

Intubation en réanimation

A. de Jong, S. Jaber

PLAN DU CHAPITRE

Quels sont les patients à risque d'intubation difficile et de complications de l'intubation ?

Comment améliorer la préoxygénation avant intubation ?

Quel type d'anesthésie utiliser pour l'intubation ?

Recommandations pour limiter les complications liées à la procédure d'intubation : l'algorithme d'intubation en réanimation de Montpellier

Outils d'intubation

Algorithme de prise en charge des voies aériennes

Conclusion

La gestion des voies aériennes est une situation fréquemment rencontrée en réanimation [1]. L'hypoxémie et la défaillance cardiovasculaire représentent les complications initiales les plus sévères associées à la difficulté de gestion des voies aériennes, à la fois dans les secteurs d'urgence et de réanimation [2–4] et dans les intubations prévues (chirurgies prévues ou procédures invasives) [5]. Pour prévenir et limiter l'incidence des complications vitales liées à l'intubation, plusieurs techniques de préoxygénation [6] et algorithmes d'intubation ont été proposés.

Les objectifs de ce chapitre sont de présenter les méthodes pour sécuriser de façon optimale la procédure d'intubation et ainsi diminuer ses complications, souvent sévères, pouvant engager le pronostic vital. Pour cela, nous présenterons les outils pour mieux identifier les patients à haut risque d'intubation difficile (par exemple, le MACOCHA-score) et ses complications, puis décrirons des stratégies pour améliorer la préoxygénation avant intubation et discuterons les différentes modalités de l'anesthésie pour l'intubation. Nous proposerons ensuite un protocole d'intubation (l'algorithme d'intubation en réanimation de Montpellier) pour limiter les complications liées à l'intubation et ferons part de données récentes au sujet du rôle des vidéolaryngoscopes en réanimation. Enfin, nous soumettrons un algorithme pour une prise en charge optimale des voies aériennes en réanimation (l'algorithme de prise en charge des voies aériennes en réanimation de Montpellier).

Quels sont les patients à risque d'intubation difficile et de complications de l'intubation ?

Tous les patients de réanimation peuvent être considérés à risque de complications liées à la procédure d'intubation [1]. La principale indication d'intubation en réanimation est la défaillance respiratoire aiguë [2–4]. Dans ce cas, le risque d'hypoxémie et de collapsus cardiovasculaire pendant la procédure d'intubation (souvent cruciale) est particulièrement élevé (15 à 50 %) [2, 4]. La faiblesse des muscles respiratoires (« insuffisance ventilatoire ») et l'altération des échanges gazeux (« insuffisance respiratoire ») sont souvent présentes. Il est donc utile d'anticiper les complications vitales qui peuvent survenir pendant l'intubation.

En cas de grossesse ou d'obésité, la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) est réduite et le risque d'atélectasies augmenté, ce qui conduit à une hypoxémie plus rapide, risque très augmenté en réanimation par rapport à l'intubation pour chirurgie réglée. Dans une étude récente réalisée uniquement chez des patients obèses [7], l'incidence de l'intubation difficile était deux fois plus fréquente en réanimation qu'au bloc opératoire et les complications liées à l'intubation survenaient 20 fois plus souvent en réanimation. Ces complications étaient associées à la fois à la difficulté de l'intubation et au lieu de l'intubation en réanimation.

Les autres patients à risque de complications sont ceux qui ne peuvent pas tolérer un degré moyen d'hypoxémie (épilepsie, maladie cérébrovasculaire, patient coronarien, drépanocytose, etc.).

Enfin, les patients considérés difficiles à intuber sont particulièrement à risque de complications [8] du fait de l'augmentation de la durée de la procédure d'intubation.

L'incidence de l'arrêt cardiaque, complication la plus redoutée de l'intubation, était de 2,7 % dans une étude rétrospective [9]. Cinq facteurs de risque indépendants prédictifs d'arrêt cardiaque per-intubation ont été identifiés, incluant :

- trois facteurs de risque potentiellement modifiables : hypoxémie avant intubation, défaillance hémodynamique avant intubation, absence de préoxygénation ;
- deux non modifiables : indice de masse corporelle (IMC) > 25 kg·m⁻² (surpoids ou obésité) et âge > 75 ans.

Bien que plusieurs facteurs de risque et scores prédisant l'intubation difficile aient été identifiés en anesthésie, jusqu'à récemment aucun score clinique n'avait été développé chez les patients intubés en réanimation. Nous avons récemment évalué ces facteurs de risque d'intubation difficile en réanimation [4]. Un score prédictif d'intubation difficile, le MACOCHA-score, a été développé puis validé de façon externe. Les principaux facteurs prédictifs d'intubation difficile retrouvés sont spécifiques au patient (Mallampati score III ou IV, syndrome d'apnées du sommeil, mobilité cervicale réduite, limitation de l'ouverture de bouche), à la pathologie (coma, hypoxie sévère) et à l'opérateur (non-anesthésiste) (tableau 59.1). Le score varie de 0 (intubation très facile) à 12 (intubation très difficile). Un seuil de 3 ou plus semble le plus approprié, permettant une valeur prédictive négative optimale (respectivement 97 % et 98 % dans les cohortes de développement et de validation) et une valeur prédictive positive moyenne (respectivement 48 % et 36 % dans les cohortes de développement et de validation).

Tableau 59.1**Calcul du score de MACOCHA.**

Facteurs	Points
Facteurs liés au patient	
Score de Mallampati III ou IV	5
Syndrome d'Apnées du sommeil	2
Mobilité Cervicale réduite	1
Ouverture de bouche limitée < 3 cm	1
Facteurs liés à la pathologie	
Coma	1
Hypoxémie sévère (< 80 %)	1
Facteurs liés à l'opérateur	
Non-Anesthésiste	1
Total	12
M : Mallampati score III ou IV A : Apnées du sommeil C : Cervicale (mobilité rachidienne réduite) O : Ouverture de bouche < 3 cm C : Coma H : Hypoxémie A : Anesthésiste non entraîné	
Codé de 0 à 12 0 = Facile 12 = Très difficile	

Il faut noter que l'*Intubation Difficulty Scale* (IDS) est une échelle quantitative d'intubation difficile qui permet d'évaluer objectivement la complexité de l'intubation trachéale, mais *a posteriori* et non *a priori* [10].

Comment améliorer la préoxygénation avant intubation ?

Ventilation spontanée

Plusieurs manœuvres de préoxygénation en ventilation spontanée (par exemple 3 à 8 capacités vitales ou 3 minutes de ventilation à volume courant) existent et semblent être d'efficacité comparable [11]. Quelques détails techniques, cependant, peuvent être responsables de différences significatives. Premièrement, le clinicien doit être sûr que le masque est approprié à la morphologie du patient. Deuxièmement, le débit de gaz frais doit être assez fort pour homogénéiser la ventilation pulmonaire et diminuer l'impact des fuites. Troisièmement, les fuites doivent être évitées et diagnostiquées, en cas de ballon vide ou par l'absence d'une courbe de capnographie normale, car les fuites altèrent l'efficacité de la préoxygénation.

Il existe un reflet objectif de l'oxygène présent dans les poumons. Il s'agit de la concentration expirée en oxygène, qui permet d'évaluer la pression alvéolaire en oxygène (PAO₂). Lors de la préoxygénation, l'objectif communément adopté de PAO₂ est de 90 % [1, 11]. Cet objectif est atteint plus rapidement quand de l'oxygène pur (fraction inspirée en oxygène de 100 %) est administré. Bien que le clinicien doive être conscient des complications potentielles de la dénitrégation, telles que l'atélectasie, le bénéfice de parvenir à une fraction expirée en oxygène de 90 % avant de tenter l'intubation est supérieur aux risques de développement d'atélectasie.

Chez les patients de réanimation, le bénéfice d'une durée prolongée de préoxygénation en ventilation spontanée n'a pas été clairement démontré. Beaucoup d'entre eux présentent une insuffisance respiratoire aiguë avec un certain degré de shunt, une capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) réduite, et ne répondent pas aussi bien à l'administration d'oxygène que les patients subissant une chirurgie programmée [12]. Mort a mis en évidence une augmentation modérée de la PaO₂ après 4 minutes de préoxygénation (de 67 à 104 mm Hg avant et après la préoxygénation). Malgré la préoxygénation, la moitié des 42 patients inclus dans l'étude ont présenté une hypoxie sévère pendant l'intubation [12]. De plus, une augmentation de la durée de préoxygénation de 4 à 8 minutes s'est avérée inefficace dans une étude ultérieure [13].

