



Intubation et extubation du patient de réanimation

Hervé Quintard^{a,b}, Erwan l'Her^c, Julien Pottecher^d, Frédéric Adnet^{e,f}, Jean-Michel Constantin^g, Audrey Dejong^h, Pierre Diemunsch^d, Rose Fesseauⁱ, Anne Freynet^j, Christophe Girault^{k,l}, Christophe Guitton^m, Yan Hamonicⁿ, Eric Maury^{o,p}, Armand Mekontso-Dessap^{q,r}, Fabrice Michel^s, Paul Nolent^t, Sébastien Perbet^u, Gwenaél Prat^v, Antoine Roquilly^w, Karim Tazarourte^{x,y}, Nicolas Terzi^{z,aa}, Arnaud W. Thille^{ab,ac}, Mikael Alves^{ad}, Etienne Gayat^{ae,af}, Laurence Donetti^{ag}

Disponible sur internet
le : 13 septembre 2018

- a. CHU de Nice, hôpital Pasteur 2, service de réanimation médico-chirurgicale, 30, voie Romaine, 06000 Nice, France
- b. Unité CNRS 7275 Sophia-Antipolis, France
- c. Centre hospitalier universitaire de Brest, réanimation médicale, La-Cavale-Blanche, 29609 Brest cedex, France
- d. Hôpital de Hautepierre, hôpitaux universitaires de Strasbourg, service d'anesthésie-réanimation chirurgicale, pôle anesthésie-réanimations chirurgicales, Samu-Smur, unité de réanimation chirurgicale, 1, avenue Molière, 67098 Strasbourg cedex, France
- e. Hôpital Avicenne, Samu 93, 125, rue de Stalingrad, 93009 Bobigny, France
- f. AP-HP, université Paris 13, Sorbonne Paris Cité, EA 3509, UF recherche-enseignement-qualité, 125, rue de Stalingrad, 93009 Bobigny, France
- g. Centre hospitalier de Clermont-Ferrand, CHU Estaing, department of medicine perioperative, 1, rue Lucie-Aubrac, 63100 Clermont-Ferrand, France
- h. CHU de Montpellier, hôpital Saint-Éloi, departement of anesthesiology and intensive care, 80, avenue Augustin-Fliche, 34000 Montpellier, France
- i. Hôpital d'enfants, département d'anesthésie pédiatrique, 330, avenue de Grande-Bretagne TSA 70034, 31059 Toulouse cedex 9, France
- j. Hôpital Lévêque, kinésithérapie, réanimation Magellan, service d'anesthésie réanimation, 2, avenue de Magellan, 33600 Pessac, France
- k. Rouen University Hospital, Normandie university, department of Medical Intensive Care, 76000 Rouen, France
- l. UNIROUEN, EA-3830, France
- m. CHU de Nantes, service de réanimation médicale et USC, 30, boulevard Jean-Monnet, 44093 Nantes cedex, France
- n. CHU de Bordeaux, hôpital des Enfants, service d'anesthésie réanimation 3, anesthésie pédiatrique, place Amélie-Raba-Léon, 33000 Bordeaux, France
- o. Assistance publique-Hôpitaux de Paris, université Pierre-et-Marie Curie, hôpital Saint-Antoine, service de réanimation médicale, 184, rue du Faubourg Saint-Antoine, Paris, France
- p. UMR S 1136, UPMC université Paris 06, Inserm et Sorbonne universités, 75012 Paris, France
- q. AP-HP, DHU A-TVB, hôpitaux universitaires Henri-Mondor, service de réanimation médicale, 94010 Créteil, France
- r. Université Paris Est-Créteil, institut Mondor de recherche biomédicale, groupe de recherche clinique CARMAS, faculté de médecine de Créteil, 94010 Créteil, France
- s. Assistance publique-Hôpitaux de Marseille, hôpital de la Timone, service d'anesthésie réanimation pédiatrique, 264, rue Saint-Pierre, 13385 Marseille

* RFE commune Société française d'anesthésie et de réanimation – Société de réanimation de langue française (SFAR – SRLF) en collaboration avec les Sociétés française de médecine d'urgence, Groupe francophone de réanimation et urgences pédiatrique, Association des anesthésistes-réanimateurs pédiatriques d'expression française, Société kinésithérapeutes de réanimation (SFMU, GFRUP, ADARPEF, SKR).

** Texte validé par le Conseil d'administration de la SRLF et de la SFAR (17/06/2016).

*** Ce texte a été publié dans *Anaesthesia, Critical Care and Pain Medicine*: Anaesth Crit Care Pain Med 2017;36(5):327-341 [Epub 2017 Sep 14].

- cedex, France
- t. CHU de Bordeaux, hôpital des Enfants, service de réanimation pédiatrique, place Amélie-Raba-Léon, 33000 Bordeaux, France
- u. CHU Gabriel-Montpied, CHU Clermont-Ferrand, réanimation médico-chirurgicale, 63100 Clermont-Ferrand, France
- v. CHU Cavale-Blanche, réanimation médicale, pôle ARSIBOU, boulevard Tanguy-Prigent, 29609 Brest cedex, France
- w. CHU de Nantes, anesthesiology and Intensive Care unit, 44093 Nantes cedex, France
- x. Hôpital Edouard-Herriot, service des urgences-Samu, hospices Civils de Lyon, 69003 Lyon, France
- y. Université Claude-Bernard Lyon 1, université de Lyon, HESPER EA 7425, 69008 Lyon, France
- z. Inserm, U1042, université Grenoble-Alpes, HP2, 38000 Grenoble, France
- aa. CHU de Grenoble Alpes, service de réanimation médicale, 38000 Grenoble, France
- ab. CHU de Poitiers, réanimation médicale, Poitiers, , France
- ac. Inserm CIC 1402 ALIVE, université de Poitiers, Poitiers, , France
- ad. Centre hospitalier intercommunal Poissy Saint-Germain-en-Laye, réanimation médico-chirurgicale, 10, rue du Camp-Gaillard, 78300 Poissy, France
- ae. Assistance publique-Hôpitaux de Paris, department of anaesthesia an intensive care, hôpitaux universitaires Saint-Louis-Lariboisière-Fernand-Widal, université Paris Diderot, Paris, France
- af. Unité 942 « Biomarker in cardioneurovascular diseases », Inserm, France
- ag. Hôpital de Forcilles, service USIR-SRPR, 77150 Férolles-Atilly, France

Correspondance :

Hervé Quintard, CHU de Nice, hôpital Pasteur 2, réanimation médico-chirurgicale, 30, avenue de la Voie-Romaine, 06000 Nice, France.
quintard.h@chu-nice.fr

Mots clés

Intubation
 Extubation
 Réanimation

Keywords

Intubation
 Extubation
 Intensive care unit

Résumé

L'intubation et l'extubation ne sont pas des procédures sans risque en réanimation et peuvent être associées à une augmentation de la morbidité et de la mortalité. L'intubation en soins intensifs est souvent nécessaire dans des situations d'urgence pour des patients instables sur le plan respiratoire et hémodynamique. Dans ces circonstances, il s'agit d'une intervention à haut risque avec des complications mettant en jeu le pronostic vital du patient (20 à 50 %). En outre, des problèmes d'intubation difficile peuvent également être présent et donner lieu à des complications. Plusieurs nouvelles techniques, telles que la vidéolaryngoscopie, ont été développées récemment et méritent d'être positionnés dans notre arsenal technique. L'extubation est une autre période à risque, avec 10 % d'échec qui peut être associée également à un mauvais pronostic. Une meilleure compréhension des causes de ces échecs est essentielle pour optimiser le geste. En élaborant ces recommandations, les experts SFAR/SRLF ont utilisé les nouvelles données sur l'intubation et l'extubation publiées depuis une dizaine d'années pour actualiser les procédures existantes, incorporer les avancées plus récentes et proposer des algorithmes.

Summary

Intubation and extubation of the ICU patient

Intubation and extubation of ventilated patients are not risk free procedures in the Intensive Care Unit (ICU) and can be associated with morbidity and mortality. Intubation in the ICU is frequently required in emergency situations for patients with an unstable cardiovascular or respiratory system. Under these circumstances, it is a high-risk procedure with life threatening complications (20–50%). Moreover technical problems can also give rise to complications and several new techniques, such as videolaryngoscopy, have been developed recently. By the same way, another

risk period is extubation, which fails in approximately 10% and is associated with a poor prognosis. A better understanding of the cause of failure is essential to improve success procedure. In constructing these guidelines, the SFAR/SRLF experts have made use of new data on intubation and extubation in the ICU from the last decade to update existing procedures, incorporate more recent advances and propose algorithms.

Coordonnateurs d'experts SFAR

Hervé Quintard, hôpital universitaire Nice (CHU), réanimation médico-chirurgicale, site Pasteur 2, 30, avenue de la voie romaine, 06000 Nice, France. E-mail : quintard.h@chu-nice.fr.

Julien Pottecher, hôpitaux universitaires de Strasbourg, hôpital de Haute-pierre, service d'anesthésie-réanimation chirurgicale, 1, avenue Molière, 67098 Strasbourg, France. E-mail : julien.pottecher@chru-strasbourg.fr.

Coordonnateur d'experts SRLF

Laurence Donetti, hôpital de Forcilles, service USIR-SRPR, 77150 Férolles-Atilly, France. E-mail : laurdonetti@gmail.com.

Erwan L'Her, centre hospitalier universitaire de Brest, La Cavale-Blanche, réanimation médicale, 2, avenue Foch, boulevard Tanguy-Prigent, 29609 Brest cedex, France. E-mail : erwan.lher@chu-brest.fr.

Organisateurs

SFAR : Etienne Gayat, département d'anesthésie-réanimation, hôpital Lariboisière, 75010 Paris, France.

SRLF : Mikael Alves, centre hospitalier intercommunal Poissy Saint-Germain-en-Laye, réanimation médico-chirurgicale, 10, rue du Champ-Gaillard, 78300 Poissy, France.

Laurence Donetti, hôpital de Forcilles, service USIR-SRPR, 77150 Férolles-Atilly, France.

Comité expert de validation pédiatrique

Lebel S. (Marseille), Javouhay E. (Lyon), Orliaguet G. (Paris), Leteurre S. (Lille), Laudénbach V. (Rouen), Brissaud O. (Bordeaux).

Introduction

L'intubation et l'extubation font partie des gestes les plus fréquemment réalisés chez les patients de réanimation. Bien que courantes, ces procédures sont associées à une morbi-mortalité importante.

L'intubation trachéale du patient de réanimation s'effectue le plus souvent en urgence, chez un patient fréquemment hypoxémique et avec une hémodynamique précaire [1-3]. Il s'agit donc d'une procédure à haut risque, associée à une incidence élevée de complications (20 à 50 %) pouvant menacer le pronostic vital (collapsus, hypoxémie, troubles du rythme, intubation œsophagienne, régurgitation...) [2]. Différentes procédures ont été proposées pour limiter les désordres

hémodynamiques et respiratoires induits par l'intubation. Les complications peuvent également provenir des difficultés techniques rencontrées lors de la réalisation du geste lui-même. Selon les sociétés savantes, on parle d'intubation difficile après échec de 3 [4] ou de 2 tentatives de laryngoscopie directe (Recommandations 2006 de la Société française d'anesthésie réanimation, SFAR 2006). Cette situation concerne 10 à 20 % des intubations chez les patients de réanimation, et, lorsqu'elle est rencontrée, elle est associée à une augmentation de la morbidité [2]. Dans le contexte de l'intubation difficile, nous disposons de matériels de plus en plus innovants (vidéolaryngoscopes, dispositifs supra-glottiques, bronchoscopes réutilisables et à usage unique...) dont la place respective dans la procédure n'est cependant pas bien codifiée. Alors que des algorithmes et des recommandations ont été établis et régulièrement mis à jour pour l'intubation du patient au bloc opératoire, nous ne disposons pas à ce jour de conduite à tenir pour l'intubation du patient de réanimation.

Le deuxième temps à risque de la gestion des voies aériennes du patient de réanimation se situe au moment de l'extubation. En effet, l'échec d'extubation est fréquent, de l'ordre de 10 % [5,6], il aggrave le pronostic des patients et rend nécessaire une optimisation des conditions dans lesquelles l'extubation est réalisée. L'extubation est définie par le retrait de la sonde d'intubation, mais elle doit être clairement distinguée de la phase de sevrage ou « déventilation » qui consiste à séparer le patient de son respirateur pour qu'il devienne indépendant de la ventilation mécanique (VM) invasive [7-9]. Bien qu'étroitement liées chronologiquement pour juger du succès/échec du processus de sevrage/extubation, ces deux phases successives (« déventilation » et extubation) doivent être appréhendées distinctement par le clinicien pour identifier au mieux leurs mécanismes et facteurs de risques respectifs d'échec. En effet, un patient peut s'avérer « déventilable » mais non « extuable » et inversement. L'échec de l'extubation est ainsi classiquement défini comme la nécessité d'une réintubation précoce dans les 48 à 72 heures suivant une extubation programmée [7,10]. Cette définition doit cependant actuellement tenir compte du développement de la ventilation non invasive (VNI), appliquée au décours de l'extubation. En effet, la VNI peut soit être intégrée délibérément dans une stratégie de sevrage (extubation programmée précoce relayée par VNI systématique), soit être utilisée de façon préventive ou curative pour

respectivement prévenir ou traiter la survenue d'une insuffisance respiratoire aiguë (IRA) post-extubation [11,12]. La dernière conférence de consensus internationale sur le sevrage de la VM définit ainsi le succès du sevrage comme l'absence de recours à toute forme d'assistance ventilatoire (réintubation, VNI) dans les 48 heures suivant une extubation programmée. De fait, l'échec d'extubation doit alors être considéré comme :

- la nécessité d'une réintubation ;
- la nécessité de recourir à la VNI curative pour survenue d'une IRA post-extubation ;
- ou la survenue du décès dans les 48 heures suivant l'extubation.

Néanmoins, comme l'application de la VNI à la période post-extubation (VNI de sevrage, VNI préventive, VNI curative) peut retarder le délai de réintubation, une durée de 48 heures pourrait s'avérer insuffisante dans ces conditions pour juger objectivement de l'échec de l'extubation. Ainsi, un délai pouvant s'étendre jusqu'à 7 jours a pu être suggéré en cas d'application de la VNI à la période post-extubation [12]. Afin de se mettre dans les meilleures conditions pour réaliser l'extubation du patient de réanimation, il est nécessaire de pouvoir identifier les facteurs de risque d'échec (œdème laryngé, sécrétions abondantes...). Un « screening » plus précis des patients est alors nécessaire afin d'identifier ceux chez lesquels des complications de l'extubation pourraient survenir afin de les anticiper et d'en prévenir les conséquences.

La littérature relative à l'intubation et à l'extubation du patient de réanimation s'est considérablement enrichie au cours des dernières années mais nous ne disposons pas, à l'heure actuelle, de recommandations formelles pour une standardisation de ces deux pratiques. Dans ce contexte, il est apparu utile de procéder à une évaluation des données récentes disponibles, permettant d'élaborer des recommandations et des conduites à tenir à l'attention des praticiens.

Méthode

Ces recommandations sont le résultat du travail d'un groupe d'experts réunis par la Société française d'anesthésie réanimation (SFAR) et la Société de réanimation de langue française (SRLF). Dans un premier temps, le comité d'organisation a défini les questions à traiter avec les coordonnateurs. Il a ensuite désigné les experts en charge de chacune d'entre elles. Les questions ont été formulées selon un format PICO (Patients Intervention Comparison Outcome). L'analyse de la littérature et la formulation des recommandations ont ensuite été conduites selon la méthodologie GRADE (Grade of Recommendation Assessment, Development and Evaluation). Un niveau de preuve devait être défini pour chacune des références bibliographiques citées en fonction du type de l'étude. Ce niveau de preuve pouvait être réévalué (décote/surcote) en tenant compte de la qualité méthodologique de l'étude. Les références bibliographiques communes à chaque critère de jugement

étaient alors regroupées. Un niveau global de preuve était déterminé pour chaque critère de jugement en tenant compte des niveaux de preuve de chacune des références bibliographiques, de la cohérence des résultats entre les différentes études, du caractère direct ou non des preuves, de l'analyse de coût... Un niveau global de preuve « fort » permettait de formuler une recommandation « forte » (il faut faire, ne pas faire... GRADE 1+ ou 1-). Un niveau global de preuve modéré, faible ou très faible aboutissait à l'écriture d'une recommandation « optionnelle » (il faut probablement faire ou probablement ne pas faire... GRADE 2+ ou 2-). Lorsque la littérature était inexistante, la question pouvait faire l'objet d'une recommandation sous la forme d'un avis d'expert. Les propositions de recommandations étaient présentées et discutées une à une. Le but n'était pas d'aboutir obligatoirement à un avis unique et convergent des experts sur l'ensemble des propositions, mais de dégager les points de concordance et les points de divergence ou d'indécision. Chaque recommandation était alors évaluée par chacun des experts et soumise à leurs cotations individuelles à l'aide d'une échelle allant de 1 (désaccord complet) à 9 (accord complet). La cotation collective était établie selon une méthodologie GRADE grid. Pour délivrer une recommandation sur un critère, au moins 50 % des experts devaient exprimer une opinion qui allait globalement dans la même direction, tandis que moins de 20 % d'entre eux exprimaient une opinion contraire. Pour qu'une recommandation soit forte, au moins 70 % des participants devaient avoir une opinion qui allait globalement dans la même direction. En l'absence d'accord fort, les recommandations étaient reformulées et, de nouveau, soumises à cotation dans l'objectif d'aboutir à un consensus.

