

# DISCUSSION AUTOUR DE L'INDUCTION EN ANESTHESIE PEDIATRIQUE

*Biblio des internes, Septembre 2022, par Vincent LE NESTOUR.  
Résumé de biblio par Dr Nicolas COURTIN, Anesthésiste-Réanimateur, CH Saint-Nazaire.*

## RAPPELS PHYSIOLOGIQUES

### 1/ SPECIFICITES RESPIRATOIRES

L'une des particularités physiologiques de l'enfant est sa faible réserve en O<sub>2</sub>. Elle s'explique d'une part par une faible CRF (capacité résiduelle fonctionnelle) en lien avec un déséquilibre entre la compliance de la cage thoracique (souple) et la compliance pulmonaire (rigide), rendant sa valeur proche du volume critique de fermeture des alvéoles. Le nourrisson va donc mettre en œuvre de nombreux mécanismes pour prévenir ce risque et augmenter la CRF de manière active : activation des muscles adducteurs au cours de l'expiration, augmentation de la fréquence respiratoire, etc.

Or, l'anesthésie a pour conséquence de diminuer la commande ventilatoire, d'entraîner une hypotonie des voies aériennes supérieures (VAS) et de supprimer ces mécanismes compensateurs [1]. Ainsi, la survenue d'atélectasies pulmonaires chez l'enfant, plus importante que chez l'adulte, apparaît précocement au cours de l'induction [2].

D'autre part, le métabolisme rapporté au poids est significativement plus élevé chez le nourrisson que chez l'adulte, entraînant alors une consommation en O<sub>2</sub> plus importante [3].

L'association de ces 2 caractéristiques physiologiques (faible CRF, augmentation du métabolisme) expose le nourrisson à plus d'évènements hypoxémiques, notamment au moment de l'induction avec un temps d'apnée sans désaturation réduit [4].

### 2/ SPECIFICITES HEMODYNAMIQUES

Les particularités hémodynamiques pédiatriques concernent essentiellement la période néonatale et les premières semaines de vie. En effet, l'adaptation du débit cardiaque se fait essentiellement par l'adaptation de la fréquence cardiaque (FC). À partir de l'âge de 3 à 4 mois, les conditions hémodynamiques de l'enfant normal (sans cardiopathie congénitale ni lésions pulmonaires chroniques) sont voisines de celles de l'adulte. Ainsi, les normes des constantes hémodynamiques varient en fonction de l'âge : la FC est élevée à la naissance et diminue avec l'âge alors que la pression artérielle tend à augmenter avec l'âge [5].

Lors d'une anesthésie générale, du fait des conséquences hémodynamiques systémiques de certains agents hypnotiques et du fait d'une pratique sous-tendue par le caractère chronotrope-dépendant du débit cardiaque du petit enfant, il a longtemps été admis la nécessité d'une co-administration d'atropine pendant les inductions IV. Toutefois, malgré l'immaturité du myocarde chez le nourrisson et la partielle dépendance du débit cardiaque à la FC, le déterminant majeur de ce débit cardiaque reste le retour veineux et les conditions de précharge du ventricule, y compris chez le prématuré ou chez le nourrisson [6]. Ainsi, il est désormais largement admis que l'atropine doit être réservée au cas de bradycardie avérée. D'autre part, la correction d'une baisse de débit cardiaque et d'une hypotension artérielle repose sur l'administration d'éphédrine (0.1 à 0.2 mg/kg). Il n'est en effet pas recommandé d'administrer un agent  $\alpha$ -agoniste pure (néostigmine) du fait de l'augmentation de la post-charge avec obstacle à l'éjection.

Enfin, chez le jeune enfant, la pression artérielle peut être maintenue lors d'une hypovolémie en raison d'une stimulation sympathique intense (tachycardie réflexe). Cependant, une décompensation rapide est possible au-delà d'un certain niveau en raison d'un épuisement du système sympathique ou par l'action d'agents déprimant le baroréflexe (hypnotiques, morphiniques) en particulier dans les situations d'urgence. Ainsi, la pression artérielle est un mauvais reflet d'une défaillance hémodynamique chez l'enfant car elle chute tardivement, témoignant alors d'une hypovolémie majeure et d'un épuisement sympathique.

