

Anesthésie pédiatrique : de plus en plus sûre ?

Pr Souhayl DAHMANI, Dr Daphné Michelet, Dr Florence Julien-Marsollier

Département d'Anesthésie-Réanimation. Hôpital Robert Debré. 48 Boulevard Sérurier 75019 Paris.

Auteur correspondant : Professeur Souhayl DAHMANI

Email : souhayl.dahmani@aphp.fr

Aucun conflit d'intérêt en rapport avec le sujet

Points Essentiels

- Les complications périopératoire en pédiatrie sont surtout respiratoires (estimées à 3 % des cas suivie par les complications hémodynamiques (instabilité hémodynamique dans 2 % des cas).
- L'arrêt cardiaque en période périopératoire de pédiatrie est rare mais grevé d'un pronostic sombre étant donné le terrain de survenue.
- Certaines conditions augmentent la survenue des complications respiratoires : l'enfant enrhumé, les pathologies respiratoires, le syndrome d'apnée obstructif du sommeil ou l'obésité.
- Savoir évaluer les risques respiratoires est important car cela garantit la mise en place de stratégies préventives.
- La connaissance des pressions artérielles en dessous desquelles il n'est pas recommandé de descendre est importante en anesthésie pédiatrique et tout particulièrement chez le nouveau-né et le nourrisson.
- Les nouvelles techniques de monitoring multimodales et tout particulièrement la spectroscopie infrarouge est particulièrement adaptée au monitoring de l'oxygénation et de l'hémodynamique pédiatrique.
- Le volet organisationnel est important : dans le cas d'une équipe avec une activité pédiatrique occasionnelle mieux vaut confier cette dernière à un groupe restreint de praticiens afin d'améliorer l'expérience.
- La formation initiale et surtout continue et tout particulièrement la simulation sont des éléments majeurs pour l'apprentissage à gérer les complications périopératoires.

I) Introduction :

Cette année a vu la publication d'une grande étude Européenne APRICOT [1] sur les complications périopératoires en pédiatrie permettant de mieux connaître les complications inhérentes à la pratique de l'anesthésie pédiatrique mais surtout de mettre en exergue les facteurs de risques de ces complications. Ceci est d'autant plus important que la pression démographique actuelle et le développement en pédiatrie d'actes diagnostiques et thérapeutiques hors bloc opératoires nous poussent à toujours à en faire plus avec les mêmes moyens quand ces derniers ne sont pas en diminution. Dans ce contexte, la connaissance des complications, leur typologie et les facteurs de risques (et surtout de protection) sont plus que jamais d'actualité.

II) Les principales complications et les facteurs de risques

En pratique pédiatrique, les facteurs de risques des complications pédiatriques sont de nature essentiellement respiratoire suivie des complications hémodynamiques.

II.1) Les complications respiratoires

Concernant les complications respiratoires, elles sont en général classées en larygospasme, bronchospasme, stridor postopératoire et désaturation (communément définie comme une saturation artérielle en oxygène $< 90\%$). En se basant sur l'étude Européenne APRICOT [1], l'incidence de ces complications respiratoire est de 3,1 % alors que ces complications apparaissent plus fréquentes (15 %) dans l'étude Australienne de 2010 [2]. Outre l'évolution

possible des pratiques entre les deux périodes, la définition des complications est également un élément à prendre en compte entre les deux études.

Dans cette même étude australienne [2], la fréquence des complications se déclinaient comme suit : bronchospasmes (2%), laryngospasme (4%), obstruction des voies aériennes (4%), toux (7%) et stridor 58 (1%) et désaturation (10%). L'incidence importante de la désaturation était liée au fait qu'elle s'associait fréquemment à une autre complication respiratoire.

S'agissant des facteurs de risque de ces complications, ils ont été largement identifiés par l'étude APRICOT [1]: celle-ci se décline en facteurs de risque patient, facteur de risque pratique et facteurs de risque praticien : elles sont indiquées dans le tableau 1. Ces facteurs de risques sont largement connus mais certains méritent que l'on s'y attarde.

Catégorie de facteurs de risques	Facteurs de risques
Patient	Age < 3 ans et particulièrement si < 1 an ASA III à V Infection des voies aériennes supérieures Sibilants chroniques Asthme et/ou sensibilité des voies aériennes Tabagisme passif Allergie et/ou terrain atopique Prématurité Ronflement et/ou syndrome obstructif du sommeil
Pratique	Procédure chirurgicale (versus non chirurgicale) Urgence Anesthésie générale Période hors ouverture diurne Patient hospitalisé Chirurgie ORL ou des voies aériennes Institution ou structure non pédiatrique Anesthésie réalisée par un anesthésiste non-pédiatre Expérience de l'anesthésiste le plus expérimenté en anesthésie pédiatrique < 15 ans
Anesthésie	Induction inhalatoire (versus intraveineuse) Intubation ou Masque laryngé versus masque facial Induction à séquence rapide Absence de curares pour l'intubation

Tableau 1 : Facteurs de risques de complications respiratoires périopératoires

Concernant l'infection des voies aériennes, il n'est plus à démontrer que cette condition est un facteur de risque de survenue de complication respiratoire [1–5]. En comparaison avec le risque de base de 3 à 15 % précédemment décrit dans une population « tout-venant » elle augmente à 30 % dans cette population [2]. Ceci amène à la question de la prévention de cette complication. Il est communément admis que reporter l'anesthésie est la manière de faire la plus « safe ». Une revue récente ayant proposé un algorithme à sujet (figure 1).