Champs des recommandations — Synthèse des résultats

Du fait de la spécificité de la médecine pré-hospitalière dans le domaine de la gestion des voies aériennes supérieures, nous n'avons inclus ce champ ni dans notre analyse de la littérature, ni dans les recommandations formulées.

L'intubation et l'extubation du patient de réanimation ont été explorées séparément. En ce qui concerne l'intubation, 4 champs ont été explorés : l'intubation compliquée en réanimation, le matériel de l'intubation, les agents d'induction anesthésique, les « bundles » ou protocoles (ensemble des mesures préventives et curatives devant être appliquées conjointement) de l'intubation en réanimation. L'extubation a été abordée en 3 champs : les pré-requis à l'extubation, les échecs de l'extubation, la gestion pratique de l'extubation.

Une recherche bibliographique extensive sur les 10 dernières années a été réalisée à partir des bases de données PubMed et Cochrane. Pour être retenues dans l'analyse, les publications devaient être postérieures à 2005 et rédigées en langue anglaise ou française. Une analyse spécifique de la littérature pédiatrique a été réalisée et les recommandations pédiatriques

ont été réalisées à partir des recommandations adultes afin de définir les spécificités. Celles-ci ont été soumises à un comité d'experts indépendant dont les membres ont accepté de voter chaque recommandation pédiatrique.

Après synthèse du travail des experts et application de la méthode GRADE, 32 recommandations adultes ont été formalisées ainsi que 2 algorithmes de synthèse. Parmi les recommandations formulées, 12 ont un niveau de preuve élevé (Grade 1+/-), 19 un niveau de preuve faible (Grade 2+/-) et, pour 1 recommandation, la méthode GRADE® ne pouvait pas s'appliquer, aboutissant à un avis d'experts.

En ce qui concerne les recommandations pédiatriques, 15 recommandations ont été formalisées, 5 ont un niveau de preuve élevé (Grade 1+), 9 un niveau de preuve faible (Grade 2+) et pour l'une d'elles, un avis d'expert a été émis.

La totalité des recommandations a été soumise au groupe d'experts pour une cotation avec la méthode GRADE grid. Après 2 tours de cotations et divers amendements, un accord fort a été obtenu pour 31 (97 %) des recommandations adultes et 15 (100 %) des recommandations pédiatriques.

Intubation compliquée en réanimation

R1.1 - Il faut considérer tous les patients de réanimation à risque d'intubation compliquée.

(Grade 1+) Accord FORT

R1.2 - Afin d'en réduire l'incidence, il faut que les complications respiratoires et hémodynamiques de l'intubation soient anticipées et prévenues grâce à une préparation soigneuse de la procédure, intégrant le maintien de l'oxygénation et de l'hémodynamique systémiques tout au long de la procédure.

(Grade 1+) Accord FORT

R1.3 - Il faut différencier les facteurs prédictifs d'intubation compliquée des facteurs prédictifs d'intubation difficile.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : l'intubation est l'une des procédures les plus fréquemment réalisées en réanimation.

L'intubation peut être compliquée pour 2 raisons principalement :

- les complications péri-procédurales, d'une part ;
- et la difficulté du geste, d'autre part.

Les principales complications de l'intubation identifiées dans la littérature incluent des complications sévères et modérées. Celles-ci sont répertoriées dans le [tableau I](#).

Contrairement à l'intubation endotrachéale programmée réalisée au bloc opératoire, l'intubation en réanimation s'effectue le plus souvent en urgence, chez un patient fréquemment hypoxémique et hypoxique avec une hémodynamique précaire [1-3]. Il s'agit donc d'une procédure à haut risque, associée à un taux élevé de

complications (20 à 50 %) pouvant menacer le pronostic vital (collapsus, hypoxémie, troubles du rythme, intubation œsophagienne, régurgitation...) [2]. Les complications (présentées dans le [tableau I](#)) sont d'autant plus fréquentes que l'état précédant la procédure est précaire (cas des patients hypoxémiques, en état de choc) ou lorsque la procédure d'intubation s'avère difficile. Des conditions physiopathologiques particulières exposent à un risque élevé d'hypoxémie, c'est le cas de l'obésité et la grossesse au cours desquelles la capacité résiduelle fonctionnelle est diminuée et le risque d'atélectasie est augmenté [13]. De plus, de nombreuses pathologies rencontrées en réanimation ne permettent pas de tolérer un certain degré d'hypoxémie (épilepsie, maladie cérébrovasculaire, insuffisance coronarienne, etc.) [4]. Les moyens évalués dans la littérature, à mettre en œuvre pour limiter les complications passent par l'anticipation et l'optimisation de l'oxygénation et de l'hémodynamique tout au long de la procédure [1].

L'intubation difficile [2] est quant à elle une complication du geste et répond à une définition précise : nécessité de deux tentatives d'intubation ou plus [4]. Elle est par ailleurs associée à un taux de complications immédiates plus important.

L'incidence de l'intubation difficile est augmentée en réanimation, avec des taux variant de 8 à 23 % selon la littérature [14-17].

Outre la nécessaire anticipation du contexte, une étude récente a évalué les facteurs de risque d'intubation difficile en réanimation [2].

Un score prédictif d'intubation difficile, le MACOCHA score ([tableau II](#)), a ainsi été développé puis validé de façon externe.

Les principaux prédicteurs d'intubation difficile en réanimation étaient liés au patient (Mallampati III ou IV, syndrome d'Apnées du sommeil, raideur Cervicale, limitation de l'Ouverture de bouche), liés à la pathologie (présence d'un Coma ou d'une Hypoxémie) et à l'opérateur (expérience de moins de deux ans au bloc opératoire ou non Anesthésiste). En optimisant le seuil, la capacité discriminante du score est élevée. Pour rejeter l'intubation difficile avec certitude, un seuil de 3 ou plus semble approprié, permettant une valeur prédictive négative optimale (respectivement 97 % et 98 % dans les cohortes originales et de validation) et bonne une sensibilité (respectivement 76 % et 73 % dans les cohortes originales et de validation). L'échelle d'intubation difficile (Intubation Difficulty Scale [IDS]) est quand à elle une échelle quantitative de la difficulté de l'intubation qui est très utile pour comparer de façon objective la complexité de l'intubation endotrachéale, mais a posteriori et pas a priori [18]. En conséquence, pour améliorer la qualité des soins délivrés en réanimation, les réanimateurs se doivent de disposer de connaissances et compétences optimales sur la procédure

d'intubation. Il apparaît donc légitime d'aider les médecins réanimateurs à améliorer leurs connaissances et compétences en matière d'intubation. À ce titre, la formation par simulation haute fidélité semble être un excellent outil. Elle permet l'application des connaissances théoriques acquises, en toute sécurité, tout en s'approchant du vécu réel de la situation [19-21]. Par ailleurs, il est important que « la procédure d'intubation » en situation critique soit standardisée au sein d'une unité de réanimation, avec une adhésion maximale de toute l'équipe, afin d'éviter des pratiques hétérogènes (choix des agents anesthésiques,

R1.1 (pédiatrie) - Il faut considérer tous patients de réanimation pédiatrique à risque d'intubation compliquée.

(Grade 1+) Accord FORT

R1.2 (pédiatrie) - Afin d'en réduire l'incidence, il faut que les complications respiratoires et hémodynamiques de l'intubation en réanimation pédiatrique soient anticipées et prévenues grâce à une préparation soignée de la procédure, intégrant le maintien de l'oxygénation et de l'hémodynamique systémiques tout au long de la procédure.

(Grade 1+) Accord FORT

R1.3 (pédiatrie) - En pédiatrie, il faut différencier les facteurs prédictifs d'intubation compliquée des facteurs prédictifs d'intubation difficile.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : l'intubation en réanimation pédiatrique est un geste fréquemment réalisé et dans plus de 90 % des cas pour une cause respiratoire [22]. Ce geste est fréquemment lié à des complications : dans environ 20 % des cas non sévères, et dans 3 à 6 % sévères (arrêt cardiorespiratoire, intubation œsophagienne diagnostiquée tardivement, inhalation massive, hypotension sévère nécessitant remplissage et/ou amines vasopressives, laryngospasme, hyperthermie maligne, pneumothorax ou pneumomédiastin, lésion directe des voies aériennes) [22,23]. Il semble donc nécessaire de prévenir au mieux ces complications en optimisant la prise en charge entourant l'intubation en réanimation. Peu d'études se sont intéressées aux facteurs de risque d'intubation difficile et/ou compliquée en réanimation pédiatrique. Un registre américain (NEAR4KIDS) incluant les données de 15 PICU (Pediatric Intensive Care Unit) a récemment permis d'obtenir des données plus précises sur ce thème [22,24]. Il existait une association entre les complications sévères liées à l'intubation (115 sur 1715 intubations, 6,3 %), d'une part, et l'instabilité

hémodynamique et/ou la défaillance respiratoire, d'autre part [22]. Il existait une association entre les complications peu sévères liées à l'intubation et les antécédents d'intubation difficile, l'instabilité hémodynamique et le degré d'expérience de l'opérateur. Chez les patients de ce même registre, le taux d'intubation difficile était de 9 % sur 1516 patients. Les facteurs de risque d'intubation difficile en analyse univariée (pas d'ajustement en fonction de l'expérience de l'opérateur) étaient les suivants : âge plus jeune, faible poids, indications d'intubation sur défaillance ventilatoire, défaut de sédation ou de curarisation, signes d'obstruction des voies aériennes supérieures. Les antécédents d'intubation difficile, la limitation de l'ouverture de bouche, la limitation de la mobilité cervicale, la faible distance thyro-mentonnaire, l'hypoplasie mandibulaire étaient associés à une intubation difficile mais seule la valeur prédictive négative était bonne. En ajustant ces critères aux opérateurs expérimentés pour l'intubation, seuls 2 facteurs de risque d'intubation difficile étaient identifiés : antécédent d'intubation difficile (OR 1,83 ; IC 95 % (1,02-3,29) ; $p = 0,04$), et la présence de signes d'obstruction des voies aériennes supérieures (OR 1,91 ; IC 95 %

Matériel intubation

R2.1 - Il faut mettre en œuvre un contrôle capnographique de l'intubation en réanimation pour confirmer la bonne position de la sonde d'intubation, du dispositif supra-glottique ou de l'abord trachéal direct.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : les conditions matérielles de l'intubation en réanimation (IR) méritent une attention d'autant plus grande que les patients sont instables, intolérants à l'apnée, difficiles à réoxygéner et que l'opérateur est souvent moins entraîné qu'en salle d'opération [25]. L'intérêt du contrôle capnographique de l'IR est souligné par l'incidence élevée des intubations œsophagiennes en réanimation (pouvant atteindre 51 %, en cas d'IR difficile [IRD] [26]) et le caractère particulièrement faillible des autres moyens qui ont pu être utilisés par le passé. Selon l'étude NAP4, la non-utilisation ou l'interprétation erronée de la capnographie a contribué à 74 % des cas de décès ou de dommages cérébraux irréversibles survenus au décours d'une intubation en réanimation ou aux urgences [27]. Ce contrôle capnographique ne se limite pas à celui de la bonne position de la sonde d'intubation en fin de geste. Il trouve également sa

place au cours des étapes de l'algorithme de gestion des IRD, en particulier pour confirmer la bonne place d'un dispositif supra-glottique (DSG) ou d'un abord trachéal direct lorsque leur insertion s'est avérée nécessaire. Une enquête anglaise de 2010 [28] souligne l'importante marge de progression dans ce domaine ; en effet, seules 32 % des réanimations contrôlaient les intubations par capnométrie. À notre connaissance il n'existe pas d'études évaluant la capnographie comme outil d'aide à l'intubation en réanimation pédiatrique.

R2.2 - Il faut disposer d'un chariot d'intubation difficile et d'un bronchoscope (usuel ou à usage unique) en réanimation afin de pouvoir faire face immédiatement aux situations d'intubation difficile.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : le NAP4 (Fourth National Audit Project of The Royal College of Anaesthetists and The Difficult Airway Society) recommande qu'un chariot d'intubation difficile et un bronchoscope soient immédiatement disponibles en réanimation [27]. Ce matériel doit être régulièrement contrôlé (présence et bon fonctionnement ; contrôle quotidien, trace archivée). En plus des masques, sondes et canules orales et nasales, le chariot d'intubation difficile devrait rassembler selon un consensus adopté localement par l'équipe de réanimation : des laryngoscopes à manche usuel et court, des lames métalliques de différentes tailles, un vidéolaryngoscope, des dispositifs supraglottiques (DSG), et le matériel d'abord cricothyroïdien. Le mandrin d'intubation (mandrin malléable destiné à préformer la courbure de la sonde d'intubation) est recommandé d'emblée en cas d'IRD prévue ou secondairement en cas d'IRD imprévue. Ce dispositif est celui utilisé en anesthésie. Par ailleurs l'utilisation de GlideScope® impose, selon le fabricant, l'utilisation d'un mandrin rigide spécifique.

Les mandrins longs creux (Cook®, Frova®) ou pleins peuvent être utiles dans le contexte de l'IRD. Ils sont droits ou béquillés et sont identiques à ceux utilisés en anesthésie. Leur rôle dans l'algorithme de l'IR est également à envisager.

Les bronchoscopes se sont largement diversifiés et les fibroscopes classiques ont été rejoints par plusieurs types de bronchoscopes à usage partiellement ou totalement unique. Ces dispositifs, dont le mieux validé est l'aScope®, ont des caractères spécifiques qui les rendent particulièrement adaptés pour les gestes endobronchiques en réanimation (comme par exemple

l'endoscopie diagnostique, la réalisation d'un lavage bronchoalvéolaire, le contrôle d'un abord trachéal percutané, la levée d'une atelectasie).

Pour l'IR, les fibroscopes et les bronchoscopes à usage unique sont recommandés dans le cadre de l'abord multimodal des voies aériennes, particulièrement pour les intubations à travers les DSG, tandis que la combinaison VL-Bronchoscope qui impose un temps d'apnée plus long, a été surtout décrite en anesthésie [29,30].

Le comité des recommandations relatives aux technologies médicales du National Institute for Health and Clinical Excellence anglais (NICE) a émis en 2013 des recommandations concernant l'aScope et l'aScope2, qui résument les avantages de ce dispositif en 4 points essentiels, indépendamment de l'éviction du risque de transmission croisée d'infection par les fibroscopes à usage multiple. Ces 4 points sont :

- de bonnes performances cliniques ;
- de moindres dépenses de santé ;
- une amélioration de la sécurité des patients du fait d'un meilleur niveau de réactivité ;
- dispositifs particulièrement recommandés dans la gestion des difficultés imprévues de contrôle des voies aériennes [31].