Position

La position du patient est également un facteur important lors de la préoxygénation pour limiter la diminution de la CRF. Des études ont rapporté que la préoxygénation en position semi-assise peut permettre d'atteindre une meilleure PAO₂. Cette position semi-assise pourrait également prolonger le temps avant hypoxémie chez des patients obèses subissant une chirurgie programmée [14]. Chez des patients non obèses subissant une chirurgie programmée, seulement une étude a fait état d'un impact bénéfique de la position proclive (tête surélevée à 20°) pendant la préoxygénation en termes de désaturation [15]. La position proclive ne semble pas bénéfique chez les patientes enceintes, probablement parce que l'utérus gravide refoule le diaphragme dans sa position la plus haute et à cause de l'effet délétère de la position assise sur le flux veineux cave inférieur.

Ventilation non invasive (VNI) en pression positive

La pression expiratoire positive (PEP) associée à un haut débit d'oxygène est une méthode de préoxygénation qui a été évaluée chez le patient obèse morbide. Le but de la pression positive est d'augmenter la proportion de poumon aéré lors de la préoxygénation et donc de limiter la diminution de la CRF. Cette limitation de la diminution de la CRF résulte en une augmentation des réserves pulmonaires en oxygène et peut également permettre de conserver la capacité de fermeture (CF) en dessous de la CRF, et donc de maintenir les alvéoles ouvertes.

Au bloc opératoire, de nombreuses études ont montré un bénéfice de l'application d'une PEP avec oxygène pour la préoxygénation des patients obèses morbides [16, 17].

Dans une étude réalisée sur des patients obèses morbides, notre équipe a montré que la VNI (réglages : pression inspiratoire de 8 cm H₂O et PEP de 6 cm H₂O) pendant 5 minutes était sûre, faisable et efficace [18]. Nous avons rapporté que 95 % des patients atteignaient la cible de fraction expirée en oxygène de 90 % dans le groupe VNI comparé à 50 % dans le groupe oxygène seul [18].

La préoxygénation par VNI a également été évaluée chez les patients de réanimation. Notre équipe a rapporté ses bénéfices par rapport à l'administration d'oxygène seul [19]. En effet, dans une étude randomisée contrôlée incluant des patients hypoxémiques, l'incidence de l'hypoxémie sévère (SpO₂ < 80 %) dans les 30 minutes suivant l'intubation était de 7 % dans le groupe VNI (aide inspiratoire : 5-15 cm H₂O, PEP : 5-10 cm H₂O, FiO₂ = 100 %), comparée à 42 % dans le groupe oxygène. Les résultats de cette étude ont ensuite été confirmés, sans montrer de différence sur le taux de défaillances d'organes à J7 des patients [20].

Pour réaliser de la VNI pendant 3 à 5 minutes chez les patients de réanimation, le masque facial disponible dans chaque chambre de réanimation est suffisant. Le patient doit être en position proclive, la FiO₂ réglée à 100 %, la pression inspiratoire réglée pour obtenir un volume courant entre 6 et 10 mL·kg⁻¹ et une fréquence respiratoire de 10 à 25 cycles·min⁻¹. La durée de la procédure correspond usuellement au temps nécessaire à la préparation des drogues et outils pour intuber. Dans une étude ultérieure, la VNI incluse dans un protocole visant à diminuer les complications de l'intubation en réanimation était associée à une diminution des hypoxémies vitales dans une étude multicentrique [3] (tableau 59.2). La préoxygénation par VNI chez les patientes enceintes n'a jamais été formellement évaluée.

Tableau 59.2**Protocole de prise en charge de l'intubation en réanimation, adapté de Jaber [2] :
« Algorithme d'intubation en réanimation de Montpellier ».**

Pré-intubation
<ol style="list-style-type: none"> 1. Présence de deux opérateurs 2. Remplissage (sérum salé isotonique 500 mL ou colloïdes 250 mL) en l'absence d'œdème cardiogénique 3. Préparation de la sédation à long terme 4. 4Préoxygénation pendant 3 minutes en VNI en cas de défaillance respiratoire aiguë (FiO₂ 100 %, niveau d'aide inspiratoire entre 5 et 15 cm H₂O pour obtenir un volume de fin d'expiration entre 6 et 8 mL·kg⁻¹ et une PEP de 5 cm H₂O)
Per-intubation
<ol style="list-style-type: none"> 5. Induction en séquence rapide : <ul style="list-style-type: none"> – Étomidate 0,2–0,3 mg·kg⁻¹ ou kétamine 1,5–3 mg·kg⁻¹ – Succinylcholine 1–1,5 mg·kg⁻¹ (en l'absence d'allergie, hyperkaliémie, acidose sévère, maladie neuromusculaire aiguë ou chronique, patient brûlé pendant plus de 48 heures et traumatisme médullaire) – Rocuronium : 0,6 mg·kg⁻¹ IVD en cas de contre-indication à la succinylcholine ou un séjour prolongé en réanimation ou un facteur de risque de neuromyopathie 6. Manœuvre de Sellick
Post-intubation
<ol style="list-style-type: none"> 7. Confirmation immédiate du placement de la sonde trachéale par capnographie 8. Noradrénaline si la pression artérielle diastolique reste inférieure à 35 mm Hg 9. Début de la sédation à long terme 10. Initiation de la « ventilation protectrice » : volume courant 6-8 mL·kg⁻¹, PEP < 5 cm H₂O et fréquence respiratoire entre 10 et 20 cycles·min⁻¹, FiO₂ 100 % pour une pression de plateau < 30 cm H₂O 11. Manœuvre de recrutement : PEP de 40 cm H₂O pendant 40 secondes, FiO₂ 100 % (en l'absence de collapsus cardiovasculaire) 12. 12. Maintien d'une pression de ballonnet à 25-30 cm H₂O

Oxygénothérapie à haut débit par Optiflow®

Les résultats d'une étude évaluant les mesures endotrachéales de fraction inspirée en oxygène [22] montrent que ces trois dispositifs permettent d'atteindre des FiO₂ élevées, de l'ordre de 90 % pour les canules nasales et le masque à haute concentration, et de l'ordre de 80 % pour le système Boussignac®. À l'inverse, seul le système Boussignac® permet de générer une pression dans les voies aériennes qui est positive durant l'ensemble du cycle ventilatoire, à l'expiration comme à l'inspiration. Si le masque d'oxygène à haute concentration fournit une pression nulle dans les voies aériennes, le système Optiflow® permet de générer une pression modeste, inférieure à 6 cm H₂O pour la PEP et inférieure à 3 cm H₂O pour la pression moyenne, bouche fermée. L'ouverture de la bouche entraîne un effondrement de la PEP et de la pression moyenne avec des mesures médianes respectivement inférieures à 3 et à 1 cm H₂O [21].