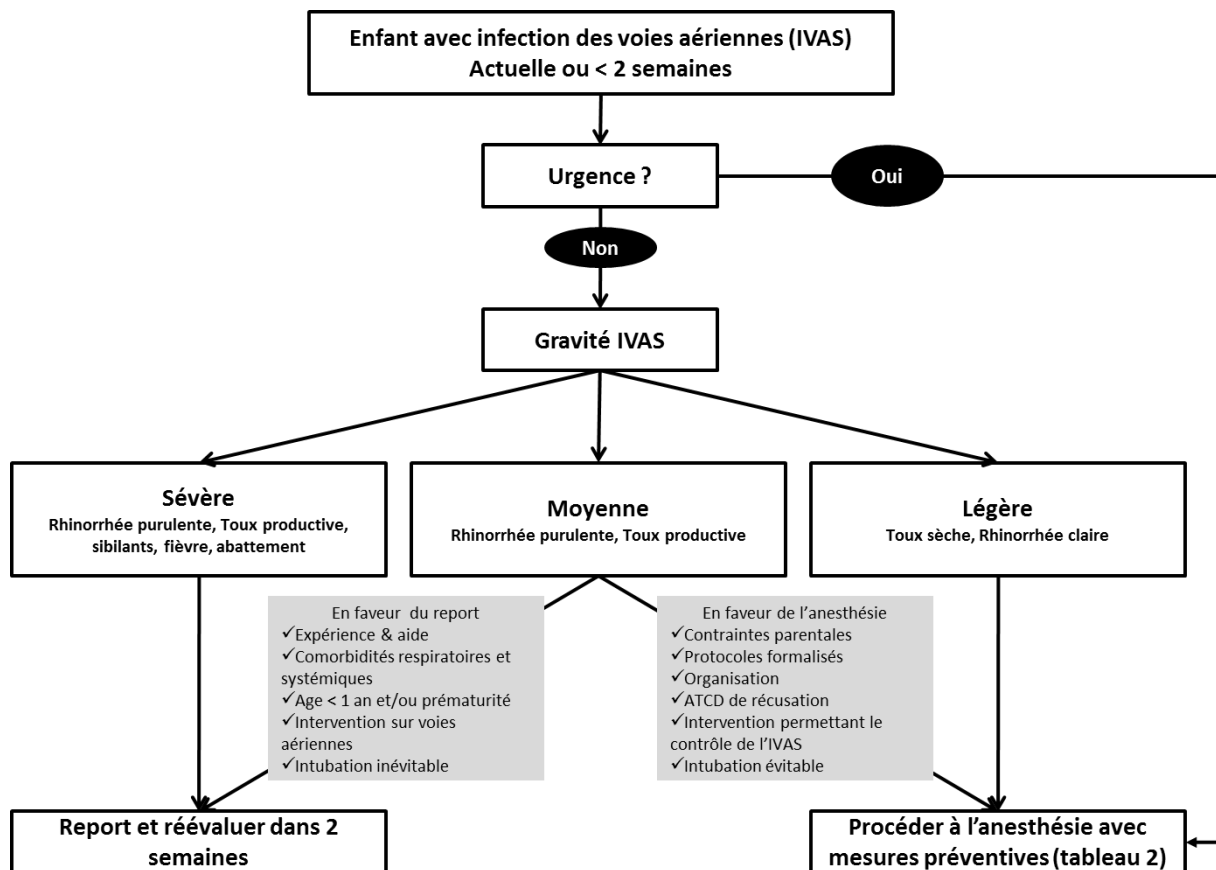


Figure 1 : conduite à tenir face à en enfant porteur d'une infection des voies aériennes [4]

Toutefois, notre étude française Rhubarbe a montré que même en reportant les patients les plus graves, l'incidence des complications respiratoires périopératoires étaient la même (30 %) ce qui amène à s'interroger sur la question de récuser des patients. D'autres mesures préventives ont été proposées (tableau 2) : induction intraveineuse, prémédication aux agents α 2-agonistes, éviter le desflurane, lidocaïne intraveineuse et/ou bolus de propofol en fin d'intervention, favoriser la séquence suivante pour le contrôle des voies aériennes (masque facial > masque laryngé > intubation) et s'entourer d'une aide expérimentée [1,2,4,6]. En effet, nous avons montré que l'étude Rhubarbe qu'un anesthésiste – réanimateur expérimenté était un facteur de risque indépendant de diminution des épisodes de désaturation périopératoire au cours des interventions des voies aériennes [1].

