentric observational cohort study in the Neurosurgical Intensive Care Unit of Lille University Hospital. This unit comprises 36 beds, including 24 intensive care beds, 6 intermediate care beds, and 6 postoperative high-dependency beds.

Data were extracted from the institutional clinical data warehouse (INCLUDE project). The INCLUDE database has been approved by the French Data Protection Authority (CNIL) since 2019 (authorization number: 1754053) and ensures secure data processing in compliance with the General Data Protection Regulation (GDPR).

2.2 Study population

Patients were included if they met the following criteria: admission to the neurosurgical intensive care unit of Lille University Hospital between 2016 and 2024, length of stay of at least 48 hours, requirement for invasive mechanical ventilation, and performance of a tracheostomy during the ICU stay. Data were extracted from the ICCA electronic medical record system.

Patients who objected to the use of their data were excluded, as were patients with a pre-existing tracheostomy at admission and minors.

A total of 727 ICU stays were analyzed.

2.3 Data collection

For each included ICU stay, data were collected using two complementary approaches. Structured variables were extracted directly from the ICCA database using SQL queries and processed using Python when necessary for data cleaning.

Unstructured data, including admission summaries, clinical notes, medical history, comorbidities, and key clinical events related to tracheostomy, as well as discharge summaries, were extracted and reviewed using a dedicated annotation tool to complete manual data collection.

Patients were included retrospectively.

Data Collection

Data were collected retrospectively from electronic medical records.

Demographic Data and Medical History

Demographic variables included age and sex. Medical history, particularly respiratory, cardiovascular, and neurological comorbidities, was also collected.

Neurological and Severity Data

Neurological data included the reason for admission (traumatic brain injury, subarachnoid hemorrhage, stroke, or other neurological conditions), as well as the Glasgow Coma Scale (GCS) score at admission.

Overall severity was assessed using the Simplified Acute Physiology Score II (SAPS II) at admission.

Respiratory and Ventilatory Data

Respiratory variables included:

- duration of invasive mechanical ventilation prior to tracheostomy (expressed in hours or days);
- occurrence of ventilator-associated pneumonia (VAP) before and after tracheostomy;
- extubation failure rate.

Tracheostomy-Related Data

Variables specific to tracheostomy included:

- time to tracheostomy (in days from ICU admission);
- clinical context (with or without prior extubation attempt);
- technique used (surgical or percutaneous);
- duration of mechanical ventilation after tracheostomy.

Outcome Data and Complications

Outcome variables included:

- ICU length of stay;
- in-hospital mortality;
- decannulation status;
- decannulation failure.

Tracheostomy-related complications were analyzed and classified as:

- early complications (bleeding, local inflammatory complications);
- late complications (accidental decannulation, local infections, tracheal complications).

Variables Included in Regression Analysis

In multivariable analyses, the following variables were assessed as potential factors associated with outcomes (mortality, decannulation failure, complications):

- age;
- sex;
- GCS score at admission;
- SAPS II score;
- reason for admission;
- duration of mechanical ventilation prior to tracheostomy;
- time to tracheostomy;
- occurrence of VAP;
- extubation failure;
- functional clinical factors (particularly swallowing disorders when available);
- therapeutic anticoagulation;
- tracheostomy technique.

2.4 Statistical analysis

Categorical variables are expressed as counts and percentages, while continuous variables are presented as mean $\pm$ standard deviation or median with interquartile range (IQR), depending on their distribution.

Comparisons were performed using tests appropriate to the type of variables (chi-square test or Fisher's exact test for categorical variables, Student's t-test or Mann–Whitney U test for continuous variables).

Factors associated with outcomes of interest were analyzed using logistic regression, first in univariable analysis and then in multivariable analysis. Results are reported as odds ratios (OR) with their 95% confidence intervals (95% CI).

Comparisons of paired variables were performed using McNemar's test.

A two-sided p-value < 0.05 was considered statistically significant. Statistical analyses were conducted using standard statistical software.

Results

1 Characteristics of the study population

Between January 2016 and December 2024, a total of 749 ICU stays in the neurosurgical intensive care unit at Lille University Hospital were screened. Among these, 727 corresponded to unique stays in distinct patients, while the remaining stays were related to readmissions. After applying the inclusion criteria, 710 patients who underwent tracheostomy during their ICU stay were included in the final analysis.

The study population was predominantly male (63.5%, $n = 451$), with a mean age of 48.1 years. The median body mass index was 25.4 kg/m².

The leading causes of admission were subarachnoid hemorrhage (36.2%, $n = 257$) and traumatic brain injury (28.1%, $n = 200$). Other indications included polytrauma, spinal trauma, ischemic stroke, intracranial tumors, postoperative complications, and other neurological conditions.

The median length of stay in the neurosurgical ICU was 60.1 days (interquartile range [43–69]).

Patients presented with severe illness at admission, with a median SAPS II score of 52, corresponding to a predicted hospital mortality of 50.7%. The median Glasgow Coma Scale score at admission was 7 (IQR [4–13]).