L'oxygénation apnéique est un phénomène physiologique où la différence entre les taux alvéolaires d'élimination de l'oxygène et d'excrétion du dioxyde de carbone génère un gradient de pression négatif allant jusqu'à 20 cm H₂O. Ce gradient de pression négatif permet l'entrée de l'oxygène dans les poumons, à condition qu'il existe une perméabilité des voies aériennes entre les poumons et l'atmosphère. Des études cliniques ont évalué l'effet de l'oxygénation apnéique, avec des résultats contradictoires [23]. Miguel-Montanes et al. [24] ont montré qu'une préoxygénation avec une oxygénothérapie nasale à haut débit à 60 L·min⁻¹ permettait d'augmenter la SpO₂ médiane la plus

basse pendant la procédure d'intubation par rapport à une préoxygénation à l'aide d'un masque facial à oxygène, chez des patients présentant une hypoxémie légère à modérée. Sakles et al. [25, 26] ont également retrouvé une réduction de la désaturation en oxygène en utilisant l'oxygénation apnéique dans le service des urgences. Cependant, Vourc'h et al. [27] n'ont mis en évidence aucune différence pour les valeurs minimales de SpO₂ pendant l'intubation chez des patients sévèrement hypoxémiques lors d'une étude randomisée contrôlée comparant préoxygénation par 60 L·min⁻¹ d'oxygénothérapie nasale à haut débit et par un masque facial à oxygène. De même, Semler et al. [28] ont constaté que l'administration supplémentaire d'oxygène par canule nasale de 15 L·min⁻¹ ne permettait pas de diminuer le taux de désaturation per-intubation. Les résultats contradictoires de ces études peuvent s'expliquer par des différences dans les types d'étude, les paramètres de l'oxygénothérapie et les critères de sélection des patients : l'efficacité de l'oxygénation apnéique dépend de la FiO₂ délivrée, de la liberté des voies aériennes, du débit d'oxygène, de la membrane alvéolo-capillaire et du degré de l'hypoxémie. La technique de préoxygénation associant VNI et oxygénothérapie nasale à haut débit, combinant respectivement les notions de prévention du dérecrutement alvéolaire et d'oxygénation apnéique, a été récemment évaluée [29]. La saturation la plus basse au cours du processus d'intubation était significativement plus élevée en utilisant l'association de la VNI et de l'oxygénothérapie nasale à haut débit (méthode OPTINIV), par rapport à la VNI seule.

Manœuvres de recrutement

Comme discuté plus haut, le rationnel d'utilisation de la VNI pendant la préoxygénation est de recruter le tissu pulmonaire disponible pour l'échange gazeux : « ouvrir le poumon » avec l'aide inspiratoire et « le maintenir ouvert » avec la PEP, ce qui permet de limiter le dérecrutement alvéolaire. La combinaison de la dénitrégation (avec une FiO₂ à 100 %) et de la période d'apnée associée à la période d'intubation peut considérablement diminuer le pourcentage de poumon aéré, et donc être responsable d'atélectasies. Chez les patients obèses préoxygénés sans pression positive, la proportion d'atélectasies suivant l'intubation peut représenter 10 % du volume pulmonaire total [16]. Une option pour limiter le dérecrutement alvéolaire est de ventiler le patient avec un ballon après l'intubation. Cependant, la pression délivrée ne peut pas être mesurée quand les patients sont ventilés avec cette méthode.

Une manœuvre de recrutement consiste en une augmentation transitoire de la pression inspiratoire. Plusieurs manœuvres existent, mais celle décrite le mieux dans cette situation consiste à appliquer une PEP de 40 cm H₂O pendant 30 à 40 secondes [30–33].

Au bloc opératoire, une première étude a évalué l'impact de l'application de plusieurs niveaux de PEP (0, 5, 10 cm H₂O) suivant l'intubation chez des patients obèses et non obèses programmés pour une chirurgie [32]. À chaque étape, le volume pulmonaire de fin d'expiration, l'élastance statique, les échanges gazeux et l'espace mort ont été mesurés. Chez les patients à la fois obèses et non obèses, une PEP de 10 cm H₂O comparée à l'absence de PEP a amélioré le volume pulmonaire de fin d'expiration et l'élastance sans effet sur l'oxygénation. Dans une autre étude, 66 patients obèses morbides (indice de masse corporelle : 46 ± 6 kg·m⁻²) programmés pour chirurgie ont été randomisés en trois groupes : préoxygénation conventionnelle, préoxygénation avec VNI, et préoxygénation avec VNI et manœuvre de recrutement post-intubation [31]. L'étude a démontré que la combinaison d'une préoxygénation en VNI accompagnée d'une manœuvre de recrutement post-intubation aidait à maintenir à la fois les volumes pulmonaires et l'oxygénation pendant l'induction de l'anesthésie plus que la préoxygénation en VNI seule ou en oxygène pur. Un des principaux messages de cette étude est que, pour améliorer la PaO₂, une manœuvre de recrutement combinée à de la VNI peut être réalisée 5 minutes après l'intubation. En réanimation, un essai randomisé contrôlé a été conduit par notre groupe chez 40 patients de réanimation intubés pour défaillance respiratoire aiguë [30]. La réalisation d'une manœuvre de recrutement immédiatement après l'intubation était associée à une PaO₂ plus haute (sous 100 % de FiO₂) à la fois 5 minutes après l'intubation (93 ± 36 *versus* 236 ± 117 mm Hg) et 30 minutes après l'intubation (110 ± 39 *versus* 180 ± 79 mm Hg).

Quel type d'anesthésie utiliser pour l'intubation ?

Tout patient de réanimation doit être considéré estomac plein ; par conséquent, pour limiter l'inhalation, une induction en séquence rapide (ISR) doit être réalisée dans la plupart des cas [34]. L'ISR comporte un agent sédatif d'action rapide (agent sédatif) et un curare (agent paralytique) afin de créer des conditions d'intubation optimales et de limiter le risque d'inhalation. De nombreuses études ont confirmé son efficacité [35]. La sélection de l'agent d'induction et sa dose sont fondamentales.

Principaux agents hypnotiques

Étomidate

L'étomidate est un dérivé imidazolé sédatif et hypnotique, qui agit directement sur le complexe récepteur à l'acide gamma-aminobutyrique (GABA), bloquant la neuro-excitation et produisant l'anesthésie. Il n'a pas d'effet analgésique. Il est donné à une dose de $0,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (pouvant aller jusqu'à $0,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), avec un délai d'action de 15 à 45 secondes et une durée d'action de 3 à 12 minutes. Si l'étomidate semble être la drogue d'induction idéale du point de vue de la stabilité hémodynamique, son injection même en dose unique entraîne une inhibition de l'activité de la 11β -hydroxylase [36] responsable d'une altération de la fonction surrénalienne. Cet effet ne persiste pas au-delà de 24 heures. Chez les patients de réanimation en sepsis [37, 38], les études et méta-analyses ont mis en évidence une augmentation [39], une stabilité [40] ou une diminution [41] du risque de mortalité après l'induction de l'anesthésie par étomidate. Dans une étude prospective randomisée comparant l'induction par étomidate à l'induction par kétamine chez des patients intubés en urgence, Jabre et al. [40] n'ont pas mis en évidence de différence significative entre les deux groupes en termes de morbidité et de mortalité. Lors de l'intubation d'un patient de réanimation avec une possible insuffisance surrénalienne, le clinicien doit donc évaluer la balance bénéfices/risques entre le risque d'insuffisance surrénalienne et le bénéfice d'une stabilité hémodynamique qui pourrait être absente avec les autres agents d'induction. La substitution par hydrocortisone n'a pas montré d'effet bénéfique sur l'insuffisance surrénalienne induite par l'étomidate [42]. Chez les patients traumatisés, l'étomidate est indépendamment associé à une augmentation de l'incidence de survenue des pneumopathies nosocomiales, qui pourrait être en lien avec la diminution de la réponse au test au Synacthène® induite par l'étomidate [43].

Kétamine

La kétamine est un agent anesthésique dissociatif, qui permet l'analgésie, l'amnésie et la sédation. La dose d'induction est de $2 \text{ à } 3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, avec un délai d'action de 45 à 60 secondes et une durée d'action de 10 à 20 minutes. Elle stimule le récepteur N-méthyl-D-aspartate au niveau du complexe récepteur GABA, permettant neuro-inhibition et anesthésie, et excite les récepteurs opioïdes au niveau du cortex insulaire, du putamen et du thalamus, produisant l'analgésie [44]. Elle stimule les récepteurs à la catécholamine et le relargage de catécholamines, entraînant une augmentation du rythme cardiaque, de la contractilité, de la pression artérielle moyenne et du flux sanguin cérébral [45]. Elle est également bronchodilatatrice. Elle préserve la respiration spontanée et est hémodynamiquement très stable, ce qui la rend très attractive chez les patients hypotendus [45]. Le phénomène de réémergence – c'est-à-dire l'expérience de rêves désagréables lors de l'émergence de l'anesthésie induite par la kétamine – est moins problématique lorsque l'usage de kétamine est suivi d'une sédation à court ou moyen terme après l'intubation. La controverse persiste concernant l'utilisation de kétamine chez des patients avec lésion cérébrale à cause de craintes au sujet de l'élévation de la pression intracrânienne (PIC). La kétamine pourrait augmenter la PIC suite à la stimulation sympathique. Cependant, en augmentant la pression de perfusion cérébrale, la kétamine pourrait également être bénéfique chez les patients avec lésion cérébrale [46]. Les preuves suggérant que la kétamine élève la PIC sont faibles, et que des lésions pourraient survenir suite à cette élévation de PIC encore plus faibles.