### **3/ COMPLICATIONS PERI-OPERATOIRES**

En pratique pédiatrique, les facteurs de risques des complications péri opératoires sont de nature essentiellement respiratoire suivies des complications hémodynamiques.

Les complications respiratoires sont en général classées en laryngospasme, bronchospasme, stridor postopératoire et désaturation (communément définie comme une saturation artérielle en oxygène < 90 %). Elles témoignent essentiellement d'une hyperréactivité des VAS de l'enfant. Leur incidence est estimée à 3.1% selon l'étude Européenne APRICOT [7]. Une augmentation jusqu'à 30% peut être observée en cas d'infection récente des voies aériennes respiratoires, considérée comme un facteur de risque indépendant de survenue de complications respiratoires [8].

Pour aller plus loin :

- *A.Mansuy, F. Michel. Bien gérer l'hémodynamique péri opératoire en pédiatrie. Conférence d'actualisation SFAR 2017.*
- *Pr Souhayl DAHMANI, Dr Daphné Michelet, Dr Florence Julien-Marsollier. Anesthésie pédiatrique : de plus en plus sûre ? Conférence d'actualisation SFAR 2018.*

#### **RAPPELS GENERAUX SUR L'INDUCTION PEDIATRIQUE**

L'une des particularités majeures de l'anesthésie pédiatrique est la possibilité de réaliser l'induction par deux voies : **inhalatoire** et **intraveineuse** (IV).

La première consiste en l'inhalation d'un gaz halogéné (Sévoflurane) à dose élevée (6 à 8%) entraînant une inhibition corticale et sous corticale (stade de Guédel). Une fois l'approfondissement optimal de l'anesthésie atteint (stade chirurgicale), il est possible de mettre en place une VVP tout en conservant une ventilation spontanée. Une intubation peut ensuite être réalisée.

La seconde consiste en l'injection d'un hypnotique, morphinique et/ou d'un curare induisant une anesthésie générale de bonne qualité. Cette voie est principalement utilisée en cas d'induction en séquence rapide ou de contre-indication aux halogénés.

Néanmoins, le choix de la technique d'induction est très dépendant des habitudes de l'anesthésiste-réanimateur mais également de l'état de l'enfant et ses particularités physiologiques.

Une étude de 2005 sur 70 patients âgés de 2 à 6 ans, a comparé ces deux techniques d'induction. Elle a permis de démontrer qu'il existait des réponses réflexes laryngées et bronchiques différentes mais complémentaires des agents hypnotiques : une diminution de la réactivité des VAS avec le Propofol (relâchement des cordes vocales avec moins de laryngospasmes) et une diminution de la réactivité bronchique avec le Sévoflurane (bronchodilatation avec moins de toux et de réflexes d'expirations) [9]. Ces observations ont ainsi mis en valeur l'effet bénéfique de la co-induction qui permettrait, en théorie, d'obtenir de bonnes conditions d'intubation (propofol) associées à une relaxation de l'arbre trachéo-bronchique évitant la toux liée à la présence de la sonde d'intubation dans la trachée (sévoflurane).

La voie IV est principalement utilisée en cas de contre-indication aux halogénés (hyperthermie maligne, porphyrie, etc.) ou en cas d'induction en séquence rapide (estomac plein). Par ailleurs, une étude récente sur 300 patients âgés de 0 à 8 ans a démontré que l'induction intraveineuse au propofol permettait aussi de diminuer l'incidence des complications respiratoires (bronchospasme, laryngospasme, etc.) chez des patients présentant  $\geq 2$  facteurs de risques respiratoires (asthme, toux sèche nocturne, tabagisme passif, etc.) [10]. Cette technique serait donc à privilégier chez des enfants à risque respiratoire élevé.

## JEUNE PRE OPERATOIRE

Auparavant, les règles de jeûne préopératoire en pédiatrie étaient calquées sur celles de l'adulte : 6 heures pour les solides et 2 heures pour les liquides clairs (4 heures pour le lait maternel). En 2018, l'ADARPEF a émis conjointement avec d'autres sociétés savantes européennes une recommandation réduisant à 1 heure le jeûne préopératoire pour les liquides clairs chez l'enfant [11].