2 Admission characteristics and neurological features

2.1 Subarachnoid hemorrhage

Among patients admitted for ischemic stroke, 20.3% ($n = 144$) had lesions involving the posterior fossa.

The majority of stroke patients requiring neurosurgical ICU admission had hemorrhagic stroke. In this subgroup, the median Fisher score was 4 and the median WFNS score was also 4.

Vasospasm occurred in 15.4% of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage ($n = 109$).

2.2 Traumatic brain injury

Among patients with traumatic brain injury, 21.7% ($n = 154$) had at least one skull fracture, including vault, base, or facial fractures.

Diffuse brain injury was observed in 19.7% of patients (n = 140).

2.3 Other admission characteristics

Overall, 72% of patients (n = 511) presented with subarachnoid hemorrhage, and 41.7% (n = 296) had at least one subdural hematoma according to imaging findings.

3 Respiratory characteristics

Among tracheostomized patients, 54.1% (n = 120) were smokers.

Swallowing disorders were observed in 35.1% of patients (n = 249) during their ICU stay. In parallel, percutaneous endoscopic gastrostomy was performed in 22.4% of patients (n = 159).

Respiratory comorbidities, including asthma, obstructive sleep apnea syndrome, and chronic obstructive pulmonary disease, were present in 17.6% of patients (n = 102).

Furthermore, 68.9% of patients (n = 336) had isolated neurological injury without associated thoracic trauma.

Acute respiratory distress syndrome occurred in 13% of patients (n = 92) during ICU stay.

4 Timing and procedural characteristics of tracheostomy

All patients (100%, n = 710) underwent surgical tracheostomy.

The procedure was performed by an intensivist in 82.4% of cases (n = 610), and by a surgeon in the remaining cases.

Tracheostomy was performed at a median of 21 days after ICU admission (IQR [19–25]), with half of the patients undergoing the procedure from day 22 onward.

5 Temporal and clinical features associated with tracheostomy

The median duration of invasive mechanical ventilation was 21 days prior to tracheostomy and 4.9 days thereafter.

Ventilator-associated pneumonia (VAP) was diagnosed in 84.2% of patients (n = 598) before tracheostomy and in 28.9% (n = 205) after the procedure.

6 Tracheostomy-related complications

Local bleeding at the tracheostomy site occurred in 13.9% of patients (n = 99), among whom 55 required blood transfusion within 48 hours.

Local inflammation was observed in 11.7% of patients (n = 83).

Mean C-reactive protein levels were 31.7 mg/L before tracheostomy and 24.1 mg/L within 48 hours after the procedure. Additionally, 36 significant complications were recorded within the cohort, representing 5.1% of patients. Among these, 20 cases of subcutaneous emphysema were observed (2.8%), along with 4 cases of accidental decannulation (0.6%), 5 cases of tracheal granulomas (0.7%), and 7 cases of tracheomalacia (1.0%).

7 Weaning and rehabilitation outcomes

Extubation failure was observed in 19.3% of patients (n = 137).

A speaking valve was used in 62% of patients (n = 440) during the weaning process.

Definitive decannulation was achieved in 38.9% of patients (n = 276) prior to ICU discharge.

Decannulation failure occurred in 3.8% of patients (n = 27), requiring immediate recannulation.

Mean serum albumin levels were 55.5 g/L before tracheostomy and 73.3 g/L within 48 hours thereafter.

Regarding outcomes, 2% of patients (n = 14) died in the ICU, 3.1% (n = 22) died later during the same hospital stay, and 17.5% (n = 124) died within one year after discharge.

8 Risk factors

8.1 Death during stay in hospital

In-hospital mortality was associated in bivariate analysis with initial severity (IGS2), duration of invasive mechanical ventilation (IMV), and neurological status. In multivariate analysis, IMV duration remained independently associated with an increased risk of death (adjusted OR 1.02 per day; 95% CI [1.00–1.05]; p = 0.04), reflecting the impact of prolonged respiratory dependence.

Conversely, the presence of a conscious state at day 7 after tracheostomy was associated with a significant reduction in the risk of death (adjusted OR 0.50; 95% CI [0.25–0.95]; p = 0.03), highlighting the importance of early neurological recovery.

The indication for tracheostomy, defined based on the level of consciousness prior to the procedure, was not independently associated with mortality. Tableau 1 : Décès lors du séjour

8.2 Canulation weaning failure

In-hospital mortality was associated in bivariate analysis with initial severity (IGS2), duration of invasive mechanical ventilation (IMV), and neurological status. In multivariate analysis, IMV duration remained independently associated with an increased risk of death (adjusted OR 1.02 per day; 95% CI [1.00–1.05]; $p = 0.04$), reflecting the impact of prolonged respiratory dependence.

Conversely, the presence of a conscious state at day 7 after tracheostomy was associated with a significant reduction in the risk of death (adjusted OR 0.50; 95% CI [0.25–0.95]; $p = 0.03$), highlighting the importance of early neurological recovery.

The indication for tracheostomy, defined based on the level of consciousness prior to the procedure, was not independently associated with mortality. Tableau 2 : Echec de décanulation

8.3 Local complications

Local complications, defined as a composite variable including inflammation, bleeding, or any documented complication, were observed in 25.1% of patients.