Midazolam

Le midazolam, benzodiazépine, de par ses conséquences hémodynamiques délétères et son délai d'action (début d'action : 2 minutes ; pic d'action : 7 minutes après l'injection), n'est pas approprié pour l'ISR. En effet, la dose de routine de midazolam pour ISR est de $0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Avec cette dose, le

midazolam entraîne une hypotension modérée chez les sujets sains, encore accentuée chez les patients de réanimation [47].

Thiopental

Le thiopental interagit avec le composant barbiturique du complexe récepteur GABA, entraînant une amnésie profonde et une sédation. La dose d'induction est de 3 à 5 mg·kg⁻¹, avec un délai d'action de moins de 30 secondes et une durée d'action de 5 à 10 minutes. Le thiopental supprime l'activité neuronale, ce qui en fait un agent d'induction utile chez les patients hémodynamiquement stables avec élévation de la pression intracrânienne, épilepsie, saignement cérébral ou traumatisme. C'est un veinodilatateur avec des effets cardiaques inotropes négatifs, qui peut entraîner une hypotension profonde avec les doses d'induction utilisées pour l'anesthésie. Une dose réduite de 1 ou 2 mg·kg⁻¹ est recommandée en cas de défaillance hémodynamique. De plus, le thiopental entraîne un relargage d'histamine et peut induire ou exacerber un bronchospasme [48]. Le thiopental supprime le recrutement, l'activation et l'activité des globules blancs, à la fois *in vitro* [49] et *in vivo* [50]. Ces effets immunosuppresseurs font des barbituriques de mauvais agents d'induction anesthésiques en cas de sepsis.

Propofol

Le propofol est un lipide très soluble dérivé de l'alkylphénol qui agit sur le récepteur GABA, entraînant une sédation et une amnésie. La dose d'induction est de 1,5 à 3 mg·kg⁻¹ IV avec un délai d'action de 15 à 45 secondes et une durée d'action de 5 à 10 minutes. Le propofol ne permet pas l'analgésie. Il réduit la résistance des voies aériennes et peut être utile chez les patients ayant un bronchospasme [51]. Ses effets neuro-inhibiteurs en font un bon agent d'induction chez les patients ayant une pathologie intracrânienne, s'ils sont hémodynamiquement stables : en effet, le propofol supprime l'activité sympathique, entraînant une dépression myocardique et une vasodilatation périphérique [52].

Quel agent hypnotique utiliser ?

Dans l'algorithme d'intubation de Montpellier (tableau 59.2), l'éthomidate, la kétamine et le propofol en cas de stabilité hémodynamique ont été retenus comme les agents hypnotiques de choix, car le plus souvent adaptés aux conditions d'intubation en réanimation. Cependant, le type d'agent hypnotique à utiliser peut être précisé selon le patient et les circonstances nécessitant l'intubation.

En cas de lésion neurologique

En cas de lésion cérébrale, c'est-à-dire chez le patient avec une PIC potentiellement élevée, une pression de perfusion cérébrale adéquate doit être maintenue pour prévenir des lésions cérébrales secondaires, donc éviter les élévations de PIC et maintenir une pression artérielle moyenne correcte. Pour ces raisons, l'éthomidate ou la kétamine semblent être les agents d'induction de choix. Si le patient est hypertendu au moment de l'induction, l'éthomidate est préférable car il n'élèvera pas davantage la pression artérielle. Chez les patients normotendus ou hypotendus, l'un ou l'autre agent peut être utilisé. Chez les patients sévèrement hypotendus, la kétamine est préférable. Le midazolam, le thiopental et le propofol ont été utilisés chez les patients avec lésions cérébrales, mais le risque d'aggravation de la lésion cérébrale par l'hypotension doit être pris en compte [53, 54]. Si ces agents sont utilisés, la dose devra être réduite pour minimiser le risque d'hypotension.

En cas d'épilepsie, le thiopental ou le propofol semblent être les drogues de choix, toujours en réduisant les doses en cas d'hypotension. L'éthomidate peut entraîner des myoclonies (sans rapport avec une épilepsie) et un taux légèrement augmenté d'activité épileptique a été retrouvé à l'électroencéphalogramme comparé au thiopental [55] ; il peut cependant être utilisé en cas de défaillance hémodynamique.

En cas de bronchospasme

En cas de bronchospasme chez les patients hémodynamiquement stables nécessitant l'intubation, nous suggérons la kétamine ou le propofol, à cause de leurs propriétés bronchodilatatrices [51]. Chez les patients hypotendus, la kétamine ou l'éthomidate sont plus appropriés. Aucun de ces agents

n'entraîne de libération histaminique, au contraire du thiopental qui n'est donc pas recommandé pour cette raison.

En cas de maladie cardiovasculaire

En cas de maladies cardiovasculaires, l'étomidate semble approprié. La stabilité hémodynamique et l'absence d'hypertension induite le rendent préférable à d'autres sédatifs.

En cas de choc

En cas de choc, la kétamine ou l'étomidate semblent être les drogues de choix. La kétamine entraîne une stimulation sympathique qui pourrait augmenter les catécholamines endogènes. L'étomidate a, quant à lui, été incriminé pour sa suppression transitoire du cortisol endogène, comme discuté plus haut.

Quel curare utiliser ?

Deux curares sont disponibles pour l'ISR : la succinylcholine, un curare dépolarisant de courte durée d'action, et le rocuronium, un curare non dépolarisant de longue durée d'action (combiné au sugammadex, son antidote, pour décurarisation rapide si besoin). Une étude randomisée contrôlée en 2005 a montré une supériorité de la succinylcholine concernant les conditions d'intubation par rapport au rocuronium [56]. Cela a été confirmé par une revue de la littérature [57]. Le rocuronium, associé à son antidote (le sugammadex, en cas d'intubation impossible ou d'allergie), semble donc devoir être préférentiellement utilisé en cas de contre-indication à la célocurine (hyperkaliémie ou situation à risque d'hyperkaliémie comme acidose sévère, maladie neuromusculaire aiguë ou chronique, patient brûlé depuis plus de 48 heures et traumatisme médullaire, antécédent d'hyperthermie maligne, déficit en pseudocholinestérases, allergie).

Faut-il utiliser un morphinique dans l'ISR ?

En l'état actuel des connaissances, un morphinique ne doit pas être utilisé dans une séquence d'ISR.

Faut-il faire la manœuvre de Sellick ?

L'intérêt théorique de la manœuvre de Sellick est de prévenir la remontée du contenu gastrique dans le carrefour oropharyngé et donc l'inhalation. Son utilisation reste controversée. Les essais randomisés contrôlés montrant son efficacité n'existent pas chez des patients à haut risque de régurgitation. Il a été démontré que l'œsophage n'est pas complètement obstrué par la pression cricoïdienne [58] et que le cartilage cricoïdien peut se collaber pendant l'application de la pression, et donc ne pas comprimer l'œsophage. La manœuvre est souvent mal faite (pression insuffisante) [59] et la pression cricoïdienne pourrait induire une relaxation réflexe du sphincter inférieur de l'œsophage [60]. Elle peut également gêner la ventilation ou l'intubation. Malgré l'absence d'études randomisées prouvant son efficacité, la manœuvre de Sellick reste recommandée dans l'ISR [34]. En effet, même si elle résulte d'une occlusion œsophagienne incomplète, elle entraîne tout de même une compression de l'hypopharynx rétrocricoïdien, constituant une barrière physique à la régurgitation passive du résidu gastrique [61]. De plus, quelques séries et cas cliniques reportent une régurgitation significative après levée de la manœuvre de Sellick suivant l'intubation [62, 63]. Une large étude randomisée contrôlée de non-infériorité vient d'être réalisée pour évaluer la nécessité de poursuivre ou non la réalisation d'une manœuvre de Sellick lors de l'ISR [64]. La non-infériorité de l'absence de réalisation de la manœuvre de Sellick par rapport à la réalisation systématique de celle-ci n'a pu être prouvée. Toutefois, le critère de jugement principal, l'inhalation pulmonaire, n'est survenu que dans 0,6 % des cas dans le groupe Sellick contre 0,5 % dans l'autre groupe. De même, il n'y avait pas de différence sur le taux de pneumonie, de durée de séjour ou de mortalité.