Une enquête anglaise de 2010 [28] souligne l'importante marge de progression dans ce domaine car seules 10 % des réanimations possédaient dans leur chariot d'intubation difficile tout le matériel souhaitable. En revanche, 94 % des réanimations

R2.3 - Il faut employer des lames métalliques pour les laryngoscopies directes en réanimation afin d'en améliorer les chances de succès.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : le laryngoscope de McIntosh reste le dispositif le plus utilisé en première intention. L'emploi d'une lame à usage unique en métal semble généralisé en France. Conformément aux recommandations de la SFAR, les lames à usage unique en matière plastique ne sont pas recommandées pour les situations dans lesquelles l'intubation présente un potentiel de difficulté établi [33], ce qui est le cas pour toutes les IR. Dans ce contexte, la lame, à usage unique ou réutilisable, doit être en métal. La mise en évidence de transmissions d'infections létales par le manche réutilisable des laryngoscopes souligne le soin à porter à leur décontamination [34-36]. Des laryngoscopes à usage unique et des coques monobloc jetables (Laryngobloc®) sont disponibles mais leur intérêt reste à valider, notamment en réanimation.

R2.4 - Pour limiter les échecs d'intubation, il faut probablement utiliser les vidéolaryngoscopes (VL) pour l'intubation en réanimation, soit d'emblée soit après échec de la laryngoscopie directe.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : plusieurs vidéolaryngoscopes ont fait l'objet d'une évaluation dans le cadre des IR. Cependant, aucune comparaison frontale entre les VL disponibles n'est suffisamment puissante et définitive pour imposer tel ou tel dispositif plutôt qu'un autre. Les VL optimisent la vue laryngoscopique et ont leur place, d'emblée ou après échec de la laryngoscopie directe, dans tous les algorithmes d'IRD récents. Cependant, si le VL n'a pas été utilisé d'emblée, son utilisation secondaire reste optionnelle et ne constitue pas un prérequis au recours à un dispositif supraglottique [4]. L'identification d'une difficulté prévisible de l'IR (score MACOCHA ≥ 3), lorsqu'elle est possible, pourrait constituer une indication à utiliser préférentiellement un VL en première intention, plutôt qu'un laryngoscope simple [37].

De nombreux dispositifs existent dans cette catégorie et il est usuel de les classer [38] en :

- stylets (ex : Bonfils^{*}, Sensascope^{*}, RIFL^{*}) ;
- VL à lame munie d'un canal guide pour la sonde d'intubation (ex : Pentax AW Scope^{*}, Airtraq^{*}, KingVision^{*}) ;
- et VL permettant une vue directe et son optimisation par la vue endoscopique (ex : Mc Grath Mac^{*}, C-Mac^{*}, Kaplan-Berci DCI^{*} GlideScope^{*}).

Plusieurs dispositifs sont compatibles avec des lames simples et des lames munies de canal guide. Certains sont destinés à un usage systématique et peuvent être munis de lames spécialement dédiées à l'ID par leur courbure et/ou leur épaisseur. D'autres sont munis de lames réutilisables. On peut également distinguer les VL compacts munis de leur écran monté sur le manche, des dispositifs reliés à un système vidéo et à un écran déportés. Les dispositifs utiles pour l'IR sont décrits en détail dans plusieurs revues récentes [39].

Parmi les VL ayant été évalués pour l'IRD, le C-Mac^{*} ($n = 117$) a permis des améliorations significatives par rapport au MacIntosh ($n = 113$), en augmentant significativement le taux de réussite à la première tentative de 55 % à 79 %, et en diminuant l'incidence des grades III et IV de Cormack & Lehane de 20 % à 7 %. Ces résultats ont été discutés en raison d'aspects méthodologiques mais leur validité demeure [40].

Le McGrath Mac^{*} semble le VL le mieux validé pour l'IR ($n = 70$) dans la mesure où sa supériorité par rapport au MacIntosh ($n = 140$) a été montrée non seulement en termes :

- de qualité de laryngoscopie ;

- de succès de l'intubation, mais également en termes ;
- de succès dans la population particulière des sujets MACOCHA ≥ 3 [41].

Cependant, le MacGrath Mac ne réduit pas l'incidence des complications potentiellement létales de l'IR.

Une méta-analyse de 9 études comparant la vidéolaryngoscopie à la laryngoscopie directe pour la réalisation de l'IR confirme l'intérêt des VL dans ce contexte [42]. Parmi ces 9 études, 3 sont des essais contrôlés randomisés dans lesquels le VL est le GlideScope^{*}, et 6 sont des études observationnelles dans lesquelles le VL est le MacGrath Mac^{*} 1 fois, le GlideScope^{*} 4 fois et le C-Mac^{*} 1 fois. Un essai concerne à la fois le GlideScope^{*} et le C-Mac^{*}. Les bras VL regroupent 1066 patients et les bras laryngoscopie directe 1067. Les VL augmentent le taux de réussite de l'IR dès la première tentative [OR 2,07 (IC 95 % 1,35-3,16 ; $p < 0,001$)], diminuent l'incidence des IRD définies par la nécessité de plus de 2 tentatives [OR 0,29 (IC 95 % 0,20-0,44 ; $p < 0,001$)], des laryngoscopies de grade 3 ou 4 de Cormack et Lehane [OR 0,26 (IC 95 % 0,17-0,41 ; $p < 0,001$)] et des intubations œsophagiennes [OR 0,14 (IC 95 % 0,02-0,81 ; $p = 0,03$)]. Compte tenu de la morbi-mortalité potentielle imputable à l'intubation œsophagienne en réanimation, ce dernier résultat semble particulièrement important à souligner même si la faible puissance de la méta-analyse ne permet pas de mettre en évidence de gain en termes de survie ou d'éviction de complications graves. La méta-analyse ne révèle pas de bénéfice

R2.5 - Il faut utiliser les dispositifs supra-glottiques (DSG) dans la gestion des intubations difficiles en réanimation, pour oxygéner le patient puis favoriser l'intubation sous contrôle bronchoscopique.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : les dispositifs supra-glottiques (DSG) font partie des dispositifs dont la disponibilité est indispensable pour l'IR.

Leur rôle est double :

- oxygéner le patient en cas d'échec de la ventilation au masque ou au cours des abords chirurgicaux de la trachée ;
- et servir de guide pour le bronchoscope d'intubation en cas d'IRD.

Le choix du dispositif est avant tout fonction de l'expérience de l'opérateur et de la disponibilité du matériel. Le dispositif ProSeal^{*} et les DSG analogues, à pression de fuite élevée, pourraient avoir l'avantage de mieux permettre la CPAP mais ces éléments ne sont pas étayés par des essais menés en réanimation [43,44]. Le

Fastrach* et autres DSG particulièrement dédiés à l'intubation, semblent un choix logique dans le contexte, sans avoir été spécifiquement validés.

Il semble ainsi que pour l'indication d'aide à l'IR, le DSG idéal ne soit pas clairement identifié. Le choix parmi les nombreux dispositifs existants reste donc ouvert et largement question de préférence personnelle.

R2.6 - Les connaissances théoriques et pratiques en matière d'intubation doivent être acquises et régulièrement entretenues (Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : en Grande-Bretagne, le défaut de formation et de jugement sont respectivement les deuxième et troisième cause d'accident grave compliquant l'abord des voies aériennes en réanimation et aux urgences [27]. La plupart des sociétés savantes s'accordent pour recommander un programme de formation associant une formation théorique initiale, un entraînement sur mannequins, des séances de simulation haute fidélité, le compagnonnage clinique et l'entretien des compétences au cours du cursus. Parmi les différentes modalités, la simulation (haute ou basse fidélité) procure un bénéfice pédagogique certain par rapport aux autres méthodes. Une méta-analyse récente de Kennedy et al. a en effet permis la comparaison de plusieurs méthodes pédagogiques [21]. Comparé à l'absence d'intervention, l'enseignement par simulation s'accompagne d'une amélioration significative des connaissances, de la durée de réalisation de la procédure et des aptitudes techniques. Comparé à une méthode n'intégrant pas la simulation, l'enseignement par simulation s'accompagne d'une amélioration significative de la satisfaction des apprenants, de leurs aptitudes techniques et de leur efficacité en situation clinique (cf. Tableau Grade). La détermination du nombre minimal de procédures à réaliser par les médecins en formation au cours de leur cursus ne peut s'appuyer que sur des études de faibles effectifs, dont certaines ont été réalisées sur mannequin. On peut néanmoins raisonnablement proposer les chiffres suivants : 50 à 70 laryngoscopies directes [45,46] (dont 20 réalisées préalablement sur mannequin), 20 poses de DSG [47,48] (dont 10 réalisées sur mannequin), 30 à 60 intubations aidées par la fibroscopie [49,50] (dont 20 réalisées sur mannequin), 5 cricothyroïdotomies [51,52] (toutes réalisées sur mannequin [53]) et 20 utilisations de vidéolaryngoscopes [54] (dont 10 sur mannequins). Chez les médecins en exercice, les 6 techniques (d'intubation et d'oxygénation) devant être maîtrisées par tous les praticiens et régulièrement ré-évaluées sont la ventilation au

masque facial, la laryngoscopie directe, l'utilisation du mandrin long béquillé, les DSG (10 poses par an sur mannequin), l'oxygénation trans-trachéale (5 procédures par an sur mannequin) et l'intubation facilitée par la fibroscopie (10 procédures par an sur mannequin).

R2.1 (pédiatrie) - Pour l'intubation de l'enfant en réanimation, il faut probablement utiliser une lame de laryngoscopie adaptée en fonction des habitudes des praticiens (lame droite de Miller ou courbe de Macintosh) et changer de type de lame en cas d'échec d'exposition avec la première lame.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : le choix du type de lame de laryngoscopie directe en pédiatrie est une question fréquemment abordée dans les services de réanimation et d'urgence, notamment chez l'enfant de moins de 2 ans. La technique décrite pour l'intubation avec la lame droite de Miller consiste à charger l'épiglotte pour visualiser la glotte, contrairement à la technique utilisant la lame incurvée de Macintosh où seule la base de langue est chargée pour visualiser l'épiglotte et la glotte [55]. Deux études récentes ont comparé ces 2 types de lames de laryngoscopie directe en pédiatrie [55,56]. La première [55] comparait le POGO score (score de visualisation d'ouverture de la glotte) entre les 2 types de lames chez 50 enfants de moins de 2 ans, randomisés en 2 groupes de 25. Les scores de visualisation de l'épiglotte étaient similaires entre les 2 groupes. La deuxième étude [56] était une étude randomisée en cross-over chez 120 patients, comparant les lames de Miller et de Macintosh (une exposition avec chaque lame chez chaque patient puis intubation après la deuxième exposition). Les auteurs ne retrouvaient pas de différence d'exposition ou de succès d'intubation entre les 2 groupes mais proposaient de changer de lame de laryngoscopie en cas de visualisation restreinte de la glotte avec la première lame utilisée. Ces 2 études sont de faible niveau de preuve (effectifs restreints et objectifs faibles car limités à la visualisation glottique et non au succès d'intubation ou aux complications liées à l'intubation) et n'ont pas été réalisées dans le cadre des soins intensifs.

R2.2 (pédiatrie) - Pour limiter les échecs d'intubation chez l'enfant en réanimation, il faut probablement utiliser les vidéolaryngoscopes (VL) soit d'emblée soit après échec de la laryngoscopie directe.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : les travaux pédiatriques étudiant l'utilisation des vidéolaryngoscopes pour l'intubation ont été réalisés en anesthésie [57] hors contexte d'urgence. Quelques études sur mannequin ont été réalisées avec des scénarios d'urgence [58,59] sans retrouver d'amélioration des conditions d'intubation ou du succès d'intubation avec l'utilisation d'un vidéolaryngoscope. Une méta-analyse récente [57] inclut 14 études randomisées contrôlées en pédiatrie. L'objectif principal de l'étude était la réduction du temps d'intubation, les objectifs secondaires étaient la visualisation de la glotte, le succès d'intubation au premier essai, les complications. Les travaux inclus dans la méta-analyse étaient hétérogènes (I^2 à 90 % pour le critère temps d'intubation et à 67 % pour le critère succès d'intubation) : vidéolaryngoscopes utilisés et âges des enfants différents. Seule une étude s'intéressait à l'intubation difficile en simulant une raideur cervicale, les autres patients étant considérés comme ayant des conditions d'intubation normales. La visualisation de la glotte était supérieure avec les vidéolaryngoscopes par rapport à la laryngoscopie directe (analyse en sous-groupes). Le succès d'intubation (10 études, 718 patients) n'était pas différent entre les groupes (RR 0,96 ; IC 95 % (0,92-1,00) ; $I^2 = 67$ %). Le temps d'intubation (14 études, 980 patients) était allongé dans le groupe vidéolaryngoscope (WMD : 4,9 s ; IC 95 % (2,6-7,1) ; $I^2 = 90$ %), seul le sous-groupe utilisant l'Airtraq[®] ne retrouvait pas d'allongement du temps d'intubation (WMD 0,6 s ; IC 95 % (7,7-8,9) ; $I^2 = 94$ %). Le taux global de complications n'était pas différent entre les groupes (RR 1,11 ; IC 95 % (0,39-3,16) ; $I^2 = 0$ %). Cette méta-analyse ne permet donc pas de favoriser l'utilisation des vidéolaryngoscopes, d'autant plus que les limites de ce travail sont nombreuses et qu'aucun travail n'a été réalisé dans le cadre de la réanimation pédiatrique. Par ailleurs, une étude multicentrique prospective observationnelle incluant 1053 intubations sur 10 ans dans 13 centres (Australie, États-Unis et Canada) retrouve un taux de succès d'intubation au premier essai lors d'induction séquence rapide plus élevé avec les vidéolaryngoscopes (sur 51 intubations avec vidéolaryngoscopes). Cette étude a de nombreuses limites dont un biais de recueil important (*self-report*), la modification des prises en charges pendant la durée de l'étude, et son caractère non randomisé [60].

R2.3 (pédiatrie) - Il faut probablement préférer l'intubation par voie orale chez l'enfant en réanimation.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : les études publiées comparant les complications des intubations orales versus nasales en réanimation pédiatrique s'intéressent plus spécifiquement à la population néonatale. Dans une revue *Cochrane* publiée en 2000 [61] concernant la population néonatale, il est retrouvé que l'intubation par voie nasale est plus difficile et que l'intubation par voie orale doit être préférée pour les opérateurs inexpérimentés. L'incidence des atélectasies post-extubation semble être plus fréquente lors d'une intubation par voie nasale mais essentiellement chez les enfants prématurés de très petit poids de naissance. Il n'y a pas de différence retrouvée entre les voies d'intubation orale et nasale concernant une mauvaise position du tube, l'incidence d'extubation accidentelle, les obstructions du tube, la nécessité de réintubation après extubation, les infections et les traumatismes locaux. Ces conclusions concernant la population néonatale peuvent très vraisemblablement être étendues à la population des nourrissons mais pas à l'ensemble de la population pédiatrique. Un seul article publié par Moore et al. [62] compare l'incidence des sinusites en réanimation pédiatrique en fonction du type d'intubation et ne retrouve pas de différence significative entre les 2 groupes (analyse de sous-groupe).

R2.4 (pédiatrie) - Il faut probablement utiliser des sondes à ballonnet pour l'intubation de l'enfant en réanimation afin de limiter le nombre de réintubations pour fuites.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : depuis les travaux de Eckenhoff sur l'anatomie laryngée de l'enfant, de nombreux manuels ont recommandé l'utilisation de sondes sans ballonnet pour les enfants de moins de 7-8 ans. Pour autant, ce dogme a été largement rediscuté dans la littérature depuis. Dans le cas d'une sonde sans ballonnet, même lorsqu'elle est de taille adaptée, la pression de fuite n'est pas prévisible. En effet, si une fuite minimale est volontairement recherchée et que celle-ci devient trop importante et compromet la ventilation, le patient devra être réintubé avec une sonde de taille supérieure. Le nombre de réintubations pour fuites est limité par l'utilisation d'une sonde avec ballonnet [63]. La principale complication redoutée lors de l'utilisation de sonde avec ballonnet en réanimation pédiatrique chez l'enfant de moins de 8 ans est le risque de lésions muqueuses induisant des complications respiratoires à l'extubation. Plusieurs études ont été publiées en réanimation pédiatrique à ce sujet. Il n'y a pas d'arguments en faveur d'une imputabilité du ballonnet dans l'incidence de stridor post-extubation ni de lésions sous-glottiques

lorsque le monitoring de la pression du ballonnet est rigoureux. Deakers et al. ont publié en 1994 une série non randomisée de 282 intubations avec ou sans ballonnet [64]. Aucune différence dans l'incidence de stridor post-extubation n'a été retrouvée. Une deuxième étude non randomisée rapporte une série de 860 cas [65]. L'usage d'aérosols d'adrénaline pour œdème laryngé sous-glottique dans le groupe avec ballonnet n'était pas plus fréquent que dans le groupe sans. Enfin, une méta-analyse incluant des études faites au bloc opératoire et en réanimation ne retrouve pas d'augmentation du risque de stridor post-extubation dans le groupe avec ballonnet [63]. Dans cette méta-analyse, le groupe avec ballonnet est hétérogène et regroupe des études testant des ballonnets de forme et de textures variables (PVC ou Polyuréthane, Microcuff®). La supériorité/infériorité des sondes avec ballonnet en polyuréthane fin et de forme modifiée (type Microcuff®) n'ont pas fait l'objet d'études spécifiques dans une population de réanimation pédiatrique. D'autres bénéfices à l'utilisation des sondes avec ballonnet sont rapportés dans la littérature : une analyse de sous-groupe montre une tendance à la diminution de l'incidence des micro-inhalations dans le groupe sonde avec ballonnet vs sans [66].