Mesures préventives en cas d'anesthésie d'un enfant porteur d'une infection des voies aériennes supérieures

- ✓ S'entourer d'une personne d'expérience s'assurer d'avoir une aide pendant la période intraopératoire
- ✓ Prémédication au Salbutamol et $\alpha 2$ agonistes
- ✓ Eviter l'intubation trachéale
- ✓ Induction au propofol
- ✓ Eviter le Desflurane
- ✓ Bolus de propofol avant le retrait du dispositif de contrôle des voies aériennes
- ✓ Lidocaïne IV avant le retrait du dispositif de contrôle des voies aériennes

Tableau 2 : Prévention des complications respiratoires au cours des infections des voies aériennes (4,6)

Un autre élément intéressant est l'utilisation du masque laryngé et de manière plus générale les dispositifs supra-glottiques. En effet, moins les voies aériennes sont stimulées et moins se produisent les complications respiratoires qui rappelons-le sont liées à des stimulations nociceptives sur des patients insuffisamment anesthésiés et/ou analgésiés. En se penchant sur l'effet de l'utilisation de ces moyens de ventilation plusieurs études et méta-analyse ont montré que leur utilisation étaient associées à une diminution des complications périopératoires et tout particulièrement à la phase de réveil [7,8]. Bien que ces dispositifs aient mauvaise réputation, il semble que cela n'a aucune justification puisqu'ils peuvent être utilisés même chez des patients de néonatalogie (taille < 2) et que les facteurs de risques

d'échec de leur utilisation sont le transport des patients et une durée d'utilisation > 60 minutes [9]. En conclusion une utilisation plus grande des dispositifs supra-glottiques devrait baisser de manière significative la survenue de complications respiratoires.

Le sujet du curare reste en pédiatrie un élément de controverse. Car autant ce point ne fait pas de débat chez l'adulte autant il reste sujet à discussion dans le domaine de l'anesthésie pédiatrique. En effet, l'étude APRICOT retrouvait une baisse des complications respiratoires associée à une utilisation du curare pour l'intubation [1]. Une récente méta-analyse a d'ailleurs montré que l'utilisation de curares pour l'intubation en pédiatrie était associée à des conditions d'intubation meilleure en comparaison d'un opioïde [10]. Rappelons à ce sujet que l'obtention d'une qualité d'exposition au cours de la laryngoscopie et donc de l'intubation est équivalente entre curares et opioïdes dans les conditions ou est associé à l'agent hypnotique du rémifentanyl à 4 µg/kg [11]. Connaissant l'effet hémodynamique de cet agent sur la fréquence cardiaque et la pression artérielle, le curare est dans ce cas une garantie d'une bonne exposition avec des effets hémodynamique sans commune mesure avec ceux obtenus par l'administration d'une aussi forte dose de rémifentanyl.

Une autre pathologie qui reste peu connue en pédiatrie est représentée par le syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS) [12–16]. L'objet de cette revue n'est pas de faire une mise au point sur cette pathologie mais surtout d'attirer les praticiens sur le potentiel de cette pathologie à décompenser. Ceci est d'autant plus important que cette pathologie devient aujourd'hui l'indication princeps de l'amygdalectomie qui reste l'une des interventions la plus réalisée en France. Le SAOS est estimé à 2 % de la population pédiatrique générale mais il est associé à une autre morbidité qui est l'obésité passant à 60 % dans cette tranche de la population [15–17]. Ainsi, il est important de dépister cette pathologie et surtout son potentiel à décompenser en période postopératoire. S'il est classiquement admis que la

polysomnographie est l'examen de référence pour le diagnostic et le pronostic respiratoire de cette pathologie, cet examen est rarement fait. En revanche, des auteurs ont travaillé sur des questionnaires permettant le diagnostic de cette condition mais surtout de pouvoir dépister les sujets à risques. Ainsi le questionnaire figuré au tableau 3 facilement mis en pratique permet quand au moins 3 réponses sont présentes d'avoir une bonne prédictibilité des complications respiratoires chez des patients suspects d'un SAOS [18].

Pendant son sommeil votre enfant ?...

- ... Ronfle plus que la moitié du temps ?
- ... Ronfle bruyamment ?
- ... A du mal à respire ou lutte pour respirer ?
- ... Avez-vous déjà vu votre enfant s'arrêter de respirer pendant la nuit ?
- ... se réveille sans se sentir en forme (pas bien reposé) le matin ?

Tableau 3 : Questionnaire de risque de complications respiratoires chez les patients porteurs d'un SAOS [18]

Dans le même ordre d'idée, il est important de rappeler que l'obésité indépendamment des risques de complications respiratoires périopératoire est un facteur de risque indépendant de difficulté de ventilation au masque facial, d'intubation et de ventilation périopératoire [17].