Peut-on utiliser d'autres techniques que l'ISR ?

L'utilisation d'une sédation associée à une anesthésie locale de glotte pour permettre l'intubation vigile par fibroscopie est indiquée en cas d'intubation difficile prévue non urgente. En cas d'intubation

difficile prévue urgente, une ISR devra être utilisée [34]. Dans tous les cas, même en cas d'intubation non difficile, tout patient de réanimation devra être considéré comme estomac plein et donc ne devra pas être ventilé au masque, en première intention. En revanche, en cas de désaturation suite à une difficulté d'intubation, il est important de rappeler que l'oxygénation doit être la priorité et donc la ventilation au masque réalisée.

Que faire de la sonde nasogastrique ?

Aucune étude randomisée n'a à ce jour évalué l'impact de la sonde nasogastrique sur le pronostic de l'ISR. Certaines études observationnelles de faible puissance ont été réalisées, ne permettant pas de conclure. En attendant de futures études, la pose, la conservation ou le retrait d'une sonde nasogastrique sont laissés à l'appréciation du clinicien.

Recommandations pour limiter les complications liées à la procédure d'intubation : l'algorithme d'intubation en réanimation de Montpellier

La prise en charge des voies aériennes de patients à risque est un défi pour l'anesthésiste et/ou le réanimateur. La combinaison d'une réserve physiologique limitée chez ces patients et la difficulté potentielle de ventilation au masque et d'intubation rend nécessaire la planification attentive de l'intubation, avec une bonne connaissance des outils alternatifs et des stratégies au cas où les pratiques conventionnelles pour sécuriser les voies aériennes échoueraient. Les techniques de préoxygénation peuvent être combinées pour limiter le risque d'hypoxie pendant la tentative d'intubation. Pour limiter l'incidence des complications sévères survenant après cette procédure potentiellement hasardeuse, nous pensons que le processus complet (pré-, per- et post-intubation) devrait être guidé par des protocoles orientés vers la sécurité des patients. En réanimation, nous avons mis en place un algorithme d'intubation et décrit à travers une étude multicentrique comment la mise en place de tels protocoles améliore la sécurité de la prise en charge des voies aériennes [3]. Ce protocole (« L'algorithme d'intubation en réanimation de Montpellier ») est résumé dans le [tableau 59.2](#).

Brièvement :

- les interventions **en période de pré-intubation** consistent en un remplissage en l'absence d'œdème pulmonaire aigu, en une préoxygénation par VNI pouvant être associée à de l'oxygénothérapie nasale à haut débit en cas de défaillance respiratoire aiguë [65], en la préparation de la sédation qui sera mise en place après l'intubation par l'équipe infirmière [66] et en la présence de deux opérateurs ;
- **pendant la période d'intubation**, l'induction recommandée est une induction en séquence rapide (ISR), en utilisant des hypnotiques d'action courte et bien tolérés (étomidate, kétamine ou propofol en cas de stabilité hémodynamique) et un curare dépolarisant d'action rapide (succinylcholine ou rocuronium), avec application d'une pression cricoïdienne (manœuvre de Sellick) ;
- **juste après l'intubation** (période post-intubation), nous conseillons la vérification de la position du tube par capnographie (une technique qui permet de confirmer la position endotrachéale de la sonde d'intubation et de vérifier l'absence de placement œsophagien), l'initiation d'une sédation-analgésie à long terme dès que possible [66, 67] (pour éviter l'agitation) et l'utilisation d'une ventilation mécanique « protectrice » [68], comme définie par l'ARDS network. À n'importe quel moment, l'introduction des vasopresseurs est obligatoire dans le cas d'un collapsus hémodynamique sévère.

À tout moment, en cas de désaturation majeure due à une difficulté de mise en place de la sonde d'intubation par exemple, il ne faudra pas hésiter à reventiler le patient afin d'éviter l'hypoxémie sévère et l'arrêt cardiorespiratoire hypoxique, malgré le risque d'inhalation.

Outils d'intubation

Matériel d'intubation « classique »

Un laryngoscope standard est majoritairement utilisé. La lame métal a fait la preuve de sa supériorité sur la lame plastique, étant associée à un plus grand taux de réussite de laryngoscopies dans l'ISR [69]. La lame métal à usage unique semble supérieure à la lame métal réutilisable [70], diminuant les taux d'échec d'intubation.

En cas d'intubation difficile, l'ajout d'un stylet d'intubation (malléable ou long flexible angulé) peut être d'une grande aide (fig. 59.1).

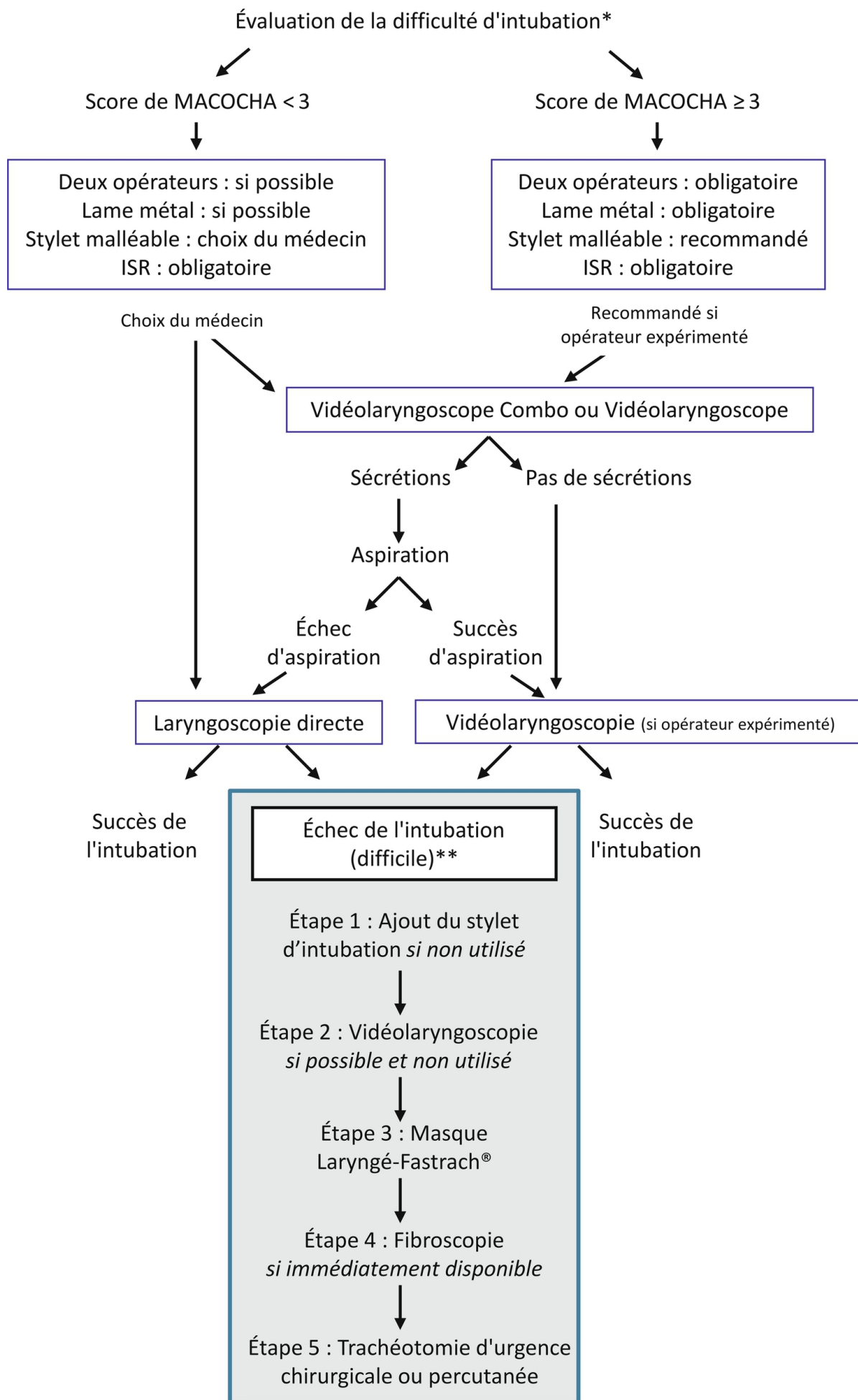


FIG. 59.1 Algorithme de prise en charge des voies aériennes en réanimation.