Lait maternisé et solides	Lait maternel	Liquides clairs
6 h	4 h	1 h

Quatre arguments principaux ont motivé ce changement [12] :

- Les durées de jeûne préopératoire sont beaucoup trop longues en pratique réelle. Une politique de jeûne de 2 heures pour les liquides clairs se traduit par une durée de 6–7 heures en moyenne, parfois beaucoup plus ;
- Le jeûne entraîne des effets indésirables psychologiques (sensation de faim et de soif, anxiété préopératoire – et ses conséquences à l'induction et au réveil -, insatisfaction des parents) et physiologiques chez les plus jeunes (hypoglycémie, cétose, hypotension après l'induction) ;
- Les études sur la vidange gastrique chez les enfants montrent que les liquides clairs sont évacués de l'estomac en moins d'une heure ;
- Les accidents d'inhalation sont rarissimes en anesthésie pédiatrique. Après application de cette nouvelle recommandation, cette incidence n'a pas augmenté dans une grande cohorte récente [13].

La réduction de la durée du jeûne peut aussi être une opportunité d'adopter une prise en charge anesthésique plus rationnelle et centrée autour de l'enfant.

En cas de doute sur la vacuité gastrique et le risque inhalatoire, l'estomac peut être directement examiné à l'arrivée de l'enfant au bloc opératoire grâce à une échographie gastrique. Elle permet une évaluation rapide, qualitative et quantitative du contenu gastrique pour guider la prise en charge anesthésique. Elle présente un intérêt évident dans le contexte de l'urgence [14], mais peut aussi être utilisée en situation réglée chez des enfants à risque de retard de vidange gastrique ou en cas de doute sur le respect du jeûne [15].

Pour aller plus loin : Mullie-Leger J., Lemaire D., Deken V., Veyckemans F. *Gestion de la durée du jeûne préopératoire dans un service de chirurgie pédiatrique : étude quantitative après modification du protocole de service Anesth Reanim 2021 ; 10.1016/j.anrea.2020.11.011*

## PREMEDICATION : FAUT-IL CONTINUER A PREMEDIQUER LES ENFANTS ?

La prémédication a pour but de réduire l'anxiété préopératoire du patient et ainsi de faciliter l'acceptation du masque facial et donc l'induction anesthésique. Les sources d'anxiété préopératoire sont variées et différentes selon les classes d'âge de l'enfant. Il peut s'agir d'une angoisse et/ou d'une peur : de la séparation des parents, des aiguilles et des piqûres, d'une atteinte de l'intégrité corporelle, d'un réveil peropératoire ou encore de l'absence de réveil en postopératoire.

Le problème réside dans la possibilité de persistance de troubles comportementaux en postopératoire, observés principalement chez des enfants anxieux avant l'intervention (risque multiplié par 3.5). Ils sont classiquement à type de troubles du sommeil et de l'alimentation, troubles de l'humeur avec possibles retentissements scolaires, d'anxiété de séparation, d'agression envers les parents ou l'autorité, et/ou de maltraitance de jouets ou d'animaux [16]. De même, la douleur

postopératoire peut également être corrélée au niveau d'anxiété préopératoire. Une revue de la littérature portant sur plusieurs études pédiatriques (2 études prospectives randomisées, 2 études de cohorte et 5 études descriptives observationnelles) a souligné également que les enfants qui avaient des niveaux d'anxiété pré et postopératoires plus élevés éprouvaient une douleur postopératoire plus intense [17].

La préparation de l'enfant à son intervention commence donc dès la consultation d'anesthésie. Ses questions doivent avoir trouvé une réponse et ses peurs doivent être démasquées afin d'établir un climat de confiance et le rassurer. L'anxiété des parents doit également être prise en compte au même titre que celle des enfants. Un parent anxieux peut « communiquer » son anxiété à un enfant calme ou aggraver celle d'un enfant déjà anxieux. Une bonne préparation, adaptée à l'anxiété de l'enfant, permet une meilleure tolérance au stress psychologique de l'intervention, une induction anesthésique plus facile et une réduction des troubles comportementaux postopératoires.