In bivariate analysis, only curative anticoagulation was associated with an increased risk of local complications. This association remained significant in multivariate analysis (adjusted OR 1.60; 95% CI [1.05–2.50]; $p = 0.03$).

No association was found with neurological variables, the indication for tracheostomy, or the operator, suggesting that these complications are primarily related to bleeding-related factors. Tableau 3 : Complications locales

Discussion

1 Study population and methodological considerations

Our study is based on a large monocentric cohort including 710 consecutive tracheostomized patients admitted to a neurosurgical intensive care unit over a nine-year period (2016–2024). This extended inclusion period limits the impact of temporal variations in clinical practice and ensures relative homogeneity in management strategies within the center.

The study population was characterized by a high level of severity, as reflected by a median SAPS II score of 52 and a median Glasgow Coma Scale score of 7 at admission. These findings indicate severe neurological impairment and support the physiological relevance of the tracheostomy indications observed. Indeed, tracheostomy is typically reserved for patients requiring prolonged mechanical ventilation or those unable to adequately protect their airway. The consistency between patient severity and therapeutic decisions reinforces the internal validity of our findings.

However, several limitations inherent to the observational design must be considered.

Indication bias represents the main limitation of our study. In our cohort, 80% of patients underwent tracheostomy without prior extubation attempt, suggesting that these patients were considered at high risk of extubation failure due to impaired consciousness, swallowing disorders, bronchial secretions, or ineffective cough. Consequently, patients undergoing primary tracheostomy are not directly comparable to those who underwent an extubation-first strategy, limiting any causal interpretation.

This bias is well described in the literature. In neurocritical patients, predictors of extubation failure are mainly neurological and remain difficult to standardize, making the decision highly dependent on clinical judgment. In our center, extubation attempts may be performed following a successful spontaneous breathing trial; however, success of the trial does not preclude extubation failure due to neurological impairment.

Consistently, the international prospective ENIO study reported that only 21.1% of patients underwent tracheostomy without prior extubation attempt, compared with 80% in our cohort, highlighting a more interventional local strategy. Nevertheless, the rate of extubation failure in our population (approximately 20%) is comparable to that reported in ENIO, suggesting that our cohort remains representative of neurocritical care populations. French academic studies, including those by Tudy and Hypolite, also highlight this variability and emphasize the lack of standardized criteria guiding tracheostomy decisions.

The analysis of tracheostomy timing is also subject to immortal time bias, as patients undergoing late tracheostomy must survive long enough to receive the procedure. This bias has been increasingly recognized and addressed in recent studies using target trial emulation approaches.

Finally, although monocentric, our study is not exempt from decision-making variability. Tracheostomy decisions are based on a multidimensional clinical assessment including neurological, respiratory, and infectious factors, without a formalized protocol, despite relative consistency in practice through multidisciplinary discussions within an experienced team. This variability is consistent with the literature, including the work of Gallice, highlighting the influence of local practices and clinician experience.

2 Clinical practice and external validity

The external validity of our findings appears overall satisfactory, despite some differences compared with international practices.

The high proportion of patients undergoing tracheostomy without prior extubation attempt contrasts with data from the ENIO study, where nearly 79% of patients undergo an extubation attempt before tracheostomy. This difference suggests a more primary tracheostomy-oriented strategy in our center. However, such variability is well documented and reflects the lack of consensus in neurocritical care.

Similarly, the mean timing of tracheostomy in our study (around day 21) appears later than in international reports, where tracheostomy is typically performed between days 7 and 15. This discrepancy must be interpreted in light of the specificities of neurocritical care, where timing is driven more by neurological evolution than by isolated respiratory criteria.

Unlike general ICU practice, where early liberation from mechanical ventilation is prioritized, neurocritical care places greater emphasis on airway protection, level of consciousness, cough efficiency, and secretion management. These differences limit direct extrapolation from general ICU data but reinforce the relevance of our findings in this specific population.

3 Risk Factor Analysis

Mortality was primarily associated with the duration of invasive mechanical ventilation, reflecting the impact of prolonged respiratory dependence on prognosis. This finding is consistent with the literature, in which ventilation duration is considered an indirect marker of disease severity and intercurrent complications.

In addition, the level of consciousness after tracheostomy emerged as an independent protective factor, highlighting the importance of early neurological recovery. This result suggests that neurological evolution during the ICU stay is more determinant than the patient's initial condition. Indeed, the indication for

tracheostomy, although correlated with pre-procedural level of consciousness, was not associated with mortality after adjustment, thereby limiting the hypothesis of indication bias.

Decannulation failure was mainly associated with functional factors, particularly swallowing disorders, which represented the main independent determinant. This finding is physiologically expected, as the ability to protect the airway is a key component of successful decannulation.

Post-tracheostomy level of consciousness also appeared as an independent protective factor, suggesting a close relationship between neurological recovery and respiratory autonomy. In contrast, initial neurological status was not independently associated with outcomes, supporting the notion that the patient's clinical trajectory is more informative than baseline characteristics.