Enfin, concernant les complications respiratoires, le problème du « savoir-faire » est tout aussi important que les autres éléments de prévention. La présente revue n'a pas l'ambition de répondre à la question de qui doit faire l'anesthésie pédiatrique, sujet qui reste encore débattu et sujet à de très vagues réponses. Toutefois quelques éléments méritent d'être rappelés. Compte tenu des publications récentes mais également anciennes mettant en exergue le rôle de l'expérience de l'anesthésiste-réanimateur dans la prévention des complications respiratoires, il apparaît important dans une équipe de praticiens de ne pas disperser cette activité sur tous les praticiens quand l'activité pédiatrique n'est pas réalisée de manière importante. Ainsi, il est important pour les équipes qui réalisent de l'anesthésie pédiatrique de manière hebdomadaire d'avoir un pool de médecins aguerris à cette pratique afin d'augmenter l'expérience de ces derniers leur permettant une gestion plus optimale des patients pédiatriques. Toujours dans le même registre des pratiques, il nous paraît important d'insister sur les aides cognitives dans le domaine de l'anesthésie-réanimation et tout particulièrement

pédiatrique [19]. Nous avons montré récemment que l'utilisation d'un algorithme simple de gestion du laryngospasme en pédiatrie permettait d'améliorer non-seulement les capacités à réanimer cette complication mais également les capacités non-techniques (communication, reconnaissance de la complication, travail en équipe) probablement par mise en confiance des praticiens. Enfin, il n'est plus question de nos jours question d'améliorer nos pratiques sans passer par la simulation. En effet, en se basant sur l'étude APRICOT [1], 3 % de complications c'est 3 patients tous les 100 anesthésiés. Apprendre sur le patient est donc dangereux mais surtout long !! Ce qui explique probablement les 15 ans de pratiques définissant le seuil de baisse des complications respiratoires. Ainsi, il est fortement recommandé de s'entraîner à la prise en charge des complications respiratoires par la simulation.

II.2) Les complications hémodynamiques

Concernant les complications hémodynamiques, nous allons aborder deux points importants. Le premier concerne le monitoring hémodynamique en pédiatrie et le second concerne la prise en charge de l'arrêt cardiaque. Concernant le monitoring hémodynamique il est de plus en plus admis que le monitoring du débit cardiaque par la technique du doppler œsophagien (le plus validé en France) est recommandé comme chez l'adulte à partir de l'âge de 10 ans. Avant cet âge, le doppler œsophagien [20] reste la technique la plus utilisée mais les difficultés d'obtention d'un signal chez le nourrisson et surtout l'absence de validation rendent cette technique difficilement utilisable. Il en est de même de l'utilisation de l'échographie cardiaque.

Ainsi, une nouvelle technique de monitoring est de plus en plus utilisée en pédiatrie et tout particulièrement chez le nourrisson : le monitoring de l'oxygénation tissulaire par la

spectroscopie infrarouge qui permet surtout au niveau cérébral d'avoir un équivalent de saturation veineuse tissulaire [21,22]. Des études ayant montré qu'une baisse de ce paramètre en l'absence de baisse de saturation artérielle en oxygène était prédictive de l'efficacité du remplissage vasculaire témoignant de l'incapacité de l'autorégulation à assurer un débit sanguin adapté à la demande [23–26].

Plus important encore que l'utilisation de ces monitorages qui sont l'apanage des centres spécialisés, les nouveautés dans le domaine hémodynamique sont liées à la détermination des valeurs seuils de pression artérielles en dessous desquelles il n'est pas recommandé de descendre. En pratique, ces valeurs sont soit relatives à la pression avant induction de l'anesthésie (baisse < 20 à 30 % de la pression artérielle systolique ou diastolique) ou absolues (pression artérielle moyennes > 55 mmHg nourrisson > 6 mois et > 45 mmHg entre 3 et 6 mois) [22,27]. De même, une analyse d'une base de données néerlandaise et nord-américaine a pu déterminer les valeurs normatives des pressions artérielles chez diverses populations pédiatriques [28].

Le second élément hémodynamique à considérer est la dépendance du débit cardiaque à la fréquence cardiaque [29]. Cette donnée a probablement été sous-estimée négligeant ainsi le rôle de la pré-charge chez les nourrissons et l'enfant. Ainsi même si la fréquence cardiaque et son maintien sont importants d'autant que l'enfant est petit, le maintien de la pré-charge est important en pédiatrie y compris chez l'enfant prématuré. Ainsi l'atropine ne doit plus être administrée qu'en cas de bradycardie et doit être remplacée par l'éphédrine (0,1 à 0,3 mg/kg) afin d'augmenter le retour veineux et le débit cardiaque [30].