Aucun produit hypnotique ne semble recouvrir toutes les caractéristiques idéales pour être recommandé comme l'agent exclusif à utiliser lors de l'intubation.

Trois produits semblent néanmoins remplir les critères pour l'intubation en séquence rapide du patient en état critique :

- l'étomidate même en injection unique pour l'ISR est responsable d'une augmentation de l'insuffisance surrénale relative. En revanche, le niveau de preuve est plus faible quant à un éventuel lien de causalité entre une injection unique d'étomidate et une surmortalité. Ceci amène toutefois à faire preuve de prudence quand à l'utilisation de l'étomidate chez le patient septique [69] ;
- la kétamine qui a des propriétés stimulantes sur le système sympathique, semble être une alternative valable à l'étomidate [69] ;
- le propofol peut être utilisé pour l'intubation chez le patient critique mais peut entraîner comme effet secondaire une instabilité hémodynamique qui peut être prévenue par le recours précoce ou préventif aux amines vasopressives [71]. Les études de pratique semblent faire apparaître une utilisation fréquente du propofol dans les pays anglo-saxons [70-75].

Drogues de l'intubation

R3.1 - Il faut probablement choisir un hypnotique (étomidate, kétamine, propofol) permettant l'induction en séquence rapide (ISR) en fonction du terrain et de la situation clinique du patient. (Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : la revue de la littérature ne retrouve que peu d'études faisant état des agents anesthésiques utilisés lors de l'intubation en réanimation ou en salle d'urgence pour le patient en état critique [67,68]. On ne retrouve que 2 études randomisées contrôlées comparant 2 types de produits anesthésiques en réanimation ou dans un service d'urgence [69,70] dont une seule de niveau élevée. Il serait donc utile de réaliser des études sur le sujet en réanimation ou en salle d'urgence, situations dans lesquelles le contexte et le déroulement de l'intubation ne sont pas strictement identiques à ceux de l'intubation en milieu pré-hospitalier [68].

Du fait de la rareté des études portant sur le sujet, une grande majorité des recommandations ne peut se fonder que sur les propriétés pharmacologiques des produits anesthésiques et sur les avis des experts [68,69].

R3.2 - Chez le patient de réanimation, il faut probablement utiliser la succinylcholine comme curare de première intention lors de l'ISR afin de réduire la durée de la procédure et le risque d'inhalation.

(Grade 2+) Accord FORT

R3.3 - Il faut utiliser le rocuronium à une dose supérieure à 0,9 mg/kg [1,0-1,2 mg/kg] en cas de contre-indication à la succinylcholine et permettre un accès rapide au Sugammadex en cas d'utilisation de celui-ci.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : l'intubation trachéale chez le patient en détresse vitale est facilitée par la réalisation d'une anesthésie de type induction en séquence rapide (ISR). La technique de référence associe l'utilisation d'un hypnotique et d'un curare. Le curare doit permettre une intubation rapide et posséder une durée d'action courte. La décurarisation spontanée qui permet la reprise d'une ventilation spontanée efficace par le patient constitue une sécurité. La succinylcholine possède ces propriétés mais elle est associée à des effets indésirables majeurs comme l'allergie, l'hyperkaliémie, la survenue d'un trouble de rythme qui peut être fatal, ou l'hyperthermie maligne [76,77]. Elle possède des contre-indications fréquemment rencontrées en réanimation :

hyperkaliémie, atteinte de la jonction neuromusculaire, brûlure étendue, rhabdomyolyse, alitement prolongé [77]. Le rocuronium a été la seule molécule alternative sérieusement étudiée. Une revue *Cochrane* récente constituée de 50 essais cliniques a conclu en la supériorité de la succinylcholine sur le rocuronium pour obtenir des conditions d'intubation excellente (OR 0,86 ; IC 95 % (0,81-0,92) ; $p < 0,001$) [78]. Lorsqu'une dose de rocuronium supérieure à 0,9 mg/kg était utilisée, cette différence n'était plus significative. Il n'y avait pas de différence pour les effets indésirables graves qui restaient très faibles. Le problème posé par l'emploi du rocuronium est le délai de la décurarisation qui est de l'ordre d'une heure. Le sugammadex à la dose de 16 mg/kg permet une antagonisation très rapide. Le délai de décurarisation est alors inférieur au délai spontané de décurarisation de la succinylcholine [79]. Chez le patient très hypoxémique, certains auteurs proposent une intubation sans curare, mais aucune étude comparative n'a été publiée [80].

R3.1 (pédiatrie) - Pour l'intubation de l'enfant en réanimation, il faut probablement choisir un hypnotique (étomidate, kétamine, propofol) permettant l'induction en séquence rapide (ISR) en fonction du terrain et de la situation clinique du patient. (Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : en pédiatrie, les RFE publiées en 2012, qui étaient une actualisation de la conférence d'experts de la SFAR de 1999 et qui concernaient la sédation/analgésie pour l'intubation trachéale de l'enfant en structure d'urgence, avaient établi les conclusions suivantes. L'étomidate devrait être utilisé en première intention chez l'enfant de plus de 2 ans sauf en situation de sepsis. Dans les autres situations, la kétamine était l'alternative recommandée (3 à 4 mg/kg avant 18 mois et 2 mg/kg après) [81]. Une étude de pratiques récente réalisée dans 19 unités de réanimation pédiatrique nord-américaines a montré l'utilisation de midazolam dans 58 %, de kétamine dans 27 %, de propofol dans 14 % et d'étomidate dans 2 % des 3366 intubations étudiées. La kétamine était préférentiellement utilisée dans les situations d'instabilité hémodynamique mais n'était pas associée à moins d'épisodes d'hypotension. Le propofol était préférentiellement utilisé lors des intubations effectuées pour réaliser un geste et son utilisation n'était pas associée à l'augmentation de la survenue de nouveaux épisodes d'hypotension [82].

R3.2 (pédiatrie) - Chez l'enfant en réanimation, il faut probablement utiliser la succinylcholine comme curare de première intention lors de l'ISR afin de réduire la durée de la procédure et le risque d'inhalation.

(Grade 2+) Accord FORT

R3.3 (pédiatrie) - Il faut utiliser le rocuronium à une dose supérieure à 0,9 mg/kg [1,0-1,2 mg/kg] en cas de contre-indication à la succinylcholine en pédiatrie et permettre un accès rapide au sugammadex en cas d'utilisation de celui-ci.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : les RFE de 2012 sur l'intubation en structure d'urgence pour la pédiatrie préconisent l'utilisation de l'induction en séquence rapide (ISR) pour l'intubation dans le cadre de l'urgence en pédiatrie [81]. L'utilisation d'un curare fait partie intégrante de l'ISR, que cela soit en structure d'urgence ou en réanimation, afin d'améliorer les conditions d'intubation et les complications liées à l'intubation. Une récente méta-analyse de la *Cochrane* [78] a inclus 5 études randomisées contrôlées de pédiatrie comparant les conditions d'exposition pour l'intubation lors de l'utilisation de succinylcholine ou de rocuronium. Aucune différence significative entre rocuronium et succinylcholine n'a été mise en évidence pour obtenir d'excellentes conditions d'intubation (RR 0,86, IC 95 % [0,7-1,06], mais hétérogénéité élevée avec $I^2 = 0,81$). Parmi les études incluses dans cette méta-analyse, 2 retrouvaient des conditions d'intubation similaires entre succinylcholine (1,5 mg/kg) et rocuronium (0,9 mg/kg) et des conditions d'exposition moins bonnes avec une posologie de rocuronium plus faible (0,6 mg/kg) [83,84]. Une étude retrouvait des conditions d'intubation similaires avec 1 mg/kg de succinylcholine et 0,6 mg/kg de rocuronium mais une curarisation incomplète à une minute avec le rocuronium [85]. Une étude comparant 1,2 mg/kg de rocuronium à 1,5 mg/kg de succinylcholine retrouvait des conditions d'intubation similaires et excellentes à 60 secondes. Il n'existe donc pas de différence significative entre le rocuronium et la succinylcholine pour obtenir d'excellentes conditions d'intubation, mais la durée d'action prolongée du rocuronium peut être une limite à son utilisation, d'autant plus qu'il n'existe pas de travaux permettant de discuter l'utilisation de l'antagoniste du rocuronium (sugammadex) dans le cadre de l'ISR en pédiatrie. Par conséquent, le choix de l'un ou l'autre de ces curares doit être orienté en fonction des contre-indications à la succinylcholine et de la durée d'action du curare.

Protocoles d'intubation

R4.1 - Il faut probablement utiliser la VNI pour la préoxygénation des patients hypoxémiques en réanimation.

(Grade 2+) Accord FORT

R4.2 - Il est possible d'utiliser l'oxygénothérapie nasale haut débit (ONHD) pour la préoxygénation en réanimation notamment pour les patients non sévèrement hypoxémiques.

(Avis d'expert) Accord FORT

R4.3 - Il faut probablement utiliser un protocole d'intubation incluant un versant ventilatoire au cours de l'intubation en réanimation pour diminuer les complications respiratoires.

(Grade 2+) Accord FORT

R4.4 - Il faut probablement utiliser une manœuvre de recrutement post-intubation chez les patients de réanimation hypoxémiques en l'intégrant dans un protocole ventilatoire.

(Grade 2+) Accord FORT

R4.5 - Il faut probablement appliquer une PEEP d'au moins 5 cm H₂O après intubation des patients hypoxémiques.

(Grade 2+) Accord FORT

R4.6 - Il faut probablement utiliser un protocole hémodynamique, définissant les modalités du remplissage vasculaire et de la mise en place précoce de catécholamines pour diminuer les complications hémodynamiques lors de l'intubation des patients en réanimation.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : une étude multicentrique avant/après a montré l'intérêt d'un protocole d'intubation (incluant un protocole ventilatoire) associé à une baisse significative des complications sévères (notamment des événements respiratoires) [1].

Protocole ventilatoire : La ventilation non invasive (VNI) a montré son intérêt au cours de la préoxygénation [86], mais aucune grande étude randomisée n'a confirmé cette hypothèse.

Deux études récentes ont évalué l'oxygénothérapie nasale à haut débit (ONHD) pour la préoxygénation au cours de l'intubation en réanimation (et l'oxygénation apnéique). Une étude monocentrique avant/après a inclus des patients dont les motifs d'intubation étaient hétérogènes [87]. Étaient exclus les patients avec une hypoxémie sévère. Cette étude suggérait que l'ONHD améliorait fortement l'oxygénation au cours de l'intubation en réanimation. Ces conclusions sont en contradiction avec la première étude randomisée sur ce thème [88]. L'étude « Preoxyflow » a en effet évalué l'ONHD pour la préoxygénation de malades sévèrement hypoxémiques. Cet essai concluait que l'ONHD n'était pas supérieure à l'oxygénothérapie conventionnelle par masque facial dans la prévention des désaturations. Enfin,

une étude randomisée contrôlée monocentrique n'a pas démontré l'intérêt spécifique de l'ONHD pour l'oxygénation apnéique [89].

En ce qui concerne le recrutement après intubation, une étude bicentrique prospective en réanimation, a randomisé 40 patients hypoxémiques bénéficiant d'une intubation trachéale en deux bras, l'un comportant une manœuvre de recrutement (MR+) post-intubation immédiate (définie par l'application d'une CPAP de 40 cm H₂O pendant plus de 30 secondes), l'autre sans manœuvre de recrutement (MR-). Le gain d'oxygénation était significativement supérieur dans le groupe MR+ à 2 et 30 minutes (236 ± 117 mmHg vs 93 ± 36 mmHg et 180 ± 79 mmHg vs 110 ± 39 mmHg respectivement ; $p < 0,05$). Ce gain étant obtenu sans conséquence hémodynamique ni complication barotraumatique dans le groupe MR+ [90].

À notre connaissance, il n'y a pas de données concernant l'utilisation de la VNI et de l'ONHD pour la préoxygénation en réanimation pédiatrique.

Protocole hémodynamique

L'identification de patients à risque de collapsus a été évaluée dans une analyse multivariée d'une 1^{re} étude portant sur 885 patients [91].

L'utilisation d'un « bundle hémodynamique » a été évaluée dans une seule étude avant/après réalisée sur 244 patients inclus dans 3 centres, toutes causes d'intubations en réanimation confondues. Par rapport à la période antérieure, l'application systématique du bundle hémodynamique dans la période « après » a permis de réduire de 27 à 15 % l'incidence du collapsus post-intubation et des complications majeures (sans effet sur les autres critères de jugement secondaires) [1].

L'effet de l'application d'une pression télé-expiratoire positive (PEP) de 5 cm H₂O a été évalué dans le bundle de la précédente étude et dans une étude randomisée contrôlée menée chez 63 patients hypoxémiques. Aucune de ces études ne rapportait d'effet de ces valeurs de PEP sur la pression artérielle moyenne [92].

R4.1 (pédiatrie) - Il faut probablement administrer de l'atropine avant l'intubation lors de l'induction en réanimation des enfants âgés de 28 jours à 8 ans pour réduire le risque de bradycardie, notamment dans les situations de choc septique, de choc hypovolémique ou lors de l'utilisation de Suxaméthonium.