The association observed in univariable analysis between respiratory indication and decannulation failure disappeared after adjustment, suggesting that this effect is mediated by functional factors, particularly swallowing disorders.

Local complications were primarily associated with curative anticoagulation, which emerged as the only independent factor. This finding underscores the central role of bleeding risk in the occurrence of these events.

Conversely, neither neurological variables, nor the indication for tracheostomy, nor operator type were associated with local complications. These results suggest a good level of procedural standardization and homogeneity of practices, regardless of operator specialty.

Finally, although minor local events such as inflammatory reactions or bleeding were relatively frequent, clinically significant complications remained rare, in line with existing literature.

4 Comparison with the literature

The optimal timing of tracheostomy remains a matter of debate. In general ICU populations, the TracMan randomized trial did not demonstrate a mortality benefit of early tracheostomy. Meta-analyses suggest modest benefits in terms of duration of mechanical ventilation and ICU length of stay, with inconsistent findings regarding ventilator-associated pneumonia (VAP) and no clear effect on mortality.

In neurocritical care, data are even more heterogeneous. The SETPOINT2 trial in severe stroke patients did not show improvement in functional outcomes at six months with early tracheostomy. Observational studies in severe traumatic brain injury report mixed results, with some suggesting shorter ventilation duration and ICU stay, but no consistent impact on mortality or long-term outcomes.

5 Ventilator-associated pneumonia

The incidence of VAP remains a key concern. In our cohort, a high rate of VAP was observed before tracheostomy (84.2%), with a markedly lower incidence thereafter (28.9%).

These findings must be interpreted cautiously due to temporal bias. Patients must survive and remain ventilated long enough to undergo tracheostomy, which may artificially inflate pre-tracheostomy VAP rates.

Beyond methodological considerations, the high incidence of VAP reflects the specific pathophysiology of neurocritical patients. Acute brain injury is associated with early systemic inflammation and immunodepression (BIIDS), increasing susceptibility to infections independently of ventilatory strategies.

Thus, VAP risk appears multifactorial and more closely related to neurological severity and overall ventilation duration than to tracheostomy timing alone.

6 Patient outcomes

The outcomes of tracheostomized patients represent a major issue beyond the acute ICU phase. Discharge from ICU often requires a structured care pathway involving intermediate care units, rehabilitation centers, or specialized facilities.

The presence of a tracheostomy may influence discharge planning and, in some cases, delay transfer due to limited availability of appropriate downstream facilities. Conversely, dedicated care pathways can optimize transitions and improve outcomes.

Tracheostomy-related complications must also be considered. Early complications include local bleeding and inflammation, while later complications may include accidental decannulation, infection, granuloma formation, tracheomalacia, emphysema, or fistula formation. These findings highlight the need for long-term follow-up and structured care pathways.

7 Strengths and limitations

This study benefits from a large sample size, a homogeneous and severe neurocritical population, a long inclusion period, and detailed real-world data reflecting routine clinical practice. The stability of the medical team and standardized local practices further strengthen the internal consistency of the findings.

However, limitations include the observational design, monocentric setting, indication bias, absence of standardized extubation protocols, and missing clinical variables. The analysis of VAP is also subject to temporal bias and confounding.

8 Implications and futures directions

Our findings support the need for individualized decision-making regarding tracheostomy in neurocritical care. Rather than advocating for systematically early or late tracheostomy, future strategies should focus on identifying patients most likely to benefit from the procedure.

The development of neuro-specific extubation scores and predictive models for tracheostomy, based on initial patient characteristics, represents a promising avenue. Ongoing studies, such as the BIPER study, aim to better define predictors of extubation failure.

Prospective multicenter studies and advanced analytical methods, including target trial emulation, are needed to improve causal inference and optimize management strategies.

Ultimately, the goal is not to perform tracheostomy earlier, but to perform it more appropriately, within a patient-centered and trajectory-based approach.

Conclusion

Tracheostomy plays a central role in the management of brain-injured patients admitted to the intensive care unit, in whom ventilator weaning depends not only on respiratory parameters but also on complex neurological factors such as level of consciousness, airway protection, cough effectiveness, and secretion management. Despite its widespread use, the decision to perform a tracheostomy remains poorly standardized, particularly in neurocritical care, where the optimal timing and patient selection criteria are still debated.

In this context, our study provides a detailed description of tracheostomized patients in the neurosurgical intensive care unit at Lille University Hospital over a nine-year period. It highlights a severely ill population, characterized by significant neurological impairment, prolonged ICU stay, and extensive exposure to invasive mechanical ventilation. Our findings also reflect a local practice pattern marked by a frequent use of primary tracheostomy without prior extubation attempts and a relatively late timing of the procedure, around day 21 of hospitalization.

This strategy differs from practices reported in some international cohorts but remains consistent with the substantial variability described in the literature. It also appears coherent with the specificities of neurocritical care, where predicting extubation failure remains challenging and largely depends on clinical, dynamic, and poorly standardized parameters. The relatively short duration of mechanical ventilation following tracheostomy further suggests that the procedure is performed at a later stage in the care trajectory, in patients likely selected as truly dependent on prolonged ventilatory support or requiring sustained airway protection.