Concernant les complications hémodynamiques et cardiaques, ils ont été estimés à 1,9 % dans l'étude APRICOT [1]. Ces complications sont essentiellement représentées par les instabilités

hémodynamiques et les facteurs de risque retrouvés étaient les patients ASA III à V, les patients présentant une cardiopathie congénitale et l'expérience de l'anesthésiste.

L'évènement le plus dramatique en pédiatrie est représenté par l'arrêt cardiaque. La majorité des arrêts cardiaques de l'enfant (en dehors du bloc opératoire) sont réputés ayant une origine respiratoire [31]. En effet, l'hypoxie profonde outre son caractère auto-entretenu par un réflexe inadapté d'hypoventilation, se complique dans ses formes graves par une bradycardie pouvant aller à l'arrêt cardiaque. Il est important de rappeler qu'un nouveau-né avec une fréquence cardiaque <80 à 90 bpm est considéré comme en inefficacité circulatoire et doit bénéficier d'une réanimation adéquate.

Indépendamment des séries pédiatriques, l'une des plus grandes séries sur les arrêts cardiaques avec décès ou conséquences neurologiques à long terme ont permis d'identifier certains facteurs généraux comme le score ASA élevé, l'heure de réalisation de l'anesthésie (plus cette dernière était tard plus le risque de ces complications augmentaient), ou la caractère urgent de cette dernière [32]. Par contre même sur ces séries dites générales, les patients de moins d'un an étaient retrouvés comme un facteur de risque (avec un odd ratio plus important que tous les autres tranches d'âge à risque). Cela mérite que l'on s'attarde sur cette population à risque qui mérite toute l'attention de l'ensemble de l'équipe de médecins anesthésistes réanimateurs qui doivent mettre en place l'organisation adéquate afin d'assurer les moyens humains nécessaires pour parer à l'éventualité d'un événement cardiaque ou respiratoire périopératoire.

Les séries réalisées ces dernières années concernant les arrêts cardiaques périopératoires en pédiatrie nuancent cette notion purement pédiatrique d'arrêt cardiaque d'origine respiratoire. Le registre POCA (Pediatric Perioperative Cardiac Arrest) a permis de mettre en évidence sur un recueil de 80 hôpitaux nord-américains durant 6 ans [33] que sur les 397 arrêts cardiaques

rapportés, 204 (51 %) étaient d'origines non-anesthésiques consistant essentiellement en une difficulté au sevrage d'une circulation extracorporelle ou une hémorragie intraopératoire non contrôlées. Les 193 restant étaient répartis en causes: hémodynamiques dans 41 % des cas (hypovolémies, troubles hydro-électrolytiques comme hyperkaliémies), respiratoires dans 27 % des cas liés majoritairement à une obstruction des voies aériennes, médicamenteuses dans 18 % des cas (effets cardiovasculaire de l'halothane encore utilisé au moment de l'étude), lié à une défaillance d'un équipement ou de divers autres causes dans les 14 % des cas restants. Il est à noter que le pourcentage de patients ASA 3 à 5 était plus grand dans les causes cardio-vasculaires et respiratoire mais que cette proportion s'inversait dans les autres causes. Les deux facteurs de risques identifiés étaient le score ASA de 3 à 5 et le caractère urgent de la chirurgie.

Plus récemment, une étude Coréenne [34], a reporté les arrêts cardiaques de son institution durant une période de 5 ans (49 373 anesthésies). Cette étude retrouvait 42 arrêts cardiaques (8,5 pour 10 000) dont 69 % d'origine cardio-vasculaires, 24 % d'origine respiratoire, 5 % d'origine médicamenteuses et 2 % d'origine divers.

Enfin, sur plus de 30 000 patients de l'étude européenne APRICOT, 9 cas d'arrêt cardiaques ont été recensés (3 pour 10 000 patients) regroupant les mêmes typologies de causes que celles retrouvées précédemment : obstruction des voies aériennes, pneumothorax, défaillances cardiaques après CEC, hémorragies ou médicamenteuses (inhibiteur de l'enzyme de conversion) [1].

Ainsi si on devait faire une liste des facteurs de risques nous pourrions regrouper ceux-ci en facteurs liés au patient et ses comorbidités, ceux liés à la chirurgie et enfin ceux liés aux conditions de réalisation de l'anesthésie et de la chirurgie (l'ensemble de ces facteurs étant figurés dans le tableau 4). La connaissance de ces facteurs de risque est importante car elle va

conditionner l'organisation de la prise en charge de ces patients tant en terme de moyens alloués qu'en terme de délai de réalisation.

Facteurs liées au terrain : âge < 1 an

Facteur lié aux comorbidités : ASA 3 à 5, comorbidités cardiaques, traitement à visée cardio-vasculaire

Facteurs liées à la chirurgie : chirurgie des voies aériennes, chirurgie cardiaque ou chirurgie à potentiel hémorragique

Facteurs liés aux conditions de réalisation : chirurgie urgente, réalisation sur des périodes de garde.