* La disponibilité de l'équipement pour la prise en charge des voies aériennes est vérifiée.

** Pendant la procédure entière, le patient devra être ventilé en cas de désaturation < 80 %. En cas de ventilation non adéquate et d'échec d'intubation, une ventilation non invasive d'urgence (dispositif supraglottique) devra être utilisée.

ISR : induction en séquence rapide.

La fibroscopie reste une solution réservée aux opérateurs très entraînés, car plus délicate qu'en situation réglée en anesthésie dans ce contexte d'intubation urgente, chez un patient souvent hypoxique.

Avant toute intubation, la présence d'une aspiration murale, du respirateur avec monitoring de la capnographie (indispensable afin de s'assurer de la position intratrachéale de la sonde rapidement, encore plus cruciale en réanimation qu'en anesthésie du fait des moindres réserves en oxygène de ces patients comme vu plus haut) et du chariot d'intubation doit être vérifiée (conférence d'experts sur l'intubation difficile de la SFAR parue en 2006 [34]).

Rôle des vidéolaryngoscopes

Les vidéolaryngoscopes sont des laryngoscopes indirects fibrooptiques avec une caméra à l'extrémité d'une lame angulée. Les images sont transmises sur un écran vidéo. La lame est insérée dans la bouche et guidée vers le bas de la langue jusqu'à visualisation de la glotte. La sonde endotrachéale peut être visualisée sur l'écran et positionnée pour entrer par la glotte dans la trachée. Il y a trois principales catégories de vidéolaryngoscopes selon le type de lames :

- lame de type Macintosh avec vidéo intégrée (vidéolaryngoscope Combo) ; la glotte peut être vue soit directement soit sur un écran vidéo ;
- lame angulée, permettant seulement une vision indirecte de la glotte, avec nécessité de mettre en place un stylet préformé dans la sonde d'intubation afin de pouvoir l'insérer dans la trachée ;
- lame angulée avec un canal permettant de glisser la sonde d'intubation, orienté vers la glotte ; un stylet préformé n'est alors pas nécessaire.

Dans une étude prospective de type avant/après [71], il a été montré que l'usage systématique d'un vidéolaryngoscope Combo pour l'intubation dans un processus d'amélioration qualité en utilisant un algorithme de prise en charge des voies aériennes réduisait significativement l'incidence de l'intubation difficile et/ou de la laryngoscopie difficile. Dans l'analyse multivariée, le groupe « laryngoscopie standard » était un facteur de risque indépendant d'intubation difficile et/ou de laryngoscopie difficile, tout comme un score de Mallampati III ou IV et un statut d'opérateur non expert. De plus, dans le sous-groupe de patients avec intubation difficile prédite par le score de MACOCHA [4], l'incidence d'intubation difficile était beaucoup plus haute dans le groupe « laryngoscopie standard » (47 %) que dans le groupe « vidéolaryngoscopie mixte » (0 %).

Plusieurs autres études étaient également en faveur d'une diminution de l'incidence de l'intubation difficile grâce à l'utilisation de vidéolaryngoscopes [72-74].

Cependant, le principal défi de l'utilisation du vidéolaryngoscope reste la cathétérisation de la glotte et non sa visualisation. Dans une large étude randomisée contrôlée, Lascarrou et al. [75] ont montré que l'utilisation d'un vidéolaryngoscope comparé au laryngoscope direct n'améliorait pas le taux de succès d'intubation à la première tentative et était associée à des taux plus élevés de complications menaçant le pronostic vital. Il faut souligner que plus de 80 % des opérateurs étaient non experts et qu'un stylet était utilisé dans moins de 20 % des cas.

L'entraînement et la formation sont essentiels pour améliorer la sécurité du patient lors d'une intubation avec vidéolaryngoscope. La difficulté réside plus dans la cathétérisation de la trachée que dans la visualisation de la glotte. Même si sa place reste encore débattue, l'utilisation d'un vidéolaryngoscope semble pouvoir être d'une grande utilité s'il est utilisé par un opérateur expérimenté.

Algorithme de prise en charge des voies aériennes

Comme recommandé au bloc opératoire [76], un algorithme de prise en charge des voies aériennes est conseillé en réanimation (fig. 59.1). Premièrement, la difficulté de l'intubation est évaluée en utilisant le score de MACOCHA. La disponibilité de l'équipement de prise en charge des voies aériennes difficiles est vérifiée. Pendant la procédure, le patient devrait être reventilé en cas de désaturation < 80 %. En cas de ventilation non adéquate et d'échec d'intubation, une ventilation d'urgence non invasive (voies aériennes supraglottiques) doit être utilisée. Puis, si l'intubation difficile est prédite (MACOCHA-score ≥ 3), la présence de deux opérateurs et l'utilisation d'une lame métal [69] sont recommandées, tout comme l'utilisation d'un mandrin malléable. La vidéolaryngoscopie ou la vidéolaryngoscopie Combo sont également recommandées en première intention en cas d'intubation difficile prédite, si l'opérateur est expérimenté à l'utilisation de cette technique. Le choix du dispositif d'intubation est laissé à la discrétion du physicien. En cas de sécrétions abondantes persistantes après aspiration, la laryngoscopie directe est préférée à la vidéolaryngoscopie. Enfin, en cas d'échec d'intubation, un stylet d'intubation (malléable ou long flexible angulé) est ajouté en premier, suivi successivement de l'utilisation de la vidéolaryngoscopie par un opérateur expérimenté si non utilisée en première intention, de l'utilisation du masque laryngé, de la fibroscopie et finalement la réalisation de sauvetage d'une trachéotomie percutanée ou chirurgicale.

Dans chaque réanimation, l'algorithme de prise en charge des voies aériennes pourrait être adapté au mieux selon les habitudes de la réanimation.

Conclusion

Afin d'optimiser la procédure d'intubation en réanimation, la mise en place de protocoles spécifiques de gestion de l'intubation et d'algorithmes de prise en charge des voies aériennes est fortement conseillée. Des facteurs prédictifs d'intubation difficile spécifiques à la réanimation ont été identifiés, permettant de définir des patients à risque d'intubation difficile en utilisant un score simple applicable au lit du patient. La préoxygénation est un standard de soins permettant d'augmenter les réserves pulmonaires en oxygène. Pour réaliser cette préoxygénation, la combinaison d'oxygène pur, de ventilation non invasive, de dénitrogénéation et de manœuvres de recrutement post-intubation est recommandée. Les drogues et le matériel utilisés pour l'intubation doivent être clairement identifiés et adaptés à chaque situation, prenant en compte les motifs d'intubation ainsi que la difficulté prévue de l'intubation. Dans ce contexte, de nouveaux dispositifs d'intubation comme les vidéolaryngoscopes pourraient être utilisés après une formation appropriée. Ces actions combinées ont pour but de permettre la diminution des complications modérées et sévères associées à la procédure à haut risque qu'est l'intubation en réanimation. Durant cette procédure, l'oxygénation doit rester encore et toujours la priorité.

Encadré 59.1

Messages clés

- L'intubation endotrachéale dans des conditions d'urgence et chez des patients de réanimation est associée à un taux élevé de complications immédiates et sévères (20 à 50 %).
- L'hypoxémie et le collapsus cardiovasculaire représentent les complications initiales les plus fréquentes et graves, associées à la difficulté de prise en charge des voies aériennes. La complication ultime est la survenue d'un arrêt cardiaque durant la procédure d'intubation.
- Pour prévenir et limiter l'incidence des complications sévères suivant l'intubation, la préoxygénation en ventilation non invasive \pm oxygénothérapie nasale à haut débit est bénéfique, associée à une manœuvre de recrutement après intubation.