Our study also demonstrates a high incidence of ventilator-associated pneumonia prior to tracheostomy. This finding underscores the early infectious vulnerability of brain-injured patients, related to prolonged intubation, impaired airway protection, and specific immunological mechanisms associated with acute brain injury. However, the interpretation of the direct impact of tracheostomy on infectious risk should remain cautious, given the observational design of the study and the associated time-related biases.

Beyond the acute phase, the long-term course of tracheostomized patients represents a major issue. The presence of a tracheostomy tube may influence discharge orientation, delay transfers, and require specialized care facilities trained in weaning, monitoring, and complication management. These elements highlight that tracheostomy should not be considered solely as a technical procedure, but rather as an integrated step within a comprehensive care pathway, from intensive care to rehabilitation.

The findings of this study therefore support an individualized approach to tracheostomy in neurocritical care. The challenge does not appear to be performing tracheostomy earlier in a systematic manner, but rather identifying more accurately the patients who are most likely to benefit from the procedure. In this regard, the database established in this work provides a valuable opportunity to develop predictive tools for tracheostomy based on patients' initial characteristics and underlying neurological conditions.

Finally, the absence of a standardized extubation protocol in our center, as in many neurocritical care units, emphasizes the need for dedicated prospective studies. The development of extubation readiness scores specific to brain-injured patients, the identification of risk factors for extubation failure, particularly within the framework of the ongoing BIPER study, and the implementation of multicenter studies using robust analytical methods represent essential future directions.

Ultimately, this study contributes to a better understanding of the role of tracheostomy in neurosurgical intensive care. It highlights the complexity of decision-making, the need for personalized management, and the importance of structuring adapted care pathways to improve not only ventilator weaning but also the overall outcomes of brain-injured patients.

Conclusion en Français

En conclusion, la trachéotomie constitue un élément clé de la prise en charge des patients neurolésés en réanimation neurochirurgicale, à l'interface entre problématiques respiratoires et neurologiques. Notre étude met en évidence la complexité de cette décision, qui ne peut reposer sur des critères uniquement ventilatoires mais doit intégrer l'évolution neurologique et la capacité de protection des voies aériennes. Dans un contexte marqué par une grande variabilité des pratiques et l'absence de standardisation, nos résultats soulignent l'intérêt d'une approche individualisée, centrée sur le patient et sa trajectoire clinique. L'identification précoce des patients susceptibles de bénéficier d'une trachéotomie, ainsi que le développement d'outils prédictifs adaptés à la neuro-réanimation, apparaissent comme des enjeux majeurs pour optimiser la prise en charge. Enfin, l'intégration de la trachéotomie dans un parcours de soins structuré, incluant le sevrage, la réhabilitation et le suivi à long terme, est essentielle pour améliorer le devenir global de ces patients.

Liste des figures

- Figure 1 : canule de trachéotomie (https://www.srlf.org/wp-content/uploads/2018/06/20180516-JForm-Tracheo_Neuro-1-G.Capellier.pdf) 18
- Figure 2 : Furlow, P.W. and D.J. Mathisen, Surgical anatomy of the trachea. Ann Cardiothorac Surg, 2018. 20
- Figure 3 : Structures vasculaires de la région antérieure du cou (Raimonde AJ, Gaston S, Wang CF. Tracheostomy. [Updated 2025 Sep 15]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> 20
- Figure 4 : Représentation schématisée du circuit ventilatoire montrant la contribution de la pièce en Y à l'espace mort, d'après F.Lellouche Réanimation (2016) 25 : 35-55 22
- Figure 5 : Repères anatomiques superficiels du cou (Raimonde AJ, Gaston S, Wang CF. Tracheostomy. [Updated 2025 Sep 15]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK5591> 27
- Figure 6 : Trachéotomie percutanée par dilatations successives. Après ponction trachéale et insertion du guide métallique, le surguide en téflon est positionné en direction de la trachée (a). Il permet d'orienter les dilatations successives par 7 bougies de cali 29
- Figure 7 : Étapes de réalisation d'une trachéotomie percutanée selon la technique de Seldinger avec contrôle fibroscopique à chaque étape : (A) ponction trachéale ; (B) mise en place du guide intratrachéal ; (C) dilatation du trajet cutané-trachéal ; (D) mise en place de la canule de trachéotomie (EMC : traité de chirurgie, trachéotomie chirurgicale) 29
- Figure 8 : Exposition de la ligne blanche. 1. Peau et tissu cellulaire sous-cutané ; 2. muscle peaucier du cou ; 3. veine jugulaire antérieure ; 4. muscles infra-hyoïdiens ; 5. ligne blanche. (EMC : traité de chirurgie trachéotomie chirurgicale) 31
- Figure 9 : Trachéotomie sous isthmique (EMC : traité de chirurgie trachéotomie chirurgicale) 31
- Figure 10 : Incisions trachéales. A. Incision inter-annulaire. B. Volet à charnière inférieure. C. Incision en « H » inversé. D. Résection d'un ou de deux anneaux trachéaux. (EMC : traité de chirurgie trachéotomie chirurgicale) 31
- Figure 11 : canule de trachéotomie fenêtrée (à gauche) avec chemise interne non-fenêtrée (au centre), fenêtrée (à droite) et le mandrin de mise en place de la canule (entre les deux chemises internes) (source : www.adom-materiel-medical.com). 33