Plusieurs stratégies sont disponibles pour parvenir à l'anxiolyse du patient, incluant des moyens pharmacologiques et non pharmacologiques.

## 1/ ANXIOLYSE PHARMACOLOGIQUE

Pendant longtemps, l'anxiété préopératoire a été traitée par prémédication médicamenteuse à visée anxiolytique et sédatrice. Le but de cette prémédication est de diminuer l'anxiété préopératoire, de faciliter la séparation avec les parents et de faciliter l'induction.

Chez l'enfant, il faut porter une attention particulière au goût et à l'odeur des médicaments administrés pour que l'observance et la tolérance soient bonnes. L'administration « forcée » d'un anxiolytique peut engendrer des effets inverses à ceux recherchés [18].

Après avoir été prescrite de façon très large, l'intérêt de l'anxiolyse médicamenteuse systématique est remis en question : en effet, les relations entre la prémédication médicamenteuse et les troubles de comportement postopératoires restent débattues et les données sont contradictoires [18].

Plusieurs classes thérapeutiques sont utilisées :

- Le **midazolam**, médicament le plus prescrit dans le cadre d'une prémédication procure une sédation et une anxiolyse de bonne qualité, avec un délai d'action relativement rapide (entre 5 et 20 minutes), quelle que soit la voie d'administration (orale, rectale, nasale et sublinguale) [19]. Pour rappel, les posologies varient entre 0.3 mg/kg (voies orale, nasale ou sublinguale) et 0.5 mg/kg (voies orale et rectale). Le midazolam s'est montré plus efficace que la présence parentale au moment de l'induction et de l'application du masque facial [20]. Néanmoins, les relations entre l'utilisation du midazolam et la présence d'effets indésirables et troubles du comportement postopératoire restent débattues. Une des explications pourrait résider dans l'effet amnésiant du midazolam qui inhibe la mémoire explicite tout en respectant la mémoire implicite. De ce fait, le midazolam pourrait ne pas empêcher la mémorisation d'événements désagréables mais favoriser la survenue de cauchemars. De plus, diverses études ont montré que l'utilisation de benzodiazépines allongeait de façon significative le temps d'extubation, majorait le risque d'agitation et de confusion postopératoire. Plusieurs auteurs ont ainsi observé une agitation au réveil chez près de 15% des enfants opérés et prémédiqués au midazolam [21]. Enfin, comme tous les agents sédatifs, il doit être prescrit avec prudence en cas d'obstruction des VAS et doit être évité en cas de SAOS grave.
- Les **alpha 2 agonistes**, comme la clonidine et la dexmédétomidine (qui n'a pas l'AMM dans cette indication), procurent une bonne sédation, diminuent l'agitation lors de l'induction inhalatoire au sévoflurane [22], ne semblent pas prolonger la durée du réveil anesthésique [23] et engendrent moins de dépression des fonctions supérieures que les benzodiazépines. Ils pourraient être plus efficaces que le midazolam pour réduire l'anxiété liée à la séparation d'avec les parents et à l'induction, à l'agitation et à l'analgésie postopératoire [24, 25]. Une meilleure gestion des NVPO

était aussi mise en évidence par l'utilisation de la Clonidine. Les posologies utilisées par ces études variaient de 1 à 4 µg/kg pour le Dexdor et de 2 à 5 µg/kg pour la Clonidine. Cependant, malgré plusieurs études aux résultats encourageants, les alpha 2 agonistes restent peu prescrits en prémédication chez l'enfant en France.