- Un nouveau score clinique (le MACOCHA-score) permet de mieux identifier les patients à haut risque d'intubation difficile et de ses complications.
- La place des vidéolaryngoscopes reste controversée. Ces dispositifs peuvent être utiles lorsqu'ils sont utilisés par un opérateur expérimenté.
- Des recommandations pour une prise en charge des voies aériennes plus sûre et des algorithmes devraient être proposées dans chaque réanimation.
- La capnographie pour le contrôle de la bonne position de la sonde doit être impérative pour toute intubation, comme cela est fait en anesthésie au bloc opératoire.

Références

- [1] De Jong A., Jung B., Jaber S. Intubation in the ICU: we could improve our practice. *Crit Care*. 2014;18(2):209.
- [2] Jaber S., Amraoui J., Lefrant J.-Y., et al. Clinical practice and risk factors for immediate complications of endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study. *Crit Care Med*. 2006;34(9):2355–2361.
- [3] Jaber S., Jung B., Corne P., et al. An intervention to decrease complications related to endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study. *Intensive Care Med*. 2010;36(2):248–255.
- [4] De Jong A., Molinari N., Terzi N., et al. Early identification of patients at risk for difficult intubation in ICU: development and validation of the MACOCHA Score in a multicenter cohort study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(8):832–839.
- [5] Peterson G.N., Domino K.B., Caplan R.A., et al. Management of the difficult airway: a closed claims analysis. *Anesthesiology*. 2005;103(1):33–39.
- [6] Bourgain J.-L., Jaber S. Préoxygénation : les atouts de la réussite. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2010;29(3):187–188.
- [7] De Jong A., Molinari N., Pouzeratte Y., et al. Difficult intubation in obese patients: incidence, risk factors, and complications in the operating theatre and in intensive care units. *Br J Anaesth*. 2015;114(2):297–306.
- [8] Apfelbaum J.L., Hagberg C.A., Caplan R.A., et al. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American society of anesthesiologists task force on management of the difficult airway. *Anesthesiology*. 2013;118(2):251–270.
- [9] De Jong A., Rolle A., Molinari N., et al. *Crit Care Med*. 2018;46(4):532–539.
- [10] Adnet F., Borron S.W., Racine S.X., et al. The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of a new score characterizing the complexity of endotracheal intubation. *Anesthesiology*. 1997;87(6):1290–1297.
- [11] De Jong A., Futier E., Millot A., et al. Comment préoxygéner au bloc : sujets sains et situations à risque. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2014;33(7-8):457–461.
- [12] Mort T.C. Preoxygenation in critically ill patients requiring emergency tracheal intubation. *Crit Care Med*. 2005;33(11):2672–2675.
- [13] Mort T.C., Waberski B.H., Clive J. Extending the preoxygenation period from 4 to 8 mins in critically ill patients undergoing emergency intubation. *Crit Care Med*. 2009;37(1):68–71.
- [14] Dixon B.J., Dixon J.B., Carden J.R., et al. Preoxygenation is more effective in the 25 degrees head-up position than in the supine position in severely obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology*. 2005;102(6):1110–1115.
- [15] Baraka A.S., Hanna M.T., Jabbour S.I., et al. Preoxygenation of pregnant and nonpregnant women in the head-up versus supine position. *Anesth Analg*. 1992;75(5):757–759.

- [16] Coussa M., Proietti S., Schnyder P., et al. Prevention of atelectasis formation during the induction of general anesthesia in morbidly obese patients. *Anesth Analg.* 2004;98(5):1491–1495.
- [17] Gander S., Frascarolo P., Suter M., et al. Positive end-expiratory pressure during induction of general anesthesia increases duration of nonhypoxic apnea in morbidly obese patients. *Anesth Analg.* 2005;100(2):580–584.
- [18] Delay J.M., Sebbane M., Jung B., et al. The effectiveness of noninvasive positive pressure ventilation to enhance preoxygenation in morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesth Analg.* 2008;107(5):1707–1713.
- [19] Baillard C., Fosse J.-P., Sebbane M., et al. Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006;174(2):171–177.
- [20] Baillard C., Prat G., Jung B., et al. Effect of preoxygenation using non-invasive ventilation before intubation on subsequent organ failures in hypoxaemic patients: a randomised clinical trial. *Br J Anaesth.* 2018;120(2):361–367.
- [21] Chanques G., Riboulet F., Molinari N., et al. Comparison of three high flow oxygen therapy delivery devices: a clinical physiological cross-over study. *Minerva Anesthesiol.* 2013;79(12):1344–1355.
- [22] Chanques G., Riboulet F., Molinari N., et al. Fraction of mask pressure transmitted to the trachea using the Boussignac's CPAP facemask. *Minerva Anesthesiol.* 2014;80(3):397.
- [23] Chanques G., Jaber S. Les progrès inattendus d'une vieille thérapeutique en réanimation et soins intensifs, l'oxygénothérapie : vers plus de confort et moins de respirateur.... *Rev Mal Respir.* 2013;30(8):605–608.
- [24] Miguel-Montanes R., Hajage D., Messika J., et al. Use of high-flow nasal cannula oxygen therapy to prevent desaturation during tracheal intubation of intensive care patients with mild-to-moderate hypoxemia. *Crit Care Med.* 2015;43(3):574–583.
- [25] Sakles J.C., Mosier J.M., Patanwala A.E., Dicken J.M. Apneic oxygenation is associated with a reduction in the incidence of hypoxemia during the RSI of patients with intracranial hemorrhage in the emergency department. *Intern Emerg Med.* 2016;11(7):983–992.
- [26] Sakles J.C., Mosier J.M., Patanwala A.E., Arcaris B., Dicken J.M. First pass success without hypoxemia is increased with the use of apneic oxygenation during rapid sequence intubation in the emergency department. *Acad Emerg Med.* 2016;23(6):703–710.
- [27] Vourc'h M., Asfar P., Volteau C., et al. High-flow nasal cannula oxygen during endotracheal intubation in hypoxemic patients: a randomized controlled clinical trial. *Intensive Care Med.* 2015;41(9):1538–1548.
- [28] Semler M.W., Janz D.R., Lentz R.J., et al. Randomized trial of apneic oxygenation during endotracheal intubation of the critically ill. *Am J Respir Crit Care Med.* 2016;193(3):273–280.
- [29] Jaber S., Monnin M., Girard M., et al. Apnoeic oxygenation via high-flow nasal cannula oxygen combined with non-invasive ventilation preoxygenation for intubation in hypoxaemic patients in the intensive care unit: the single-centre, blinded, randomised controlled OPTINIV trial. *Intensive Care Med.* 2016;42(12):1877–1887.
- [30] Constantin J.-M., Futier E., Cherprenet A.-L., et al. A recruitment maneuver increases oxygenation after intubation of hypoxemic intensive care unit patients: a randomized controlled study. *Crit Care.* 2010;14(2):R76.
- [31] Futier E., Constantin J.-M., Pelosi P., et al. Noninvasive ventilation and alveolar recruitment maneuver improve respiratory function during and after intubation of morbidly obese patients: a randomized controlled study. *Anesthesiology.* 2011;114(6):1354–1363.