Tableau 4 : facteurs de risques d'arrêt cardiaques au bloc opératoire en pédiatrie

Concernant les causes, l'analyse de la littérature retrouve finalement les mêmes causes que chez l'adulte avec peut-être une répartition différentes liées aux spécificités chirurgicales de chaque âge. Ces causes sont représentées par les causes cardiaques : hypovolémies, insuffisances cardiaques, tamponnades et pneumothorax compressifs; respiratoires : obstruction des voies aériennes (larygospasme, corps étranger etc.), obstruction du dispositif de ventilation ou impossibilités ventilatoire ; causes médicamenteuses tels que les erreurs d'administrations ou l'utilisation de traitements à visée cardio-vasculaire ou enfin les causes matérielles qui devraient rester exceptionnelles.

Le traitement de l'arrêt cardiaque a fait également l'objet de multiples études dont le but de cette revue n'est que de rappeler les éléments essentiels au travers de l'algorithme de la figure 2.

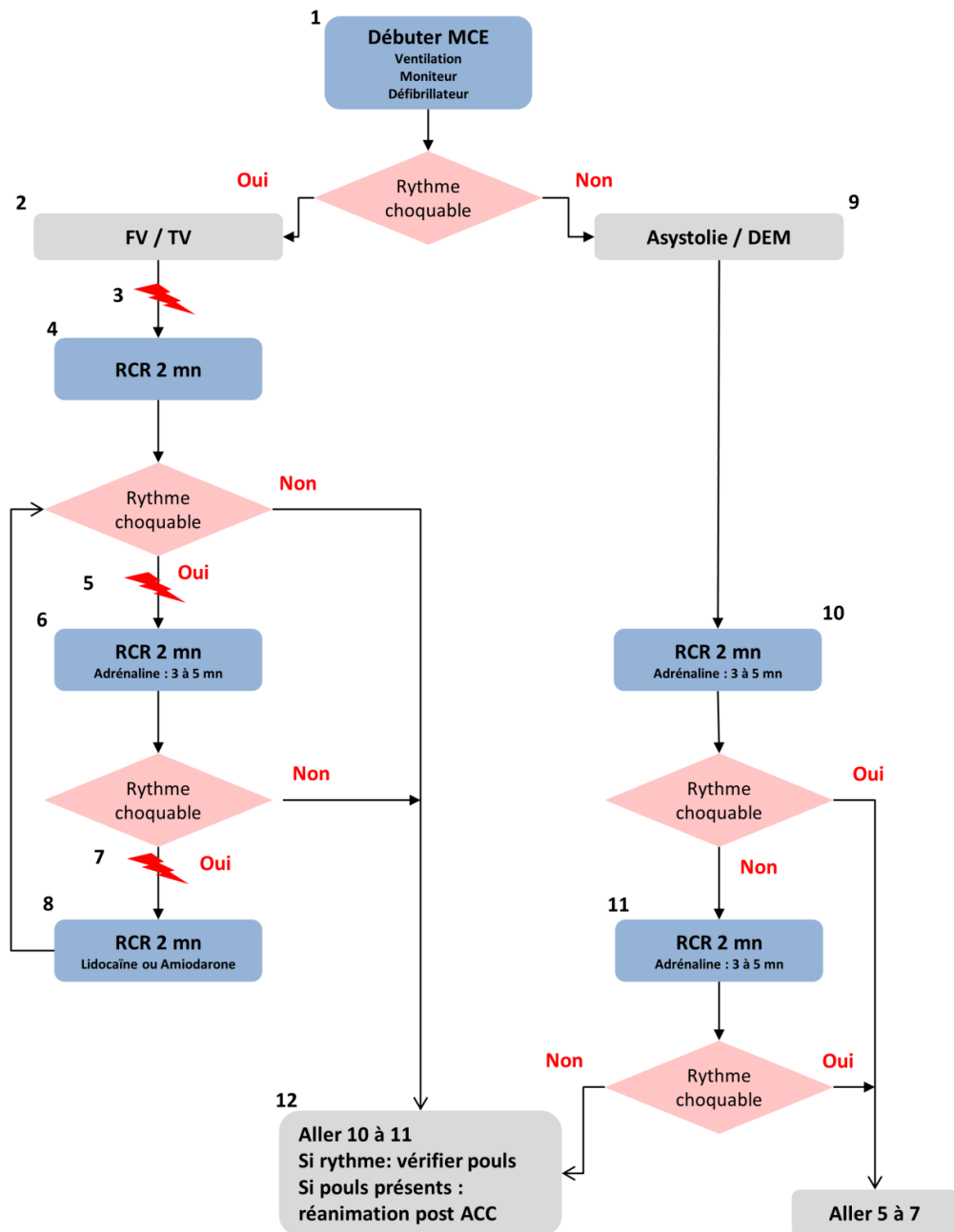


Figure 2 : algorithme de prise en charge de l'arrêt cardiaque chez l'enfant. MCE : massage cardiaque externe, FV : fibrillation ventriculaire, TV : tachycardie ventriculaire, DEM : dissociation électromécanique, RCR : réanimation cardio-respiratoire (31).