Figure 12 : Position du polygone de Willis dans l'espace sous-arachnoïdien. Lorsqu'un anévrisme se forme et qu'il se rompt, cela va entraîner une issue de sang dans le LCS, correspondant à une HSA (Source : CEN, 2019)	37
Figure 13 : Échelle scanographique de Fisher (Source : CEN, 2019)	38
Figure 14 : Les agressions cérébrales secondaires d'origine systémique (ACSOS). ((Source : CEN, 2019)	40
Figure 15 : Nombres de trachéotomies réalisées chaque année entre 2016 et 2024 (Source : Léa Grumiaux, ingénieure data INCLUDE)	49

Tableaux

Tableau 1 : Décès lors du séjour.....	44
Tableau 2 : Echec de décanulation	45
Tableau 3 : Complications locales.....	46

Annexes

Score WFNS			
Grade	Glasgow	Déficit moteur	GOS défavorable à 6 mois
I	15	Absent	< 20%
II	13 ou 14	Absent	30%
III	13 ou 14	Présent	50%
IV	7 à 12	NA	60%
V	3 à 6	NA	> 90% (dont mortalité > 90%)

Table 1 : score WFNS

Cotation de la force musculaire selon le Medical Research Council¹⁶

0 = Aucune contraction
1 = Contraction visible n'entraînant aucun mouvement
2 = Contraction permettant le mouvement en l'absence de pesanteur
3 = Contraction permettant le mouvement contre la pesanteur
4 = Contraction permettant le mouvement contre la résistance
5 = Force musculaire normale

Table 2 : Échelle MRC (<https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2014/revue-medicale-suisse-428/maintien-des-capacites-des-myopathes-ou-l-art-de-prescrire-l-exercice-physique>)

Références

- (1) Trouillet JL, Collange O, Belafia F, Blot F, Capellier G, Cesareo E, et al. Tracheotomy in the intensive care unit: guidelines from a French expert panel. *Ann Intensive Care*. 2018;8(1):37.
- (2) Masson E. Trachéotomie chirurgicale de l'adulte [Internet]. EM-Consulte; 2025 [cité 15 mars 2025]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1637808/tracheotomie-chirurgicale-de-l-adulte>
- (3) Castro-Núñez J, Cruz-Ramos P, Cabrera V, González A. Parkland's 12-Minute Tracheotomy: Is It Reproducible? *J Oral Maxillofac Surg*. 2022;80(8):1382–1388.
- (4) Quiñones-Ossa GA, Durango-Espinosa YA, Padilla-Zambrano H, Ruiz J, Moscate-Salazar LR, Galwankar S, et al. Current status of indications, timing, management, complications, and outcomes of tracheostomy in traumatic brain injury patients. *J Neurosci Rural Pract*. 2020;11(2):222–229.
- (5) Taveira I, Neto R, Salvador P, Costa R, Fernandes P, Castelões P. Determinants of the need for tracheostomy in neurocritical patients. *Cureus*. 2020;12(11):e11654.
- (6) Deng H, Fang Q, Chen K, Zhang X. Early versus late tracheotomy in ICU patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(3):e24329.
- (7) Tanaka A, Uchiyama A, Kitamura T, Sakaguchi R, Komukai S, Matsuyama T, et al. Association between early tracheostomy and patient outcomes in critically ill patients on mechanical ventilation: a multicenter cohort study. *J Intensive Care*. 2022;10(1):19.
- (8) Abe T, Madotto F, Pham T, Nagata I, Uchida M, Tamiya N, et al. Epidemiology and patterns of tracheostomy practice in patients with acute respiratory distress syndrome in ICUs across 50 countries. *Crit Care*. 2018;22(1):195.
- (9) Chen XH, Zhao JJ, Chen C, Yao L. Establishment and validation of a predictive model for tracheotomy in critically ill patients and analysis of the impact of different tracheotomy timing on patient prognosis. *BMC Anesthesiol*. 2024;24(1):175.
- (10) Shan L, Hao P, Xu F, Chen YG. Benefits of early tracheotomy: a meta-analysis based on 6 observational studies. *Respir Care*. 2013;58(11):1856–1862.
- (11) Skrzypiec Ł, Rot P, Fus M, Witkowska A, Możański M, Jurkiewicz D. Early or late tracheotomy in patients after multiple organ trauma. *Otolaryngol Pol*. 2021;75(6):23–27.
- (12) Liu X, Wang HC, Xing YW, He YL, Zhang ZF, Wang T. The effect of early and late tracheotomy on outcomes in patients: a systematic review and cumulative meta-analysis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2014;151(6):916–922.
- (13) Zheng Y, Sui F, Chen XK, Zhang GC, Wang XW, Zhao S, et al. Early versus late percutaneous dilational tracheostomy in critically ill patients anticipated requiring prolonged mechanical ventilation. *Chin Med J (Engl)*. 2012;125(11):1925–1930.