- **L'hydroxyzine** peut aussi être utilisée car elle possède des effets anxiolytiques recherchés en prémédication sans amnésie. Cependant, étant donné son délai d'action (pic plasmatique environ 120 minutes après une prise orale), son utilisation est plus contraignante.
- La **kétamine** utilisée seule en prémédication ne semble produire une bonne sédation qu'à forte dose (10 mg/kg par voie rectale ou nasale). Or, ces doses sont pourvoyeuses d'effets indésirables non négligeables (effets psychodysléptiques). C'est pourquoi il est préférable de la co-administrer avec le midazolam à une dose plus faible (3 mg/kg) par voie orale. Cette association permet une sédation plus rapide et plus efficace que le midazolam seul, sans retarder le réveil. Elle peut avoir un intérêt chez les enfants extrêmement anxieux ou non coopérants (syndromes autistiques ou d'hyperactivité).

Pour aller plus loin : *Place de la prémédication en anesthésie M. Boussofara, M. Raucoules-Aimé. Traité d'EMC Anesthésie réanimation. Volume 16 > n°2 > avril 2019*

## 2/ ANXIOLYSE NON PHARMACOLOGIQUE

De plus en plus fréquemment, les équipes d'anesthésie pédiatrique utilisent des moyens de prévention de l'anxiété non médicamenteux.

En premier lieu, la qualité de l'information délivrée à l'enfant et à ses parents est fondamentale (modalités de l'anesthésie, jeûne préopératoire, durée et réveil de l'anesthésie, gestion de la douleur postopératoire, complications éventuelles, etc.) car elle peut influencer le niveau d'anxiété préopératoire des parents et donc de l'enfant [26].

Différentes techniques de distraction reposant sur : l'hypnose, la pâte à modeler, la musicothérapie, l'art thérapie ou la présence de clowns, l'utilisation de tablettes vidéo, utilisées seules ou en association avec du midazolam, ont montré un intérêt pour réduire l'anxiété préopératoire des enfants [27].

Ces méthodes non pharmacologiques ne sont pas toujours simples à mettre en œuvre, mais elles doivent être encouragées, en raison de l'absence quasi totale d'effets adverses ; même si elles nécessitent encore des travaux de validation.

La présence des parents à l'induction, de pratique courante dans certains pays anglo-saxons, est un sujet controversé et son utilisation est exceptionnelle en France. Les méta-analyses les plus récentes ne plaident pas pour la présence des parents à l'induction, car elles ne retrouvent pas de bénéfice en termes de réduction de l'anxiété ou de la coopération de l'enfant à l'induction, ou dans la survenue d'agitation au réveil [27]. Malgré la difficulté à montrer le bénéfice de la présence parentale, celle-ci reste d'actualité car la satisfaction des parents présents est augmentée dans la plupart des études.

Pour aller plus loin : *Gestion de l'anxiété péri opératoire en anesthésie pédiatrique. Christophe Dadure, Chrystelle Sola, Jérémie Castanié, Lucie Coruble. Conférence d'actualisation SFAR 2019.*

## N2O : FAUT-IL CONTINUER A UTILISER DU PROTOXYDE D'AZOTE ?

Une revue récente a fait l'état des lieux sur l'utilisation du protoxyde d'azote (N2O) en anesthésie pédiatrique en reprenant ses propriétés pharmacologiques, ses avantages et inconvénients, les effets neuro-développementaux et systémiques, etc. [28].

Le protoxyde d'azote se présente sous la forme d'un gaz incolore et inodore. Il agit sur les récepteurs dopaminergiques, de l'acide gamma-aminobutyrique, de l'alpha 2 et du N-méthyl-d-aspartate (NMDA) pour produire une sédation et une analgésie. Après inhalation, le protoxyde d'azote est principalement excrété par les poumons sous forme inchangée.

Il est principalement utilisé en pédiatrie lors de l'induction inhalatoire (mélange O2/N2O 50/50%). Son effet hypnotique reste faible (60% de N2O équivalant à une MAC à 0.6) mais son utilisation en combinaison avec les halogénés fournit une action anesthésique additive : la captation rapide de fortes concentrations de N2O lors d'une induction inhalatoire produit une augmentation des concentrations alvéolaires du gaz halogéné associé et de l'oxygène. Cet effet est connu sous le terme d'effet second gaz. Il est causé par l'effet concentrateur de la captation du N2O sur les pressions partielles des autres gaz présents dans l'alvéole. La concentration des halogénés est alors augmentée, ce qui accélère ainsi le temps d'induction anesthésique et réduit l'utilisation des agents inhalés [29]. Une réduction à des doses de propofol et d'opioïdes a aussi été constatée.