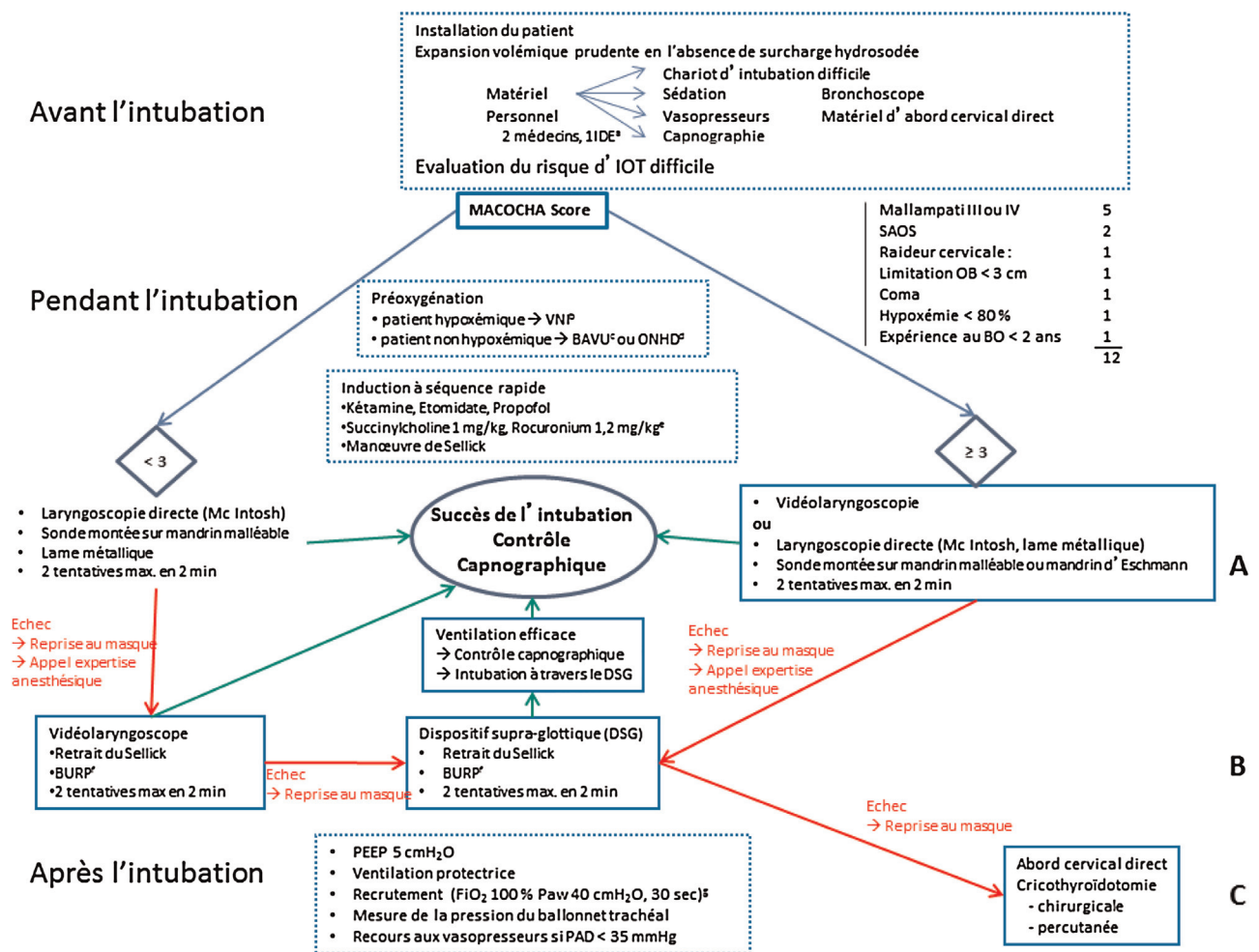
(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : particularité pédiatrique, l'intubation peut entraîner une bradycardie par réaction vagale (liée à l'hypoxie et/

ou à la laryngoscopie) ou par effet propre des médicaments utilisés dans ce contexte (Suxaméthonium). Cette bradycardie peut ne pas avoir de conséquences cardiovasculaires notables si elle est accompagnée d'une vasoconstriction [93]. En revanche, dans les situations où l'état hémodynamique du patient est précaire (choc septique ou hypovolémique) et dans les situations où il existe un risque de vasodilatation, la bradycardie peut induire une décompensation hémodynamique significative [94]. Il a également été rapporté une forte association entre la bradycardie et l'arythmie et/ou les troubles de la conduction durant l'intubation [95]. Quelques études récentes ont analysé l'intérêt de l'atropine avant l'intubation de l'enfant en contexte d'urgence. Il s'agit d'études prospectives de cohorte non randomisées où l'utilisation d'atropine avant intubation était laissée à la discrétion de l'opérateur. Ce biais méthodologique a

été partiellement corrigé par l'utilisation d'un score de propension. La première étude, menée sur 111 enfants âgés de 29 jours à 8 ans (66 sans atropine et 45 avec), a montré une réduction significative de la mortalité en réanimation chez les enfants qui avaient reçu l'atropine avant l'intubation [96]. La seconde étude, menée sur la première intubation de 103 enfants âgés de 29 jours à 8 ans (61 sans atropine et 42 avec), a montré une réduction significative de la prévalence des arythmies durant l'intubation chez les enfants qui avaient reçu de l'atropine avant l'intubation [95]. D'autre part, la conférence de consensus de l'American College of Critical Care Medicine de 2009 sur le choc septique en pédiatrie recommande l'utilisation de l'atropine lors de la prémédication pour l'intubation chez l'enfant en situation de choc septique [97].

Algorithme IOT en réanimation (Proposition des experts – Accord faible)



- a : en configuration optimale : 2 opérateurs médecins et une infirmière diplômée d'état (IDE).
 b : VNI : ventilation non invasive.
 c : BAVU : ballon autoremplisseur à valve unidirectionnelle.
 d : ONHD : oxygénothérapie nasale à haut débit.
 e : l'utilisation du bromure de rocuronium dans cette indication ne se conçoit qu'en situation de disponibilité immédiate de sugammadex.
 f : BURP : Backward, Upward and Rightward Pressure : manœuvre laryngée externe d'optimisation de la vue laryngoscopique.
 g : la manœuvre de recrutement n'est préconisée que chez les patients hémodynamiquement stables et elle doit être immédiatement interrompue lorsqu'elle induit une instabilité.

Extubation : pré-requis

R5.1 - Il faut réaliser une épreuve de sevrage en VS avant toute extubation chez le patient de réanimation ventilé depuis plus de 48 h afin de réduire le risque d'échec d'extubation.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : la recherche au quotidien de critères simples de sevrabilité et l'évaluation clinique, voire gazométrique, du succès ou de l'échec d'une épreuve de sevrage en ventilation spontanée (VS), représentent le « gold standard » de toute stratégie de sevrage/extubation, laquelle doit être idéalement protocolisée, en intégrant parallèlement la désédation [7-9]. Bien que récemment remis en cause pour juger du succès de l'extubation [6], le succès de l'épreuve de VS (fréquence respiratoire 10-30/min, SpO₂ > 92 %, absence de sueur, d'agitation, d'hypertension, de tachycardie), quelle que soit la technique utilisée (aide inspiratoire [VS-AI] ou pièce en T [VS/T]) reste le meilleur test diagnostique pour déterminer la probabilité de succès de l'extubation [8,98]. En effet, 30 à 40 % des patients extubés malgré l'échec d'une épreuve de sevrage peuvent nécessiter d'être réintubés [11]. De la même façon, près de 40 à 60 % des patients extubés de façon non programmée (extubations

R5.2 - L'épreuve de sevrage n'étant pas suffisante pour dépister tous les patients à risque d'échec d'extubation, il faut probablement rechercher les causes et facteurs de risque plus spécifiques d'échec incluant l'inefficacité de la toux, l'abondance des sécrétions bronchiques, l'inefficacité de la déglutition, et les troubles de la conscience.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : l'épreuve de VS ne permet cependant pas de préjuger correctement des conséquences du retrait de la sonde d'intubation, notamment en termes d'obstruction ou d'augmentation éventuelle des résistances des VAS, de défaut de protection des voies aériennes inférieures, d'efficacité de la toux et de drainage des sécrétions trachéobronchiques [101-107]. Ainsi, malgré le succès de l'épreuve de sevrage, l'échec de l'extubation programmée (réintubation) peut survenir en moyenne dans 10 à 20 % des cas selon les travaux les plus récents [106,108-113] avec des extrêmes pouvant largement varier, de 5 à plus de 30 %, selon les populations étudiées (BPCO...), la durée préalable de VM, la définition utilisée, les résultats et le type d'études (observationnelles ou interventionnelles) analysés [114]. Si un faible taux de réintubation peut certainement traduire une prolongation inutile de la VM mais, qu'à l'inverse, un taux élevé peut sous-entendre un défaut de prise en charge du processus de sevrage/extubation, le clinicien doit cependant tout mettre en œuvre pour minimiser ce taux d'échec, un taux acceptable en réanimation pouvant se situer entre 5 et 10 % [114].

L'épreuve de sevrage en VS n'apparaît donc pas suffisante en elle-même pour détecter les patients à risque d'échec d'extubation. Il convient alors de rechercher les causes potentielles et les facteurs de risque spécifiques d'échec de l'extubation.

De nombreux mécanismes, causes ou facteurs de risque d'échec du processus de sevrage/extubation ont été décrits [7,104-107,109,115]. Ils peuvent être plus ou moins intriqués chronologiquement dans le temps chez un même patient, et plusieurs de ces mécanismes pourraient être plus spécifiques du risque d'échec de l'extubation. En se focalisant sur ces facteurs spécifiques (obstruction des VAS, inefficacité de la toux, encombrement bronchique, troubles de déglutition, troubles de conscience), les données actuelles de la littérature ne permettent cependant pas d'affirmer que leur recherche systématique permet de limiter à elle seule le risque de réintubation. Néanmoins, ces facteurs de risque méritent probablement d'être appréhendés au mieux avant toute extubation chez un patient « déventilable » [7].

R5.1 (pédiatrie) - Il faut probablement réaliser une épreuve de sevrage en VS avant toute extubation chez l'enfant ventilé de réanimation afin de réduire le risque d'échec d'extubation.

(Grade 2+) Accord FORT

R5.2 (pédiatrie) - L'épreuve de sevrage n'étant pas suffisante pour prédire les patients à risque d'échec d'extubation il faut probablement rechercher les causes et facteurs de risque plus spécifiques d'échec incluant inefficacité de la toux, abondance des sécrétions bronchiques, inefficacité de la déglutition, troubles de la conscience et certains facteurs spécifiques chez l'enfant.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : en pédiatrie, un travail récent montre que l'épreuve de sevrage en VS avec Aide Inspiratoire est très largement utilisée [116]. L'utilisation de la pièce en T ou d'un ballon délivrant une PEP ont aussi été étudiés. La répétition quotidienne de l'épreuve en VS permet de diminuer la durée de ventilation [117]. L'efficacité de l'épreuve de VS chez l'enfant est similaire à celle de l'adulte avec un taux de réintubation entre 10 et 15 % [118-120]. L'augmentation des niveaux de pression visant à compenser les résistances des sondes de petit diamètre pourrait majorer le risque de réintubation [121]. En pédiatrie, un travail multicentrique incluant 16 PICU et 1459 patients [116] a identifié comme facteur de risque de réintubation : l'âge < 2 ans, les pathologies syndromiques et génétiques, l'insuffisance respiratoire chronique, une atteinte neurologique chronique ou la nécessité de réintubation à l'admission en réanimation.

Échec d'extubation

R6.1 - Il faut probablement effectuer un test de fuite avant l'extubation pour prédire la survenue d'un œdème laryngé.

(Grade 2+) Accord FORT

R6.2 - Il faut réaliser le test de fuite chez les patients de réanimation ayant au moins un facteur de risque de dyspnée laryngée afin de réduire les échecs d'extubation en rapport avec l'œdème laryngé.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : les lésions laryngées sont présentes chez plus de trois quarts des patients ventilés [122]. Elles comprennent par ordre de fréquence décroissant : l'œdème, l'ulcération muqueuse, la parésie des cordes vocales et les granulomes [122]. Ces lésions sont souvent intriquées et peuvent toutes (à l'exception des ulcérations) participer à une dyspnée laryngée (stridor inspiratoire) post-extubation. Les données sur les facteurs de risque de dyspnée laryngée sont controversées et parfois contradictoires, mais les principaux critères retrouvés sont : le sexe féminin, l'intubation par voie nasale, l'utilisation d'une sonde

d'intubation de gros calibre par rapport à la taille du patient, des pressions de gonflage du ballonnet élevées, l'intubation difficile, traumatique ou prolongée [5,123-125].

L'œdème laryngé est au mieux diagnostiqué par la réalisation d'un test de fuite avant l'extubation des patients ayant passé avec succès l'épreuve de ventilation spontanée [126]. Le volume de fuites autour de la sonde endotrachéale est habituellement estimé comme suit :

- aspiration trachéale et buccale en position demi-assise et réglage du ventilateur en mode assisté contrôlé ;
- vérification de l'égalité des volumes inspiré et expiré avant le dégonflage du ballonnet ;
- estimation du volume expiré après dégonflage du ballonnet (moyenne des trois valeurs les plus faibles parmi les six valeurs relevées après dégonflage) ; le volume absolu des fuites est la différence entre le volume inspiré (avant dégonflage du ballonnet) et le volume expiré (après dégonflage du ballonnet) ; le volume relatif des fuites est le rapport entre le volume absolu des fuites et le volume inspiré.

Un volume de fuite bas définit un test de fuite positif. Les seuils les plus fréquemment utilisés sont < 110 mL de volume absolu ou < 10 % de volume relatif, mais ces seuils et les volumes courants utilisés varient beaucoup d'une étude à l'autre. Cette variabilité des seuils s'explique notamment par l'absence de standardisation des réglages ventilatoires, la contribution des fuites inspiratoire et expiratoire, ainsi que l'influence de la mécanique ventilatoire sur l'importance des fuites [127]. Cette quantification est parfois complexe en pratique clinique et peut être remplacée par un test qualitatif (absence d'audition de fuites lors de l'occlusion par le doigt de la sonde trachéale) [128]. Le test de fuite a en général une bonne spécificité et valeur prédictive négative (performant pour l'identification des patients à faible risque) mais une faible sensibilité et valeur prédictive positive (peu performant pour l'identification des patients à haut risque) [129]. Il est sans doute nécessaire chez les patients ayant au moins un facteur de risque de dyspnée laryngée postextubation. D'autres approches diagnostiques ont été proposées (comparaison du pourcentage de fuite juste après l'intubation et juste avant l'extubation [130], estimation de la colonne d'air autour de la sonde d'intubation avant et après dégonflage du ballonnet par ultrasons [131-133]) qui ne parviennent pas à améliorer significativement la valeur diagnostique du test.

La dyspnée laryngée survient en général rapidement dans les minutes qui suivent l'extubation, chez 1 à 30 % des patients selon les séries [122,124]. L'existence d'une dyspnée laryngée

augmente le risque de réintubation [124]. Le taux global de réintubations se situe autour de 15 % dans les séries récentes, et 15 % environ des réintubations précoces (dans les 48 h suivant l'extubation), sont imputées à une dyspnée laryngée, ce qui représente 1-4 % de toutes les extubations [122,124,134].

R6.3 - Il faut probablement mettre en œuvre des mesures limitant les lésions laryngées au cours de la ventilation mécanique.

(Grade 2+) Accord FORT

R6.4 - Si le volume de fuite est faible ou nul, il faut probablement prescrire une corticothérapie pour prévenir les échecs d'extubation en rapport avec l'œdème laryngé.

(Grade 2+) Accord FORT

R6.5 - Lorsqu'elle est décidée, la corticothérapie doit être débutée au moins 6 heures avant l'extubation pour être efficace.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : la prévention des lésions laryngées passe par l'évitement des facteurs de risque : choix d'un diamètre « modéré » pour la sonde d'intubation (en général 8 mm chez les hommes et 7 mm chez les femmes), accélération du sevrage de la ventilation mécanique pour minimiser la durée de ventilation, la surveillance et la régulation de la pression du ballonnet pour prévenir les ulcérations trachéales.

Un traitement préventif de la dyspnée laryngée par corticoïdes peut être proposé aux patients avec test de fuite positif avant l'extubation, mais la faible valeur prédictive positive du test expose au traitement par excès de faux positifs [124]. L'efficacité de ce traitement (environ 1 mg/kg/j d'équivalent prednisolone) est conditionnée par ses modalités d'administration et nécessite :

- l'initiation au moins 6 heures avant l'extubation, possiblement en doses fractionnées ;
- la sélection de patients à risque (test de fuite positif) [135].

R6.1 (pédiatrie) - En cas d'utilisation d'une corticothérapie, celle-ci doit être débutée au moins 24 heures avant l'extubation pour être efficace.

(Grade 1+) Accord FORT

Argumentaire : chez l'enfant, les principaux facteurs de stridor après extubation retrouvés dans la littérature sont la durée d'intubation (> 72 h) [141], l'âge < 2 ans [142] ou 5 ans [143], et un faible niveau de sédation [143]. Chez l'enfant, le test de fuite est le plus souvent réalisé par l'audition des fuites lors de l'administration d'une pression de 25 cm H₂O [144]. Lorsqu'il est négatif il serait associé à l'existence d'un stridor [143], mais pour certains uniquement chez l'enfant de plus de 7 ans [145].

Plusieurs travaux montrent qu'il ne permet pas de prédire l'échec d'extubation. Sa sensibilité pour prédire le succès de l'extubation est variable selon les études.

Lorsqu'un traitement par corticoïde (dexaméthasone) est envisagé, un délai de plus de 24 h est préféré [146].

Protocole d'extubation

R7.1 - En préventif, il faut probablement utiliser l'oxygénothérapie nasale à haut débit en postopératoire de chirurgie cardiothoracique.

(Grade 2+) Accord FORT

R7.2 - En préventif, il faut probablement utiliser l'oxygénothérapie nasale à haut débit après extubation programmée en réanimation chez les patients hypoxémiques ou à risque faible de réintubation.

(Grade 2+) Accord FORT

R7.3 - En préventif, il faut probablement utiliser la VNI prophylactique après extubation programmée en réanimation chez les patients à haut risque de réintubation, notamment chez les patients hypercapniques.

(Grade 2+) Accord FORT

R7.4 - En curatif, il faut probablement utiliser la VNI curative en cas d'insuffisance respiratoire aiguë postopératoire, notamment après chirurgie abdominale ou résection pulmonaire.

(Grade 2+) Accord FORT

R 7.5 - En curatif, il ne faut probablement pas utiliser la VNI curative en cas d'insuffisance respiratoire aiguë survenant après extubation programmée en réanimation, excepté chez les patients BPCO ou en cas d'OAP évident.