- [32] Futier E., Constantin J.-M., Petit A., et al. Positive end-expiratory pressure improves end-expiratory lung volume but not oxygenation after induction of anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol.* 2010;27(6):508–513.
- [33] Constantin J.-M., Jaber S. Préoxygénation chez le patient obèse en ventilation non invasive en pression positive : il faut « mettre la pression ! ». *Ann Fr Anesth Reanim.* 2012;31(9):673–674.
- [34] SFAR. Intubation difficile. In: Conférence d'experts. 2006. https://sfar.org/wp-content/uploads/2015/09/2b_AFAR_Texte-Long_Intubation-difficile.pdf.
- [35] Li J., Murphy-Lavoie H., Bugas C., et al. Complications of emergency intubation with and without paralysis. *Am J Emerg Med.* 1999;17(2):141–143.
- [36] Molenaar N., Bijkerk R.M., Beishuizen A., et al. Steroidogenesis in the adrenal dysfunction of critical illness: impact of etomidate. *Crit Care.* 2012;16(4):R121.
- [37] Chanques G., Annane D., Jaber S., et al. Enlarged adrenals during septic shock. *Intensive Care Med.* 2007;33(9):1671–1672.
- [38] Jung B., Nougaret S., Chanques G., et al. The absence of adrenal gland enlargement during septic shock predicts mortality: a computed tomography study of 239 patients. *Anesthesiology.* 2011;115(2):334–343.
- [39] Chan C.M., Mitchell A.L., Shorr A.F. Etomidate is associated with mortality and adrenal insufficiency in sepsis: a meta-analysis. *Crit Care Med.* 2012;40(11):2945–2953.
- [40] Jabre P., Combes X., Lapostolle F., et al. Etomidate versus ketamine for rapid sequence intubation in acutely ill patients: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet.* 2009;374(9686):293–300.
- [41] Jung B., Clavieras N., Nougaret S., et al. Effects of etomidate on complications related to intubation and on mortality in septic shock patients treated with hydrocortisone: a propensity score analysis. *Crit Care.* 2012;16(6):R224.
- [42] Payen J.-F., Dupuis C., Trouve-Buisson T., et al. Corticosteroid after etomidate in critically ill patients: a randomized controlled trial. *Crit Care Med.* 2012;40(1):29–35.
- [43] Asehnoune K., Mahe P.J., Seguin P., et al. Etomidate increases susceptibility to pneumonia in trauma patients. *Intensive Care Med.* 2012;38(10):1673–1682.
- [44] Rogers R., Wise R.G., Painter D.J., et al. An investigation to dissociate the analgesic and anesthetic properties of ketamine using functional magnetic resonance imaging. *Anesthesiology.* 2004;100(2):292–301.
- [45] Hanouz J.L., Zhu L., Persehaye E., et al. Ketamine preconditions isolated human right atrial myocardium: roles of adenosine triphosphate-sensitive potassium channels and adrenoceptors. *Anesthesiology.* 2005;102(6):1190–1196.
- [46] Himmelseher S., Durieux M.E. Revising a dogma: ketamine for patients with neurological injury?. *Anesth Analg.* 2005;101(2):524–534.
- [47] Nordt S.P., Clark R.F. Midazolam: a review of therapeutic uses and toxicity. *J Emerg Med.* 1997;15(3):357–365.
- [48] Hirota K., Ohtomo N., Hashimoto Y., et al. Effects of thiopental on airway calibre in dogs: direct visualization method using a superfine fiberoptic bronchoscope. *Br J Anaesth.* 1998;81(2):203–207.
- [49] Keel M., Mica L., Stover J., et al. Thiopental-induced apoptosis in lymphocytes is independent of CD95 activation. *Anesthesiology.* 2005;103(3):576–584.
- [50] Schalen W., Messeter K., Nordstrom C.H. Complications and side effects during thiopentone therapy in patients with severe head injuries. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1992;36(4):369–377.
- [51] Eames W.O., Rooke G.A., Wu R.S., et al. Comparison of the effects of etomidate, propofol, and thiopental on respiratory resistance after tracheal intubation. *Anesthesiology.* 1996;84(6):1307–1311.
- [52] Ebert T.J. Sympathetic and hemodynamic effects of moderate and deep sedation with propofol in humans. *Anesthesiology.* 2005;103(1):20–24.

- [53] Steiner L.A., Johnston A.J., Chatfield D.A., et al. The effects of large-dose propofol on cerebrovascular pressure autoregulation in head-injured patients. *Anesth Analg.* 2003;97(2):572–576.
- [54] Choi Y.F., Wong T.W., Lau C.C. Midazolam is more likely to cause hypotension than etomidate in emergency department rapid sequence intubation. *Emerg Med J.* 2004;21(6):700–702.
- [55] Jackson Jr. W.L. Should we use etomidate as an induction agent for endotracheal intubation in patients with septic shock?. A critical appraisal. *Chest.* 2005;127(3):1031–1038.
- [56] Sluga M., Ummenhofer W., Studer W., et al. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction of anesthesia and endotracheal intubation: a prospective, randomized trial in emergent cases. *Anesth Analg.* 2005;101(5):1356–1361.
- [57] Perry J.J., Lee J.S., Sillberg V.A.H., et al. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008;2: CD002788.
- [58] Smith K.J., Dobranowski J., Yip G., et al. Cricoid pressure displaces the esophagus: an observational study using magnetic resonance imaging. *Anesthesiology.* 2003;99(1):60–64.
- [59] Clark R.K., Trethewey C.E. Assessment of cricoid pressure application by emergency department staff. *Emerg Med Australas.* 2005;17(4):376–381.
- [60] Garrard A., Campbell A.E., Turley A., et al. The effect of mechanically-induced cricoid force on lower oesophageal sphincter pressure in anaesthetised patients. *Anaesthesia.* 2004;59(5):435–439.
- [61] Rice M.J., Mancuso A.A., Gibbs C., et al. Cricoid pressure results in compression of the postcricoid hypopharynx: the esophageal position is irrelevant. *Anesth Analg.* 2009;109(5):1546–1552.
- [62] Sellick B.A. Cricoid pressure to control regurgitation of stomach contents during induction of anaesthesia. *Lancet.* 1961;2(7199):404–406.
- [63] Neelakanta G. Cricoid pressure is effective in preventing esophageal regurgitation. *Anesthesiology.* 2003;99(1):242.
- [64] Birenbaum A., Hajage D., Roche S., et al. Effect of cricoid pressure compared with a sham procedure in the rapid sequence induction of anesthesia: The IRIS randomized clinical trial. *JAMA Surg.* 2019;154(1):9–17.
- [65] Futier E., Marret E., Jaber S. Perioperative positive pressure ventilation: an integrated approach to improve pulmonary care. *Anesthesiology.* 2014;121(2):400–408.
- [66] Chanques G., Jaber S. Sedation assessment tool, sedation-algorithm, choice of sedation drugs: intricate concepts of an emergent clinical practice. *Intensive Care Med.* 2007;33:554–555.
- [67] Chanques G., Jaber S., Barbotte E., et al. Impact of systematic evaluation of pain and agitation in an intensive care unit. *Crit Care Med.* 2006;34(6):1691–1699.
- [68] Mercat A., Richard J.C., Vielle B., et al. Positive end-expiratory pressure setting in adults with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2008;299(6):646–655.
- [69] Amour J., Marmion F., Birenbaum A., et al. Comparison of plastic single-use and metal reusable laryngoscope blades for orotracheal intubation during rapid sequence induction of anesthesia. *Anesthesiology.* 2006;104(1):60–64.
- [70] Amour J., Le Manach Y.-L., Borel M., et al. Comparison of single-use and reusable metal laryngoscope blades for orotracheal intubation during rapid sequence induction of anesthesia: a multicenter cluster randomized study. *Anesthesiology.* 2010;112(2):325–332.
- [71] De Jong A., Clavieras N., Conseil M., et al. Implementation of a combo videolaryngoscope for intubation in critically ill patients: a before-after comparative study. *Intensive Care Med.* 2013;39(12):2144–2152.

- [72] Noppens R.R., Geimer S., Eisel N., et al. Endotracheal intubation using the C-MAC(R) video laryngoscope or the Macintosh laryngoscope: a prospective, comparative study in the ICU. *Crit Care*. 2012;16(3):R103.
- [73] Kory P., Guevarra K., Mathew J.P., et al. The impact of video laryngoscopy use during urgent endotracheal intubation in the critically ill. *Anesth Analg*. 2013;117(1):144–149.
- [74] De Jong A., Molinari N., Conseil M., et al. Video laryngoscopy versus direct laryngoscopy for orotracheal intubation in the intensive care unit: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2014;40(5):629–639.
- [75] Lascarrou J.-B., Boisrame-Helms J., Bailly A., et al. Video laryngoscopy vs direct laryngoscopy on successful first-pass orotracheal intubation among ICU patients: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2017;317(5):483–493.
- [76] Amathieu R., Combes X., Abdi W., et al. An algorithm for difficult airway management, modified for modern optical devices (Airtraq laryngoscope; LMA CTrach™): a 2-year prospective validation in patients for elective abdominal, gynecologic, and thyroid surgery. *Anesthesiology*. 2011;114(1):25–33.