- (14) Andriolo BN, Andriolo RB, Saconato H, Atallah ÁN, Valente O. Early versus late tracheostomy for critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(1):CD007271.
- (15) Terragni PP, Antonelli M, Fumagalli R, Faggiano C, Berardino M, Pallavicini FB, et al. Early vs late tracheotomy for prevention of pneumonia in mechanically ventilated adult ICU patients: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2010;303(15):1483–1489.
- (16) Nieszkowska A, Combes A, Luyt CE, Ksibi H, Trouillet JL, Gibert C, et al. Impact of tracheotomy on sedative administration, sedation level, and comfort of mechanically ventilated intensive care unit patients. *Crit Care Med*. 2005;33(11):2527–2533.
- (17) Herritt B, Chaudhuri D, Thavorn K, Kubelik D, Kyeremanteng K. Early vs late tracheostomy in intensive care settings: impact on ICU and hospital costs. *J Crit Care*. 2018;44:285–288.
- (18) Raimondi N, Vial MR, Calleja J, Quintero A, Cortés A, Celis E, et al. Evidence-based guidelines for the use of tracheostomy in critically ill patients. *J Crit Care*. 2017;38:304–318.
- (19) Lim S, Park H, Lee JM, Lee K, Heo W, Hwang SH. Comparison of conventional surgical tracheostomy and percutaneous dilatational tracheostomy in the neurosurgical intensive care unit. *Korean J Neurotrauma*. 2022;18(2):246–253.
- (20) L'Her E, Renault A. Les trachéotomies percutanées. *Réanimation*. 2001;10(1):53–60.
- (21) Shah RK, Lander L, Berry JG, Nussenbaum B, Merati A, Roberson DW. Tracheotomy outcomes and complications: a national perspective. *Laryngoscope*. 2012;122(1):25–29.
- (22) Klemm E, Nowak AK. Tracheotomy-related deaths. *Dtsch Arztebl Int*. 2017;114(16):273–279.
- (23) Brass P, Hellmich M, Ladra A, Ladra J, Wrzosek A. Percutaneous techniques versus surgical techniques for tracheostomy. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2016 [cité 28 avr 2025];(7). Disponible sur: <https://www.readcube.com/articles/10.1002/14651858.cd008045.pub2>
- (24) Higgins KM, Punthakee X. Meta-analysis comparison of open versus percutaneous tracheostomy. *Laryngoscope*. 2007;117(3):447–454.
- (25) Cracco C, Demoule A, Harb A, Taright N, Lefort Y, Derenne JP, et al. Trachéotomie en réanimation : pronostic et rôle d'une insuffisance respiratoire chronique. *Rev Mal Respir*. 2005;22(5 Pt 1):751–757.
- (26) Schönenberger S, Al-Suwaidan F, Kieser M, Uhlmann L, Bösel J. The SETscore to predict tracheostomy need in cerebrovascular neurocritical care patients. *Neurocrit Care*. 2016;25(1):94–104.
- (27) Diehl JL, El Atrous S, Touchard D, Lemaire F, Brochard L. Changes in the work of breathing induced by tracheotomy in ventilator-dependent patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159:383–388.
- (28) Hughes RA, Wijdicks EF, Benson E, Cornblath DR, Hahn AF, Meythaler JM, et al. Supportive care for patients with Guillain-Barré syndrome. *Arch Neurol*. 2005;62:1194–1198.
- (29) Wang S, Zhang L, Huang K, Lin Z, Qiao W, Pan S. Predictors of extubation failure in neurocritical patients: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(12):e112198.