(Grade 2-) Accord FAIBLE

Argumentaire : en réanimation, l'échec de l'extubation est généralement défini par la nécessité de réintubation dans les 48 ou 72 h suivant une extubation programmée [7,10]. Ce délai est parfois prolongé jusqu'à 7 jours, notamment en cas d'utilisation de la ventilation noninvasive (VNI) au décours de

l'extubation [11,12]. Environ 25 % des patients réintubés le sont au-delà des 48 premières heures [12]. Le taux de réintubation global en réanimation est d'environ 15 %, mais s'élève à 20 ou 30 % chez les patients les plus à risque. La décision d'extubation en réanimation est difficile pour le clinicien car en cas d'échec, la mortalité est particulièrement élevée et peut atteindre 25 à 50 % [10].

Au décours de l'extubation, la majorité des patients sont traités par de l'oxygène standard mais l'utilisation de l'oxygène à haut débit ou de la VNI peut être discutée. Il faut distinguer 2 indications très différentes de la VNI en post-extubation : la VNI prophylactique et la VNI curative (la VNI réalisée pour faciliter le sevrage chez des patients difficiles à sevrer n'est pas traitée dans ce chapitre).

Dans les 2 cas, le patient est prêt pour l'extubation, c'est à dire qu'il a réussi l'épreuve de sevrage et qu'il réunit tous les critères pour l'extubation selon la conférence de consensus internationale sur le sevrage [7]. La VNI prophylactique est alors débutée immédiatement après l'extubation et poursuivie dans les 24-48 h suivant l'extubation afin de prévenir la survenue d'une détresse respiratoire. Au contraire, la VNI curative est débutée pour traiter une détresse respiratoire aiguë déjà installée survenant dans les suites de l'extubation.

Au plan physiologique, la VNI pourrait présenter de nombreux avantages, notamment une amélioration de la fonction ventriculaire gauche en cas d'insuffisance cardiaque, une réduction de la pression télé-expiratoire positive (PEP) intrinsèque chez les patients BPCO, un recrutement alvéolaire, une amélioration des échanges gazeux mais surtout une réduction importante du travail inspiratoire. Cependant, la VNI pourrait avoir des effets délétères potentiels, notamment le fait de masquer les signes d'insuffisance respiratoire aiguë et de retarder la réintubation.

Concernant la VNI préventive, 6 études randomisées contrôlées ont été publiées en réanimation [147-152]. Immédiatement après l'extubation, les patients étaient randomisés et recevaient de l'oxygène standard ou de la VNI. La majorité de ces études ont inclus des patients à haut risque de réintubation [147-151].

Malgré des critères hétérogènes, les patients à haut risque étaient majoritairement les patients âgés, insuffisants cardiaques, ou ayant une maladie respiratoire chronique sous-jacente. La majorité des études sont en faveur de la VNI avec une diminution du risque d'insuffisance respiratoire aiguë [147-150]. L'effet semblait particulièrement bénéfique chez les patients hypercapniques [147-149]. Cependant, seulement 2 études ont retrouvé une diminution significative du taux de réintubation

[147,150]. Dans la seule étude ayant inclus des patients sans facteurs de risque de réintubation, les résultats n'ont pas montré de bénéfices de la VNI [152]. Concernant le niveau d'évidence, certaines études sont multicentriques mais les effectifs sont relativement faibles. En regroupant les 6 études multicentriques publiées sur le sujet, le risque relatif pour l'intubation avec la VNI était réduit de façon non significative avec un OR de 0,80, IC 95 % (0,64-1,01) ($p = 0,06$). En ne considérant que les études qui ont inclus des patients à haut risque de réintubation, le risque relatif pour l'intubation était significativement plus faible avec un OR à 0,63, IC 95 % (0,45-0,87) ($p = 0,003$).

Concernant la VNI curative en réanimation, 2 études multicentriques ont été publiées à ce jour [138,153]. Après l'extubation, les patients qui présentaient des signes d'insuffisance respiratoire aiguë étaient randomisés et traités par de la VNI ou de l'oxygène standard. Bien que ces 2 études ont inclus majoritairement des patients intubés pour une raison médicale, respectivement 16 % et 27 % des patients étaient admis en postopératoire ou pour un polytraumatisme. Le risque

R7.1 (pédiatrie) - Il ne faut probablement pas utiliser la VNI prophylactique après extubation programmée en réanimation chez les enfants à faible risque de réintubation.

(Avis d'expert) Accord FORT

R7.6 - Il faut probablement faire intervenir un kinésithérapeute avant et après l'extubation chez les patients ventilés plus de 48 h afin de diminuer la durée de sevrage et limiter le risque de réintubation.

(Grade 2+) Accord FORT

R7.7 - Il faut probablement faire intervenir un kinésithérapeute au cours du geste de l'extubation, afin de limiter les complications immédiates liées au sur-encombrement chez les patients à risque.

(Grade 2+) Accord FORT

Argumentaire : la kinésithérapie appliquée aux patients intubés et ventilés comprend la kinésithérapie respiratoire et la kinésithérapie mobilisatrice. Les techniques sont variables et nombreuses [163].

La kinésithérapie de désencombrement incluant des techniques d'hyperinflation, de modulation du flux expiratoire, et des

postures, permettrait de limiter significativement les réintubations [164-166]. Les bénéfices de ces techniques ne sont pas démontrés sur la durée de sevrage [167,168], le succès du sevrage [163,167], et la durée de ventilation mécanique [163,164,166,167,169-173]. De plus, la kinésithérapie de désencombrement ne paraît pas limiter l'apparition des atelectasies post-extubation. Les résultats des études, essentiellement pédiatriques, sont contradictoires [164-166,169,174]. Enfin, l'utilisation de technique instrumentale de désencombrement tel que des insufflations-exsufflations après extubation permettrait de limiter les réintubations [175]. Une autre composante de la kinésithérapie chez le patient intubé est l'entraînement des muscles inspiratoires (Inspiratory Muscle Training). Les résultats des études montrent un bénéfice significatif de cette technique dans le succès du sevrage [176-179]. Les effets sont non significatifs sur le taux de réintubations [176,177,180], la durée de ventilation mécanique [176,179,181,182] et contradictoires sur la durée de sevrage [176-177,181].

Concernant la kinésithérapie mobilisatrice, les résultats montrent des résultats contradictoires sur les effets de cette technique sur la durée de ventilation mécanique. Certaines montrent un effet significatif sur la baisse de la durée de ventilation mécanique [172,183,184], d'autres sont non significatifs [185,186]. Aucun effet significatif n'a été retrouvé sur le succès du sevrage [184]. Les résultats sont contradictoires quant aux effets de la mobilisation hors ventilation mécanique des patients extubés [182,186,187,188].

La littérature est pauvre concernant la place du kinésithérapeute au décours immédiat de l'extubation, mais les experts mettent en avant la nécessité de la présence d'un kinésithérapeute au cours du geste d'extubation chez les patients à risque important de sur-encombrement, avec une force de toux altérée. Il pourra ainsi avoir recours et mettre en place des techniques adjuvantes notamment instrumentales afin de limiter les réintubations.

TABLEAU I
Principales complications associées à l'intubation

<i>Sévères</i>
Hypoxémie sévère
Collapsus cardiovasculaire sévère
Arrêt cardiaque
Décès
<i>Modérées</i>
Intubation difficile
Troubles du rythme
Intubation œsophagienne
Inhalation
Agitation
Bris dentaires

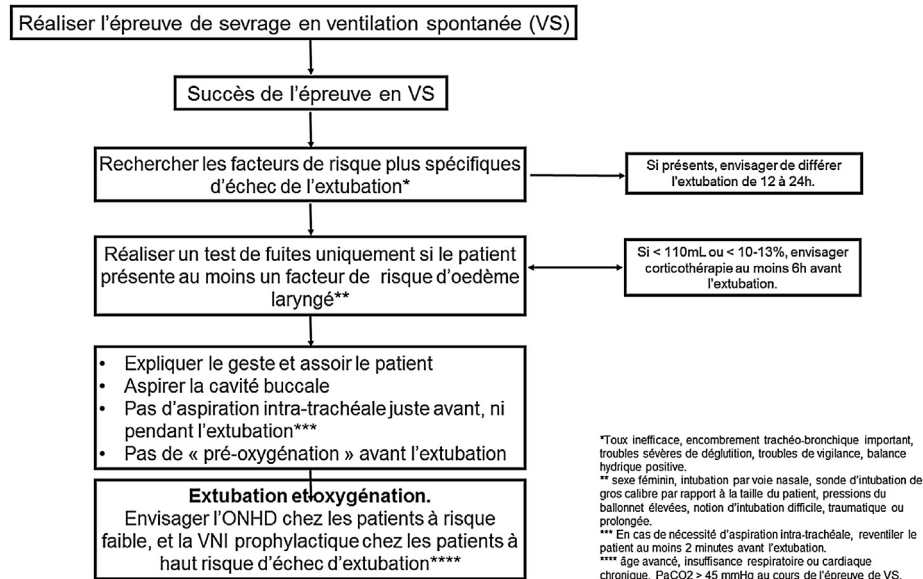
TABLEAU II
Calcul du score de MACOCHA

M. Mallampati score III ou IV (5)
A. Apnées du sommeil (2)
C. Cervicale (mobilité rachidienne réduite) (1)
O. Ouverture de bouche < 3 cm (1)
C. Coma (1)
H. Hypoxémie (1)
A. non-Anesthésiste ou Anesthésiste non entraîné (1)

Codé de 0 à 12.

Algorithme d'extubation en réanimation (proposition des experts — Accord fort)

Algorithme d'extubation en Réanimation



Déclaration de liens d'intérêts : J. Pottecher : Medtronic. C. Guittou : Fisher Paykel. E. l'Her : Smith Medical.

Les autres auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Jaber S, Jung B, Corne P, Sebbane M, Muller L, Chanques G, 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):248-55.
- [2] De Jong A, Molinari N, Terzi N, Mongardon N, Arnal J-M, Guittou C, et al. Early identification of patients at risk for difficult intubation in the intensive care unit: development and validation of the MACOCHA score in a multicenter cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187(8):832-9.
- [3] Le Tacon S, Wolter P, Rusterholtz T, Harlay M, Gayol S, Sauder P, et al. [Complications of difficult tracheal intubations in a critical care unit]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2000;19(10):719-24.
- [4] Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, 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):251-70.
- [5] Jaber S, Chanques G, Matecki S, Ramonatxo M, Vergne C, Souche B, et al. Post-extubation stridor in intensive care unit patients. Risk factors evaluation and importance of the cuff-leak test. *Intensive Care Med* 2003;29(1):69-74.
- [6] Wang J, Ma Y, Fang Q. Extubation with or without spontaneous breathing trial. *Crit Care Nurse* 2013;33(6):50-5.
- [7] Boles J-M, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2007;29(5):1033-56.
- [8] Girard TD, Kress JP, Fuchs BD, Thomason JWW, Schweickert WD, Pun BT, et al. Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2008;371(9607):126-34.
- [9] Girard TD, Ely EW. Protocol-driven ventilator weaning: reviewing the evidence. *Clin Chest Med* 2008;29(2):241-52 [v].
- [10] Thille AW, Richard J-CM, Brochard L. The decision to extubate in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187(12):1294-302.
- [11] Girault C, Bubenheim M, Abroug F, Diehl JL, Elatrous S, Beuret P, et al. Noninvasive ventilation and weaning in patients with chronic hypercapnic respiratory failure: a randomized multicenter trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2011;184(6):672-9.
- [12] Thille AW, Boissier F, Ben-Ghezala H, Razazi K, Mekontso-Dessap A, Brun-Buisson C, et al. Easily identified at-risk patients for extubation failure may benefit from noninvasive

- ventilation: a prospective before-after study. *Crit Care Lond Engl* 2016;20(1):48.
- [13] Duggan M, Kavanagh BP. Atelectasis in the perioperative patient. *Curr Opin Anaesthesiol* 2007;20(1):37-42.
- [14] Schwartz DE, Matthay MA, Cohen NH. Death and other complications of emergency airway management in critically ill adults. A prospective investigation of 297 tracheal intubations. *Anesthesiology* 1995;82(2):367-76.
- [15] Heuer JF, Barwing TA, Barwing J, Russo SG, Bleckmann E, Quintel M, et al. Incidence of difficult intubation in intensive care patients: analysis of contributing factors. *Anaesth Intensive Care* 2012;40(1):120-7.
- [16] Griesdale DEG, Bosma TL, Kurth T, Isac G, Chittock DR. Complications of endotracheal intubation in the critically ill. *Intensive Care Med* 2008;34(10):1835-42.
- [17] Jaber S, Amraoui J, Lefrant J-Y, Arich C, Cohendy R, Landreau L, 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):2355-61.
- [18] Adnet F, Borron SW, Racine SX, Clemessy JL, Fournier JL, Plaisance P, et al. The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of a new score characterizing the complexity of endotracheal intubation. *Anesthesiology* 1997;87(6):1290-7.
- [19] Wiel E, Lebuffe G, Erb C, Assez N, Menu H, Facon A, et al. [Mannequin-based simulation to evaluate difficult intubation training for emergency physicians]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2009;28(6):542-8.
- [20] Combes X, Jabre P, Amathieu R, Abdi W, Luis D, Sebbah J-L, et al. [Cricothyrotomy in emergency context: assessment of a cannot intubate cannot ventilate scenario]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2011;30(2):113-6.
- [21] Kennedy CC, Cannon EK, Warner DO, Cook DA. Advanced airway management simulation training in medical education: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 2014;42(1):169-78.
- [22] Nishisaki A, Turner DA, Brown CA, Walls RM, Nadkarni VM, National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS), et al. A National Emergency Airway Registry for children: landscape of tracheal intubation in 15 PICUs. *Crit Care Med* 2013;41(3):874-85.
- [23] Nishisaki A, Ferry S, Colborn S, DeFalco C, Dominguez T, Brown CA, et al. Characterization of tracheal intubation process of care and safety outcomes in a tertiary pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med J* 2012;13(1):e5-10.
- [24] Graciano AL, Tamburro R, Thompson AE, Fiadjo J, Nadkarni VM, Nishisaki A. Incidence and associated factors of difficult tracheal intubations in pediatric ICUs: a report from National Emergency Airway Registry for Children: NEAR4KIDS. *Intensive Care Med* 2014;40(11):1659-69.
- [25] Divatia JV, Khan PU, Myatra SN. Tracheal intubation in the ICU: Life saving or life threatening? *Indian J Anaesth* 2011;55(5):470-5.
- [26] Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 2004;99(2):607-13 [table of contents].
- [27] Cook TM, Woodall N, Harper J, Benger J, Fourth National Audit Project. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 2: intensive care and emergency departments. *Br J Anaesth* 2011;106(5):632-42.
- [28] Georgiou AP, Gouldson S, Amphlett AM. The use of capnography and the availability of airway equipment on Intensive Care Units in the UK and the Republic of Ireland. *Anaesthesia* 2010;65(5):462-7.
- [29] Greib N, Stojeba N, Dow WA, Henderson J, Diemunsch PA. A combined rigid videolaryngoscopy-flexible fiberoptic intubation technique under general anesthesia. *Can J Anaesth* 2007;54(6):492-3.
- [30] Sharma D, Kim LJ, Ghodke B. Successful airway management with combined use of Glidescope videolaryngoscope and fiberoptic bronchoscope in a patient with Cowden syndrome. *Anesthesiology* 2010;113(1):253-5.
- [31] 1-ambu-oscope2-in-unexpected-difficult-airways-management-scope2 [Internet]. [cité 17 mars 2016]. Disponible sur : <https://www.nice.org.uk/guidance/mtg14/documents/ambu-oscope2-in-unexpected-difficult-airways-management-scope2>.
- [32] Porhomayon J, El-Solh AA, Nader ND. National survey to assess the content and availability of difficult-airway carts in critical-care units in the United States. *J Anesth* 2010;24(5):811-4.
- [33] Diemunsch P, Langeron O, Richard M, Lenfant F. [Prediction and definition of difficult mask ventilation and difficult intubation: question 1. Société française d'anesthésie et de réanimation]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2008;27(1):3-14.
- [34] Diemunsch P, Noll E, Christmann D. Contamination of the laryngoscope handle: an overlooked issue. *Eur J Anaesthesiol* 2013;30(5):211-2.
- [35] Howell V, Thoppil A, Young H, Sharma S, Blunt M, Young P. Chlorhexidine to maintain cleanliness of laryngoscope handles: an audit and laboratory study. *Eur J Anaesthesiol* 2013;30(5):216-21.
- [36] Call TR, Auerbach FJ, Riddell SW, Kiska DL, Thongrod SC, Tham SW, et al. Nosocomial contamination of laryngoscope handles: challenging current guidelines. *Anesth Analg* 2009;109(2):479-83.
- [37] Byhahn C, Cavus E. Airway management disasters in the ICU-lessons learned? *Crit Care Lond Engl* 2012;16(5):162.
- [38] Hurford WE. The video revolution: a new view of laryngoscopy. *Respir Care* 2010;55(8):1036-45.
- [39] Karalappilai D, Darvall J, Mandeville J, Ellard L, Graham J, Weinberg L. A review of video laryngoscopes relevant to the intensive care unit. *Indian J Crit Care Med* 2014;18(7):442-52.
- [40] Noppens RR, Geimer S, Eisel N, David M, Piepho T. Endotracheal intubation using the C-MAC® video laryngoscope or the Macintosh laryngoscope: a prospective, comparative study in the ICU. *Crit Care Lond Engl* 2012;16(3):R103.
- [41] De Jong A, Clavieras N, Conseil M, Coisel Y, Moury P-H, Pouzeratte Y, et al. Implementation of a combo video laryngoscope for intubation in critically ill patients: a before-after comparative study. *Intensive Care Med* 2013;39(12):2144-52.
- [42] De Jong A, Molinari N, Conseil M, Coisel Y, Pouzeratte Y, Belafia F, 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):629-39.
- [43] Thomas M, Cook TM. Which is the logical supraglottic airway device for use on ICU? *Anaesthesia* 2007;62(10):1075-6 [author reply].
- [44] Russo SG, Moerer O, Nickel EA, Goetze B, Timmermann A, Quintel M. [Extraglottic airway devices in the intensive care unit]. *Anaesthesist* 2010;59(6):555-63.
- [45] Konrad C, SchYmpfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg* 1998;86(3):635-9.
- [46] Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytka S, et al. Laryngoscopic intubation: learning and performance. *Anesthesiology* 2003;98(1):23-7.
- [47] Baskett PJ, Parr MJ, Nolan JP. The intubating laryngeal mask. Results of a multicentre trial with experience of 500 cases. *Anaesthesia* 1998;53(12):1174-9.
- [48] Messant I, Lenfant F, Chomel A, Rapenne T, Freysz M. [Evaluation of the learning curve of a new intubation technique: intubating laryngeal mask]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2002;21(8):622-6.
- [49] Erb T, Hampl KF, Schürch M, Kern CG, Marsch SC. Teaching the use of fiberoptic intubation in anesthetized, spontaneously breathing patients. *Anesth Analg* 1999;89(5):1292-5.
- [50] Dalal PG, Dalal GB, Pott L, Bezinover D, Prozesky J, Bosseau Murray W. Learning curves of novice anesthesiology residents performing simulated fiberoptic upper airway endoscopy. *Can J Anaesth* 2011;58(9):802-9.
- [51] Wong DT, Prabhu AJ, Coloma M, Imasogie N, Chung FF. What is the minimum training required for successful cricothyrotomy? *A*