Par contre, plus important encore que le traitement, la prévention de cet évènement est très importante. Ainsi en se basant sur la littérature récente dans ce domaine, les éléments suivants semblent faire consensus. Ces mesures consistant en :

- Une bonne évaluation préopératoire des patients
- Mettre les ressources matérielles et humaines nécessaires
- Avoir un support « expérimenté » mobilisable : il est reconnu que l'expérience fait diminuer les risques périopératoires
- Avoir le monitoring adéquat
- Savoir connaître ses limites : en cas de doute sur les capacités à gérer un patient, il faut se référer à un centre possédant les ressources pour cela.
- Assurer une formation régulière à la gestion des situations critiques et avoir des protocoles écrits.

III) Conclusion

Pour conclure, les conditions de sécurité en pédiatrie se sont largement améliorées ces dernières années. Ces améliorations ont consisté en (a) une meilleure connaissance des facteurs de risque de complications (b) une meilleure évaluation périopératoire des patients (c) une meilleure prise en charge des complications. Il demeure, plus que jamais important d'avoir une formation théorique afin de prendre en charge les patients pédiatrique mais également s'assurer une formation continue. L'apport de la simulation dans ce domaine est plus que jamais primordial.

IV) Références Bibliographiques

- [1] Habre W, Disma N, Virag K, Becke K, Hansen TG, Jöhr M, et al. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med*. 2017 May;5(5):412–25.
- [2] Von Ungern-Sternberg BS, Boda K, Chambers NA, Rebmann C, Johnson C, Sly PD, et al. Risk assessment for respiratory complications in paediatric anaesthesia: a prospective cohort study. *Lancet*. 2010 Sep 4;376(9743):773–83.
- [3] Rachel Homer J, Elwood T, Peterson D, Rampersad S. Risk factors for adverse events in children with colds emerging from anaesthesia: a logistic regression. *Paediatr Anaesth*. 2007 Feb;17(2):154–61.
- [4] Regli A, Becke K, von Ungern-Sternberg BS. An update on the perioperative management of children with upper respiratory tract infections. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2017 Jun;30(3):362–7.
- [5] Tait AR, Malviya S. Anaesthesia for the child with an upper respiratory tract infection: still a dilemma? *Anesth Analg*. 2005 Jan;100(1):59–65.
- [6] Ramgolam A, Hall GL, Zhang G, Hegarty M, von Ungern-Sternberg BS. Inhalational versus IV Induction of Anaesthesia in Children with a High Risk of Perioperative Respiratory Adverse Events: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology*. 2018 Mar 26;
- [7] Drake-Brockman TFE, Ramgolam A, Zhang G, Hall GL, von Ungern-Sternberg BS. The effect of endotracheal tubes versus laryngeal mask airways on perioperative respiratory adverse events in infants: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2017 18;389(10070):701–8.
- [8] Luce V, Harkouk H, Brasher C, Michelet D, Hilly J, Maesani M, et al. Supraglottic airway devices vs tracheal intubation in children: a quantitative meta-analysis of respiratory complications. *Paediatr Anaesth*. 2014 Oct;24(10):1088–98.
- [9] Mathis MR, Haydar B, Taylor EL, Morris M, Malviya SV, Christensen RE, et al. Failure of the Laryngeal Mask Airway Unique™ and Classic™ in the pediatric surgical patient: a study of clinical predictors and outcomes. *Anesthesiology*. 2013 Dec;119(6):1284–95.
- [10] Julien-Marsollier F, Michelet D, Bellon M, Horlin A-L, Devys J-M, Dahmani S. Muscle relaxation for tracheal intubation during paediatric anaesthesia: A meta-analysis and trial sequential analysis. *Eur J Anaesthesiol*. 2017 Feb 17;
- [11] Aouad MT, Yazbeck-Karam VG, Mallat CE, Ezzo JJ, Siddik-Sayyid SM, Kaddoum RN. The effect of adjuvant drugs on the quality of tracheal intubation without muscle relaxants in children: a systematic review of randomized trials. *Paediatr Anaesth*. 2012 Jul;22(7):616–26.