- (30) Cinotti R, Roquilly A, et al. Extubation in neurocritical care patients: the ENIO international prospective study. *Intensive Care Med.* 2022;48(11):1535–1546.
- (31) Bernard T. Les complications des trachéotomies percutanées versus chirurgicales en réanimation.
- (32) Hypolite LM. La trachéotomie chez les patients de réanimation médicale : une pratique courante à risque de complications. Étude rétrospective observationnelle de cohorte sur 11 ans. CHRU Nancy.
- (33) Giannakoulis VG, Psychogios G, Routsis C, Dimopoulou I, Siempos II. Effect of early versus delayed tracheostomy strategy on functional outcome of patients with severe traumatic brain injury: a target trial emulation. *Crit Care Explor.* 2024;6(8):e1145.
- (34) Gallice T. Optimisation de la rééducation de la déglutition et du sevrage de la trachéotomie chez le patient cérébro-lésé [Thèse]. Université de Bordeaux; 2024. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-04876864>
- (35) Vargas M, Sutherasan Y, Antonelli M, Brunetti I, Corcione A, Laffey JG, et al. Tracheostomy procedures in the intensive care unit: an international survey. *Crit Care.* 2015;19(1):291.
- (36) Young SR, Bouloux GF, Perez SD, Abramowicz S. Does length of intubation before tracheostomy affect intensive care unit length of stay? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017;124(6):525–528.
- (37) Siempos II, Ntaidou TK, Filippidis FT, Choi AMK. Effect of early versus late or no tracheostomy on mortality and pneumonia of critically ill patients receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Respir Med.* 2015;3(2):150–158.
- (38) Bösel J, Niesen WD, Salih F, Morris NA, Ragland JT, Gough B, et al. Effect of early vs standard approach to tracheostomy on functional outcome at 6 months among patients with severe stroke receiving mechanical ventilation: the SETPOINT2 randomized clinical trial. *JAMA.* 2022;327(19):1899–1909.
- (39) Dunham CM, Cutrona AF, Gruber BS, Calderon JE, Ransom KJ, Flowers LL. Early tracheostomy in severe traumatic brain injury: evidence for decreased mechanical ventilation and increased hospital mortality. *Int J Burns Trauma.* 2014;4(1):14–24.
- (40) Alali AS, Scales DC, Fowler RA, Mainprize TG, Ray JG, Kiss A, et al. Tracheostomy timing in traumatic brain injury: a propensity-matched cohort study. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014;76(1):70–76.
- (41) Forel JM, Voillet F, Pulina D, Gacouin A, Perrin G, Barrau K, et al. Ventilator-associated pneumonia and ICU mortality in severe ARDS patients ventilated according to a lung-protective strategy. *Crit Care.* 2012;16(2):R65.
- (42) Sharma R, Shultz SR, Robinson MJ, Belli A, Hibbs ML, O'Brien TJ, et al. Infections after a traumatic brain injury: the complex interplay between the immune and neurological systems. *Brain Behav Immun.* 2019;79:63–74.
- (43) Young D, Harrison DA, Cuthbertson BH, Rowan K. Effect of early vs late tracheostomy placement on survival in patients receiving mechanical ventilation: the TracMan randomized trial. *JAMA.* 2013;309(20):2121–2129.

AUTEUR : Nom : SOUMARE **Prénom :** Assa
Date de Soutenance : 22/05/2026
Titre de la Thèse : Morbi-mortalité de la trachéotomie en Réanimation Neurochirurgicale : Étude de cohorte rétrospective monocentrique au CHU de Lille
Thèse - Médecine - Lille 2026
Cadre de classement : Médecine
DES + FST ou option : Anesthésie-Réanimation
Mots-clés : trachéotomie, hémorragie méningée, traumatisme crânien, ventilation mécanique prolongée

Résumé : Introduction :

Le timing optimal de la trachéotomie en neuro-réanimation reste débattu. Contrairement à la réanimation générale, la décision repose largement sur des facteurs neurologiques difficiles à standardiser. L'objectif de cette étude était de décrire les pratiques en vie réelle et d'identifier les déterminants cliniques et pronostiques de la trachéotomie en réanimation neurochirurgicale.

Matériel et Méthodes : Étude observationnelle rétrospective monocentrique incluant 710 patients trachéotomisés en réanimation neurochirurgicale au CHU de Lille entre 2016 et 2024. Les données démographiques, neurologiques et respiratoires ont été analysées, incluant le timing de la trachéotomie, la ventilation mécanique, les PAVM, les complications et les modalités de sevrage. Des analyses multivariées ont été réalisées pour identifier les facteurs associés à la mortalité et à l'échec de décanulation

Résultats : La population était sévère (IGS2 médian 52, Glasgow médian 7), dominée par les hémorragies méningées (36,2 %) et les traumatismes crâniens (28,1 %). Les indications de trachéotomie étaient majoritairement neurologiques (62 %). La trachéotomie était réalisée tardivement (J21), après une ventilation mécanique prolongée (21 jours avant, 4,9 jours après).

Une incidence élevée de PAVM était observée avant la trachéotomie (84,2 %), nettement moindre après (28,9 %), suggérant une vulnérabilité infectieuse précoce.

La mortalité était indépendamment associée à la durée de ventilation mécanique (OR 1,02/jour). À l'inverse, un état conscient à J+7 après trachéotomie était protecteur (OR 0,50), soulignant le rôle majeur de la récupération neurologique. Une amélioration de l'état de conscience était observée chez 36 % des patients ($p < 0,001$).

Les troubles de la déglutition constituaient le principal facteur de risque d'échec de décanulation (OR 3,00), tandis que l'état de conscience était protecteur.

Conclusion : Dans cette large cohorte de patients neurolésés, la trachéotomie est réalisée tardivement, après une ventilation mécanique prolongée. La récupération neurologique apparaît comme déterminant majeur du succès de décanulation. Ces résultats soutiennent une stratégie sélective plutôt que systématique de trachéotomie précoce, fondée sur une évaluation individualisée des trajectoires neurologiques et respiratoires.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Benoit TAVERNIER
Assesseeurs : Monsieur le Docteur Nicolas DECLERCK
 Madame le Docteur Emmanuelle JAILLETTE
Directeur : Monsieur le Docteur Victor LESTRADE