- study in mannequins. *Anesthesiology* 2003;98(2):349-53.
- [52] Shetty K, Nayyar V, Stachowski E, Byth K. Training for cricothyroidotomy. *Anaesth Intensive Care* 2013;41(5):623-30.
- [53] Hubert V, Duwat A, Deransy R, Mahjoub Y, Dupont H. Effect of simulation training on compliance with difficult airway management algorithms, technical ability, and skills retention for emergency cricothyrotomy. *Anesthesiology* 2014;120(4):999-1008.
- [54] Orliaguet GA, Blot R-M, Bourdaud N, Egan M, Dogaru E, Salvi N, et al. [Endotracheal intubation with the GlideScope[®], the Airtraq[®], the McGrath[®] videolaryngoscope and direct laryngoscopy: a comparative study on an infant manikin]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2013;32(12):844-9.
- [55] Passi Y, Sathyamoorthy M, Lerman J, Heard C, Marino M. Comparison of the laryngoscopy views with the size 7 Miller and Macintosh laryngoscope blades lifting the epiglottis or the base of the tongue in infants and children < 2 y of age. *Br J Anaesth* 2014;113(5):869-74.
- [56] Varghese E, Kundu R. Does the Miller blade truly provide a better laryngoscopic view and intubating conditions than the Macintosh blade in small children? *Paediatr Anaesth* 2014;24(8):825-9.
- [57] Sun Y, Lu Y, Huang Y, Jiang H. Pediatric video laryngoscopy versus direct laryngoscopy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Paediatr Anaesth* 2014;24(10):1056-65.
- [58] Rodríguez-Núñez A, Moure-González J, Rodríguez-Blanco S, Oulego-Erroz I, Rodríguez-Rivas P, Cortiñas-Díaz J. Tracheal intubation of pediatric manikins during ongoing chest compressions. Does Glidescope[®] videolaryngoscope improve pediatric residents' performance? *Eur J Pediatr* 2014;173(10):1387-90.
- [59] Fonte M, Oulego-Erroz I, Nadkarni L, Sánchez-Santos L, Iglesias-Vásquez A, Rodríguez-Núñez A. A randomized comparison of the GlideScope videolaryngoscope to the standard laryngoscopy for intubation by pediatric residents in simulated easy and difficult infant airway scenarios. *Pediatr Emerg Care* 2011;27(5):398-402.
- [60] Pallin DJ, Dwyer RC, Walls RM, Brown 3rd CA, NEAR III Investigators. Techniques and trends, success rates, and adverse events in emergency department pediatric intubations: a report from the National Emergency Airway Registry. *Ann Emerg Med* 2016;67(5) [610.e1-615.e1].
- [61] Spence K, Barr P. Nasal versus oral intubation for mechanical ventilation of newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2000;2:CD000948.
- [62] Moore BM, Blumberg K, Laguna TA, Liu M, Zielinski EE, Kurachek SC. Incidental sinusitis in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2012;13(2):e64-8.
- [63] Shi F, Xiao Y, Xiong W, Zhou Q, Huang X. Cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in children: a meta-analysis. *J Anesth* 2016;30(1):3-11.
- [64] Deakers TW, Reynolds G, Stretton M, Newth CJ. Cuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 1994;125(1):57-62.
- [65] Newth CJ, Rachman B, Patel N, Hammer J. The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 2004;144(3):333-7.
- [66] Gopalareddy V, He Z, Soundar S, Bolling L, Shah M, Penfil S, et al. Assessment of the prevalence of microaspiration by gastric pepsin in the airway of ventilated children. *Acta Paediatr* 2008;97(1):55-60.
- [67] Walz JM, Zayaruzny M, Heard SO. Airway management in critical illness. *Chest* 2007;131(2):608-20.
- [68] Reynolds SF, Heffner J. Airway management of the critically ill patient: rapid-sequence intubation. *Chest* 2005;127(4):1397-412.
- [69] Jabre P, Combes X, Lapostolle F, Dhaouadi M, Ricard-Hibon A, Vivien B, et al. Etomidate versus ketamine for rapid sequence intubation in acutely ill patients: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2009;374(9686):293-300.
- [70] Marsch SC, Steiner L, Bucher E, Pargger H, Schumann M, Aebi T, et al. Succinylcholine versus rocuronium for rapid sequence intubation in intensive care: a prospective, randomized controlled trial. *Crit Care Lond Engl* 2011;15(4):R199.
- [71] Koenig SJ, Lakticova V, Narasimhan M, Doelken P, Mayo PH. Safety of propofol as an induction agent for urgent endotracheal intubation in the Medical Intensive Care Unit. *J Intensive Care Med* 2015;30(8):499-504.
- [72] Smischney NJ, Hoskote SS, Gallo de Moraes A, Racedo Africano CJ, Carrera PM, Tedja R, et al. Ketamine/propofol admixture (ketofol) at induction in the critically ill against etomidate (KEEP PACE trial): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2015;16:177.
- [73] Reid C, Chan L, Tweeddale M. The who, where, and what of rapid sequence intubation: prospective observational study of emergency RSI outside the operating theatre. *Emerg Med J* 2004;21(3):296-301.
- [74] Simpson GD, Ross MJ, McKeown DW, Ray DC. Tracheal intubation in the critically ill: a multi-centre national study of practice and complications. *Br J Anaesth* 2012;108(5):792-9.
- [75] Phillips L, Orford N, Ragg M. Prospective observational study of emergent endotracheal intubation practice in the intensive care unit and emergency department of an Australian regional tertiary hospital. *Emerg Med Australas* 2014;26(4):368-75.
- [76] Reddy JI, Cooke PJ, van Schalkwyk JM, Hannam JA, Fitzharris P, Mitchell SJ. Ana-phylaxis is more common with rocuronium and succinylcholine than with atracurium. *Anesthesiology* 2015;122(1):39-45.
- [77] Muñoz-Martínez T, Garrido-Santos I, Arévalo-Cerón R, Rojas-Viguera L, Cantera-Fernández T, Pérez-González R, et al. [Contraindications to succinylcholine in the intensive care unit. A prevalence study]. *Med Intensiva Soc Esp Med Intensiva Unidades Coronarias* 2015;39(2):90-6.
- [78] Tran DTT, Newton EK, Mount VAH, Lee JS, Wells GA, Perry JJ. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;10:CD002788.
- [79] Lee C, Jahr JS, Candiotti KA, Warriner B, Zornow MH, Naguib M. Reversal of profound neuromuscular block by sugammadex administered three minutes after rocuronium: a comparison with spontaneous recovery from succinylcholine. *Anesthesiology* 2009;110(5):1020-5.
- [80] Lapinsky SE. Endotracheal intubation in the ICU. *Crit Care Lond Engl* 2015;19:258.
- [81] Orliaguet G, groupe d'experts Sfar-SFMU. [Sedation and analgesia in emergency structure Paediatrics: which sedation and analgesia for child tracheal intubation?]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2012;31(4):377-83.
- [82] Tarquinio KM, Howell JD, Montgomery V, Turner DA, Hsing DD, Parker MM, et al. Current medication practice and tracheal intubation safety outcomes from a prospective multicenter observational cohort study. *Pediatr Crit Care Med J* 2015;16(3):210-8.
- [83] Cheng CAY, Aun CST, Gin T. Comparison of rocuronium and suxamethonium for rapid tracheal intubation in children. *Paediatr Anaesth* 2002;12(2):140-5.
- [84] Kulkarni K, Patil M, Shirke A. Comparison of intubating conditions of succinylcholine with two doses of rocuronium bromide in children. *J Anaesth Clin Pharmacol* 2010;26(3):323-8.
- [85] Mażurek AJ, Rae B, Hann S, Kim JI, Castro B, Cotz C. Rocuronium versus succinylcholine: are they equally effective during rapid-sequence induction of anesthesia? *Anesth Analg* 1998;87(6):1259-62.
- [86] Baillard C, Fosse J-P, Sebbane M, Chanques G, Vincent F, Courouble P, et al. Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;174(2):171-7.
- [87] Miguel-Montanes R, Hajage D, Messika J, Bertrand F, Gaudry S, Rafat C, 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):574-83.
- [88] Vourch M, Asfar P, Volteau C, Bachoumas K, Clavieras N, Egreteau P-Y, et al. High-flow nasal cannula oxygen during endotracheal intubation in hypoxic patients: a randomized controlled clinical trial. *Intensive Care Med* 2015;41(9):1538-48.

- [89] Semler MW, Janz DR, Lentz RJ, Matthews DT, Norman BC, Assad TR, et al. Randomized trial of apneic oxygenation during endotracheal intubation of the critically ill. *Am J Respir Crit Care Med* 2016;193(3):273-80.
- [90] Constantin J-M, Futier E, Cherprenet A-L, Chanques G, Guerin R, Cayot-Constantin S, et al. A recruitment maneuver increases oxygenation after intubation of hypoxemic intensive care unit patients: a randomized controlled study. *Crit Care Lond Engl* 2010;14(2):R76.
- [91] Perbet S, De Jong A, Delmas J, Futier E, Pereira B, Jaber S, et al. Incidence of and risk factors for severe cardiovascular collapse after endotracheal intubation in the ICU: a multicenter observational study. *Crit Care Lond Engl* 2015;19:257.
- [92] Lesur O, Remillard M-A, St-Pierre C, Falardeau S. Prophylactic positive end-expiratory pressure and postintubation hemodynamics: an interventional, randomized study. *Can Respir J* 2010;17(3):e45-50.
- [93] Jones P, Dager S, Peters MJ. Bradycardia during critical care intubation: mechanisms, significance and atropine. *Arch Dis Child* 2012;97(2):139-44.
- [94] Jones P, Guillaud L, Desbois C, Benoist J-F, Combrisson H, Dager S, et al. Pathology influences blood pressure change following vagal stimulation in an animal intubation model. *PLoS One* 2013;8(8):e69957.
- [95] Jones P, Dager S, Denjoy I, Pinto da Costa N, Alberti C, Boukded R, et al. The effect of atropine on rhythm and conduction disturbances during 322 critical care intubations. *Pediatr Crit Care Med J* 2013;14(6):e289-97.
- [96] Jones P, Peters MJ, Pinto da Costa N, Kurth T, Alberti C, Kessous K, et al. Atropine for critical care intubation in a cohort of 264 children and reduced mortality unrelated to effects on bradycardia. *PLoS One* 2013;8(2):e57478.
- [97] Brierley J, Carrillo JA, Choong K, Cornell T, Decaen A, Deymann A, et al. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American College of Critical Care Medicine. *Crit Care Med* 2009;37(2):666-88.
- [98] Ladeira MT, Vital FMR, Andriolo RB, Andriolo BNG, Atallah AN, Peccin MS. Pressure support versus T-tube for weaning from mechanical ventilation in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;5:CD006056.
- [99] Chevron V, Mznard JF, Richard JC, Girault C, Leroy J, Bonmarchand G. Unplanned extubation: risk factors of development and predictive criteria for reintubation. *Crit Care Med* 1998;26(6):1049-53.
- [100] Epstein SK, Nevins ML, Chung J. Effect of unplanned extubation on outcome of mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161(6):1912-6.
- [101] Ishaaya AM, Nathan SD, Belman MJ. Work of breathing after extubation. *Chest* 1995;107(1):204-9.
- [102] Straus C, Louis B, Isabey D, Lemaire F, Harf A, Brochard L. Contribution of the endotracheal tube and the upper airway to breathing workload. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157(1):23-30.
- [103] Mehta S, Nelson DL, Klinger JR, Buczko GB, Levy MM. Prediction of post-extubation work of breathing. *Crit Care Med* 2000;28(5):1341-6.
- [104] Khamiees M, Raju P, DeGirolamo A, Amoa-teng-Adjepong Y, Manthous CA. Predictors of extubation outcome in patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial. *Chest* 2001;120(4):1262-70.
- [105] Beuret P, Roux C, Auclair A, Nourdine K, Kaaki M, Carton M-J. Interest of an objective evaluation of cough during weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2009;35(6):1090-3.
- [106] Mokhlesi B, Tulaimat A, Gluckman TJ, Wang Y, Evans AT, Corbridge TC. Predicting extubation failure after successful completion of a spontaneous breathing trial. *Respir Care* 2007;52(12):1710-7.
- [107] Su W-L, Chen Y-H, Chen C-W, Yang S-H, Su C-L, Peng W-C, et al. Involuntary cough strength and extubation outcomes for patients in an ICU. *Chest* 2010;137(4):777-82.
- [108] Thille AW, Harrois A, Schortgen F, Brun-Buisson C, Brochard L. Outcomes of extubation failure in medical intensive care unit patients. *Crit Care Med* 2011;39(12):2612-8.
- [109] Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A, Epstein SK, Arabi Y, Apezteguia C, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest* 2006;130(6):1664-71.
- [110] Robriquet L, Georges H, Leroy O, Devos P, D'escrivain T, Guery B. Predictors of extubation failure in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Crit Care* 2006;21(2):185-90.
- [111] Funk G-C, Anders S, Breyer M-K, Burghuber OC, Edelmann G, Heindl W, et al. Incidence and outcome of weaning from mechanical ventilation according to new categories. *Eur Respir J* 2010;35(1):88-94.
- [112] Tonnelier A, Tonnelier J-M, Nowak E, Gut-Gobert C, Prat G, Renault A, et al. Clinical relevance of classification according to weaning difficulty. *Respir Care* 2011;56(5):583-90.
- [113] Peñuelas O, Frutos-Vivar F, Fernández C, Anzueto A, Epstein SK, Apezteguia C, et al. Characteristics and outcomes of ventilated patients according to time to liberation from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2011;184(4):430-7.
- [114] Krinsley JS, Reddy PK, Iqbal A. What is the optimal rate of failed extubation? *Crit Care Lond Engl* 2012;16(1):111.
- [115] Miu T, Joffe AM, Yanez ND, Khandelwal N, Dagal AH, Deem S, et al. Predictors of reintubation in critically ill patients. *Respir Care* 2014;59(2):178-85.
- [116] Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, Rice T, Sachdeva RC, Patel NR, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med* 2003;31(11):2657-64.
- [117] Foronda FK, Troster EJ, Farias JA, Barbas CS, Ferraro AA, Faria LS, et al. The impact of daily evaluation and spontaneous breathing test on the duration of pediatric mechanical ventilation: a randomized controlled trial. *Crit Care Med* 2011;39(11):2526-33.
- [118] Farias JA, Al'a I, Esteban A, Golubicki AN, Olazarri FA. Weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med* 1998;24(10):1070-5.
- [119] Farias JA, Alía I, Retta A, Olazarri F, Fernández A, Esteban A, et al. An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med* 2002;28(6):752-7.
- [120] Chavez A, Cruz R, dela Zaritsky A. Spontaneous breathing trial predicts successful extubation in infants and children. *Pediatr Crit Care Med* 2006;7(4):324-8.
- [121] Ferguson LP, Walsh BK, Munhall D, Arnold JH. A spontaneous breathing trial with pressure support overestimates readiness for extubation in children. *Pediatr Crit Care Med J* 2011;12(6):e330-5.
- [122] Tadié J-M, Behm E, Lecuyer L, Benhamed R, Hans S, Brasnu D, et al. Post-intubation laryngeal injuries and extubation failure: a fiberoptic endoscopic study. *Intensive Care Med* 2010;36(6):991-8.
- [123] Darmon JY, Rauss A, Dreyfuss D, Bleichner G, Elkharrat D, Schlemmer B, et al. Evaluation of risk factors for laryngeal edema after tracheal extubation in adults and its prevention by dexamethasone. A placebo-controlled, double-blind, multicenter study. *Anesthesiology* 1992;77(2):245-51.
- [124] Wittekamp BHJ, van Mook WNKA, Tjan DHT, Zwaveling JH, Bergmans DCJ. Clinical review: post-extubation laryngeal edema and extubation failure in critically ill adult patients. *Crit Care Lond Engl* 2009;13(6):233.
- [125] François B, Bellissant E, Gissot V, Desachy A, Normand S, Boulain T, et al. 12-h pretreatment with methylprednisolone versus placebo for prevention of postextubation laryngeal oedema: a randomised double-blind trial. *Lancet Lond Engl* 2007;369(9567):1083-9.
- [126] Zhou T, Zhang H-P, Chen W-W, Xiong Z-Y, Fan T, Fu J-J, et al. Cuff-leak test for predicting postextubation airway complications: a systematic review. *J Evid-Based Med* 2011;4(4):242-54.
- [127] Priniyanakis G, Alexopoulou C, Mamidakis E, Kondili E, Georgopoulos D. Determinants of the cuff-leak test: a physiological study. *Crit Care Lond Engl* 2005;9(1):R24-31.
- [128] Maury E, Guglielminotti J, Alzieu M, Qureshi T, Guidet B, Offenstadt G. How to identify