- [12] Capdevila OS, Kheirandish-Gozal L, Dayyat E, Gozal D. Pediatric obstructive sleep apnea: complications, management, and long-term outcomes. *Proc Am Thorac Soc.* 2008 Feb 15;5(2):274–82.
- [13] Coté CJ, Posner KL, Domino KB. Death or neurologic injury after tonsillectomy in children with a focus on obstructive sleep apnea: houston, we have a problem! *Anesth Analg.* 2014 Jun;118(6):1276–83.
- [14] Ehsan Z, Ishman SL. Pediatric Obstructive Sleep Apnea. *Otolaryngol Clin North Am.* 2016 Dec;49(6):1449–64.
- [15] McGrath B, Lerman J. Pediatric sleep-disordered breathing: an update on diagnostic testing. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2017 Jun;30(3):357–61.
- [16] Marcus CL, Brooks LJ, Draper KA, Gozal D, Halbower AC, Jones J, et al. Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatrics.* 2012 Sep;130(3):e714–55.
- [17] Lejus C, Orliaguet G, Servin F, Dadure C, Michel F, Brasher C, et al. Peri-operative management of overweight and obese children and adolescents. *The Lancet Child & Adolescent Health.* 2017 Dec 1;1(4):311–22.
- [18] Tait AR, Bickham R, O'Brien LM, Quinlan M, Voepel-Lewis T. The STBUR questionnaire for identifying children at risk for sleep-disordered breathing and postoperative opioid-related adverse events. *Paediatr Anaesth.* 2016 Jul;26(7):759–66.
- [19] Michelet D, Skhiri A, Greff B, Luce V, Dahmani S. Management of perioperative laryngospasm by French paediatric anaesthetists. *Br J Anaesth.* 2017 Aug 1;119(2):342–3.
- [20] Absi MA, Lutterman J, Wetzel GT. Noninvasive cardiac output monitoring in the pediatric cardiac Intensive Care Unit. *Curr Opin Cardiol.* 2010 Mar;25(2):77–9.
- [21] Dotta A, Rechichi J, Campi F, Braguglia A, Palamides S, Capolupo I, et al. Effects of surgical repair of congenital diaphragmatic hernia on cerebral hemodynamics evaluated by near-infrared spectroscopy. *J Pediatr Surg.* 2005 Nov;40(11):1748–52.
- [22] Michelet D, Arslan O, Hilly J, Mangalsuren N, Brasher C, Grace R, et al. Intraoperative changes in blood pressure associated with cerebral desaturation in infants. *Paediatr Anaesth.* 2015 Jul;25(7):681–8.
- [23] Hilly J, Pailleret C, Fromentin M, Skhiri A, Bonnard A, Nivoche Y, et al. Use of near-infrared spectroscopy in predicting response to intravenous fluid load in anaesthetized infants. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2015 Oct;34(5):265–70.
- [24] Harris DN. Near infra-red spectroscopy. *Anaesthesia.* 1995 Dec;50(12):1015–6.

- [25] Holtby H, Skowno JJ, Kor DJ, Flick RP, Uezono S. New technologies in pediatric anesthesia. *Paediatr Anaesth*. 2012 Oct;22(10):952–61.
- [26] Jain V, Buckley EM, Licht DJ, Lynch JM, Schwab PJ, Naim MY, et al. Cerebral oxygen metabolism in neonates with congenital heart disease quantified by MRI and optics. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2014 Mar;34(3):380–8.
- [27] Rhondali O, Juhel S, Mathews S, Cellier Q, Desgranges F-P, Mahr A, et al. Impact of sevoflurane anesthesia on brain oxygenation in children younger than 2 years. *Paediatr Anaesth*. 2014 Jul;24(7):734–40.
- [28] De Graaff JC, Pasma W, van Buuren S, Duijghuisen JJ, Nafiu OO, Kheterpal S, et al. Reference Values for Noninvasive Blood Pressure in Children during Anesthesia: A Multicentered Retrospective Observational Cohort Study. *Anesthesiology*. 2016;125(5):904–13.
- [29] Winberg P, Lundell BP. Left ventricular stroke volume and output in healthy term infants. *Am J Perinatol*. 1990 Jul;7(3):223–6.
- [30] Taguchi N, Nishikawa T, Inomata S, Taguchi M, Yamashita S, Naito H. Hemodynamic effects of intravenous ephedrine in infants and children anesthetized with halothane and nitrous oxide. *Anesth Analg*. 1996 Mar;82(3):568–73.
- [31] De Caen AR, Berg MD, Chameides L, Gooden CK, Hickey RW, Scott HF, et al. Part 12: Pediatric Advanced Life Support: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2015 Nov 3;132(18 Suppl 2):S526–42.
- [32] Whitlock EL, Feiner JR, Chen L-L. Perioperative Mortality, 2010 to 2014: A Retrospective Cohort Study Using the National Anesthesia Clinical Outcomes Registry. *Anesthesiology*. 2015 Dec;123(6):1312–21.
- [33] Bhananker SM, Ramamoorthy C, Geiduschek JM, Posner KL, Domino KB, Haberkern CM, et al. Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest Registry. *Anesth Analg*. 2007 Aug;105(2):344–50.
- [34] Lee J-H, Kim E-K, Song I-K, Kim E-H, Kim H-S, Kim C-S, et al. Critical incidents, including cardiac arrest, associated with pediatric anesthesia at a tertiary teaching children's hospital. *Paediatr Anaesth*. 2016 Apr;26(4):409–17.