- patients with no risk for postextubation stridor? *J Crit Care* 2004;19(1):23-8.
- [129] Pluijms WA, van Mook WN, Wittekamp BH, Bergmans DC. Postextubation laryngeal edema and stridor resulting in respiratory failure in critically ill adult patients: updated review. *Crit Care Lond Engl* 2015;19:295.
- [130] Gros A, Holzappel L, Marqué S, Perard L, Demingon G, Piralla B, et al. Intra-individual variation of the cuff-leak test as a predictor of post-extubation stridor. *Respir Care* 2012;57(12):2026-31.
- [131] Sutherasan Y, Theerawit P, Hongphanut T, Kiatboonsri C, Kiatboonsri S. Predicting laryngeal edema in intubated patients by portable intensive care unit ultrasound. *J Crit Care* 2013;28(5):675-80.
- [132] Ding L-W, Wang H-C, Wu H-D, Chang C-J, Yang P-C. Laryngeal ultrasound: a useful method in predicting post-extubation stridor. A pilot study. *Eur Respir J* 2006;27(2):384-9.
- [133] Mikaeili H, Yazdchi M, Tarzami MK, Ansarin K, Ghasemzadeh M. Laryngeal ultrasonography versus cuff leak test in predicting post-extubation stridor. *J Cardiovasc Thorac Res* 2014;6(1):25-8.
- [134] Epstein SK, Ciubotaru RL. Independent effects of etiology of failure and time to reintubation on outcome for patients failing extubation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158(2):489-93.
- [135] Cheng K-C, Hou C-C, Huang H-C, Lin S-C, Zhang H. Intravenous injection of methylprednisolone reduces the incidence of post-extubation stridor in intensive care unit patients. *Crit Care Med* 2006;34(5):1345-50.
- [136] Fan T, Wang G, Mao B, Xiong Z, Zhang Y, Liu X, et al. Prophylactic administration of parenteral steroids for preventing airway complications after extubation in adults: meta-analysis of randomised placebo controlled trials. *BMJ* 2008;337:a1841.
- [137] MacDonnell SP, Timmins AC, Watson JD. Adrenaline administered via a nebulizer in adult patients with upper airway obstruction. *Anaesthesia* 1995;50(1):35-6.
- [138] Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Arabi Y, Apezteguía C, González M, et al. Non-invasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med* 2004;350(24):2452-60.
- [139] Kemper KJ, Ritz RH, Benson MS, Bishop MS. Helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric trauma patients. *Crit Care Med* 1991;19(3):356-9.
- [140] Rodeberg DA, Easter AJ, Washam MA, Housinger TA, Greenhalgh DG, Warden GD. Use of a helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric patients with burns. *J Burn Care Rehabil* 1995;16(5):476-80.
- [141] Nascimento MS, Prado C, Troster EJ, Valério N, Alith MB, de Almeida JFL. Risk factors for post-extubation stridor in children: the role of orotracheal cannula. *Einstein São Paulo Braz* 2015;13(2):226-31.
- [142] Wrattney AT, Benjamin DK, Slonim AD, He J, Hamel DS, Cheifetz IM. The endotracheal tube air leak test does not predict extubation outcome in critically ill pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med J* 2008;9(5):490-6.
- [143] Khemani RG, Hotz J, Morzov R, Flink R, Kamerkar A, Ross PA, et al. Evaluating risk factors for pediatric post-extubation upper airway obstruction using a physiology-based tool. *Am J Respir Crit Care Med* 2016;193(2):198-209.
- [144] Newth CJL, Venkataraman S, Willson DF, Meert KL, Harrison R, Dean JM, et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med J* 2009;10(1):1-11.
- [145] Mhanna MJ, Zamel YB, Tichy CM, Super DM. The "air leak" test around the endotracheal tube, as a predictor of postextubation stridor, is age dependent in children. *Crit Care Med* 2002;30(12):2639-43.
- [146] Baranwal AK, Meena JP, Singhi SC, Muralidharan J. Dexamethasone pretreatment for 24 h versus 6 h for prevention of postextubation airway obstruction in children: a randomized double-blind trial. *Intensive Care Med* 2014;40(9):1285-94.
- [147] Nava S, Gregoretti C, Fanfulla F, Squadrone E, Grassi M, Carlucci A, et al. Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high-risk patients. *Crit Care Med* 2005;33(11):2465-70.
- [148] Ferrer M, Valencia M, Nicolas JM, Bernadich O, Badia JR, Torres A. Early noninvasive ventilation averts extubation failure in patients at risk: a randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173(2):164-70.
- [149] Ferrer M, Sellarés J, Valencia M, Carrillo A, Gonzalez G, Badia JR, et al. Non-invasive ventilation after extubation in hypercapnic patients with chronic respiratory disorders: randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2009;374(9695):1082-8.
- [150] Ornicco SR, Lobo SM, Sanches HS, Deberaldini M, Tófoli LT, Vidal AM, et al. Noninvasive ventilation immediately after extubation improves weaning outcome after acute respiratory failure: a randomized controlled trial. *Crit Care Lond Engl* 2013;17(2):R39.
- [151] Khilnani GC, Galle AD, Hadda V, Sharma SK. Non-invasive ventilation after extubation in patients with chronic obstructive airways disease: a randomised controlled trial. *Anaesth Intensive Care* 2011;39(2):217-23.
- [152] Su C-L, Chiang L-L, Yang S-H, Lin H-I, Cheng K-C, Huang Y-CT, et al. Preventive use of noninvasive ventilation after extubation: a prospective, multicenter randomized controlled trial. *Respir Care* 2012;57(2):204-10.
- [153] Keenan SP, Powers C, McCormack DG, Block G. Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002;287(24):3238-44.
- [154] Zarbock A, Mueller E, Netzer S, Gabriel A, Feindt P, Kindgen-Milles D. Prophylactic nasal continuous positive airway pressure following cardiac surgery protects from postoperative pulmonary complications: a prospective, randomized, controlled trial in 500 patients. *Chest* 2009;135(5):1252-9.
- [155] Lorut C, Lefebvre A, Planquette B, Quinquin L, Clavier H, Santelmo N, et al. Early post-operative prophylactic noninvasive ventilation after major lung resection in COPD patients: a randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 2014;40(2):220-7.
- [156] Auriant I, Jallot A, Hervé P, Cerrina J, Le Roy Ladurie F, Fournier JL, et al. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(7):1231-5.
- [157] Jaber S, Lescot T, Futier E, Paugam-Burtz C, Seguin P, Ferrandiere M, et al. Effect of noninvasive ventilation on tracheal reintubation among patients with hypoxemic respiratory failure following abdominal surgery: a randomized clinical trial. *JAMA* 2016;315(13):1345-53. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2016.2706>.
- [158] Squadrone V, Cocha M, Cerutti E, Schellino MM, Biolino P, Occella P, et al. Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *JAMA* 2005;293(5):589-95.
- [159] Maggiore SM, Idone FA, Vaschetto R, Festa R, Cataldo A, Antonicelli F, et al. Nasal high-flow versus Venturi mask oxygen therapy after extubation. Effects on oxygenation, comfort, and clinical outcome. *Am J Respir Crit Care Med* 2014;190(3):282-8.
- [160] Hernández G, Vaquero C, González P, Subira C, Frutos-Vivar F, Rialp G, et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on reintubation in low-risk patients: a randomized clinical trial. *JAMA* 2016;315(13):1354-61. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2016.2711>.
- [161] Stéphan F, Barrucand B, Petit P, Rézaiguia-Delclaux S, Médard A, Delannoy B, et al. High-flow nasal oxygen vs noninvasive positive airway pressure in hypoxemic patients after cardiothoracic surgery: a randomized clinical trial. *JAMA* 2015;313(23):2331-9.
- [162] Fioretto JR, Ribeiro CF, Carpi MF, Bonatto RC, Moraes MA, Fioretto EB, et al. Comparison between noninvasive mechanical ventilation and standard oxygen therapy in children up to 3 years old with respiratory failure after extubation: a pilot prospective randomized clinical study. *Pediatr Crit Care Med J* 2015;16(2):124-30.
- [163] Stiller K. Physiotherapy in intensive care: an updated systematic review. *Chest* 2013;144(3):825-47.
- [164] Flénady VJ, Gray PH. Chest physiotherapy for preventing morbidity in babies being

- extubated from mechanical ventilation. *Cochrane Database Syst Rev* 2002;2: CD000283.
- [165] Finer NN, Boyd J. Chest physiotherapy in the neonate: a controlled study. *Pediatrics* 1978;61(2):282-5.
- [166] Bagley CE, Gray PH, Tudehope DI, Flenady V, Shearman AD, Lamont A. Routine neonatal postextubation chest physiotherapy: a randomized controlled trial. *J Paediatr Child Health* 2005;41(11):592-7.
- [167] Berti JSW, Tonon E, Ronchi CF, Berti HW, Stefano LM, de Gut AL, et al. Manual hyperinflation combined with expiratory rib cage compression for reduction of length of ICU stay in critically ill patients on mechanical ventilation. *J Bras Pneumol* 2012;38(4):477-86.
- [168] MG TM, P. Chest physiotherapy prolongs duration of ventilation in the critically ill ventilated for more than 48 hours. - PubMed - NCBI [Internet]. Disponible sur : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17607561> [cité 17 mars 2016].
- [169] Al-Alaiyan S, Dyer D, Khan B. Chest physiotherapy and post-extubation atelectasis in infants. *Pediatr Pulmonol* 1996;21(4):227-30.
- [170] Patman S, Jenkins S, Stiller K. Physiotherapy does not prevent, or hasten recovery from, ventilator-associated pneumonia in patients with acquired brain injury. *Intensive Care Med* 2009;35(2):258-65.
- [171] Patman S, Sanderson D, Blackmore M. Physiotherapy following cardiac surgery: is it necessary during the intubation period? *Aust J Physiother* 2001;47(1):7-16.
- [172] Malkoç M, Karadibak D, Yildirim Y. The effect of physiotherapy on ventilatory dependency and the length of stay in an intensive care unit. *Int J Rehabil Res* 2009;32(1):85-8.
- [173] Ntoumenopoulos G, Presneill JJ, McElholum M, Cade JF. Chest physiotherapy for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med* 2002;28(7):850-6.
- [174] Bilan N, Poorshiri B. The role of chest physiotherapy in prevention of postextubation atelectasis in pediatric patients with neuromuscular diseases. *Iran J Child Neurol* 2013;7(1):21-4.
- [175] Gonçalves MR, Honrado T, Winck JC, Paiva JA. Effects of mechanical insufflation-exsufflation in preventing respiratory failure after extubation: a randomized controlled trial. *Crit Care Lond Engl* 2012;16(2):R48.
- [176] Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *J Physiother* 2015;61(3):125-34.
- [177] Moodie L, Reeve J, Elkins M. Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. *J Physiother* 2011;57(4):213-21.
- [178] Cader SA, de Vale RGS, Castro JC, Bacelar SC, Biehl C, Gomes MCV, et al. Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomised trial. *J Physiother* 2010;56(3):171-7.
- [179] Martin AD, Smith BK, Davenport PD, Harman E, Gonzalez-Rothi RJ, Baz M, et al. Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial. *Crit Care Lond Engl* 2011;15(2):R84.
- [180] Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva ACT, Vieira SRR. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomised trial. *J Physiother* 2013;59(2):101-7.
- [181] Caruso P, Denari SDC, Ruiz SAL, Bernal KG, Manfrin GM, Friedrich C, et al. Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Clin São Paulo Braz* 2005;60(6):479-84.
- [182] Brahmabhatt N, Murugan R, Milbrandt EB. Early mobilization improves functional outcomes in critically ill patients. *Crit Care Lond Engl* 2010;14(5):321.
- [183] Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2009;373(9678):1874-82.
- [184] Adler J, Malone D. Early mobilization in the intensive care unit: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J* 2012;23(1):5-13.
- [185] Morris BA, Benetti M, Marro H, Rosenthal CK. Clinical practice guidelines for early mobilization hours after surgery. *Orthop Nurs* 2010;29(5):290-316.
- [186] Winkelman C, Johnson KD, Hejal R, Gordon NH, Rowbottom J, Daly J, et al. Examining the positive effects of exercise in intubated adults in ICU: a prospective repeated measures clinical study. *Intensive Crit Care Nurs* 2012;28(6):307-18.
- [187] Chiang L-L, Wang L-Y, Wu C-P, Wu H-D, Wu Y-T. Effects of physical training on functional status in patients with prolonged mechanical ventilation. *Phys Ther* 2006;86(9):1271-81.
- [188] Bassett AS, McDonald-McGinn DM, Devriendt K, Digilio MC, Goldenberg P, Habel A, et al. Practical guidelines for managing patients with 22q11.2 deletion syndrome. *J Pediatr* 2011;159(2) [332e1-9e1].