Au réveil, l'élimination rapide du N2O produit une hypoxémie alvéolaire de diffusion par le même mécanisme. Elle est cependant facilement corrigée par un apport d'oxygène. Une diminution plus rapide des concentrations télé-expiratoires et artérielles en agents halogénés a aussi été observée à l'arrêt brutal du N2O en fin d'anesthésie, permettant un raccourcissement des délais d'ouverture des yeux et d'extubation d'environ 1,5 à 2 min [30].

En pratique, l'effet second gaz a plus d'impact clinique lors du réveil que de l'induction anesthésique, car s'il est possible d'accélérer l'induction de l'anesthésie en absence de N2O en jouant sur l'effet concentration par augmentation la fraction inspirée de l'halogéné, il est impossible de délivrer en fin d'anesthésie une fraction inspirée de l'halogéné inférieure à zéro pour accélérer le réveil.

Les principaux avantages et inconvénients sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Avantages	Inconvénients
Analgésie	Faible puissance
Diminution de la conscience	Risque d'hypoxie de diffusion
Incolore et inodore	NVPO
Peu coûteux	Diffusion au sein des cavités closes
Induction et réveil rapide (demi-vie d'élimination 5 min)	Augmente la pression du ballonnet (IOT/ML)
Métabolisme minimal (< 0,004 %)	Toxicité hématologique (vit B12, hématopoïèse)
Stabilité cardiorespiratoire	Toxicité neurologique (utilisation prolongée)
Diminution des douleurs chroniques post chir (DCPC) – antagonisation récepteurs NMDA	Immunodéficience?
Rôle dans les dépression majeurs résistante au traitement	Effets sur la reproduction
	Ischémie myocardique ?
	Gaz à effet de serre
	Apoptose dans les cerveaux en développement

Quelques précisions :

- L'utilisation la plus fréquente du N2O est dans la prise en charge de certaines procédures type ponction de moelle osseuse, pose de drain intercostal, pose de voie veineuse, ponction lombaire, sutures de plaies, pansements, extraction dentaire, etc. car elle soulage la douleur et l'anxiété, maintient les réflexes protecteurs des voies respiratoires et est sans danger [31].
- Le N2O présente des effets anti-hyperalgésiques du fait de son action anti-NMDA qui participe à la réduction des phénomènes de sensibilisation centrale per et postopératoires. Il permet ainsi

une réduction des douleurs chroniques post chirurgicales (DCPC), mais aussi de tolérance aiguë à la morphine après un geste chirurgical réalisé sous fortes doses d'opioïdes. De nos jours, l'analgésie multimodale (kétamine, ALR, etc.), combinée à la diminution des doses de morphiniques per opératoires pourraient permettre de se passer du N2O en conservant les mêmes bénéfices.

- L'administration de N2O est considérée chez l'adulte comme un facteur de risque indépendant de NVPO. Or, chez l'enfant, aucune étude n'a montré qu'il s'agissait de facteurs de risque indépendants de NVPO [32]. De même, une étude de 2002 a montré que leur incidence n'était pas toujours augmentée lorsqu'il était utilisé comme adjuvant à d'autres agents volatils [33].
- L'acceptation du masque par l'utilisation de N2O pendant l'induction apparaît controversée dans la littérature. Certaines études tendent à montrer une augmentation dans l'acceptation du masque chez les enfants, alors que d'autres ne retrouvent pas d'avantage immédiat à la pose du masque, ce qui incite à utiliser d'autres méthodes de distraction s'avérant généralement efficaces et suffisantes. De plus, son utilisation suppose une dénitrogénéation avant l'induction et une ventilation en O2 pur à l'arrêt du N2O. Ces principes ne doivent pas être oubliés : l'utilisation de N2O à l'induction en pédiatrie est une pratique populaire qui expose l'enfant à l'inhalation d'un mélange hypoxique si la pré-oxygénation n'a pas été faite correctement.
- Du point de vue environnemental, le N2O est un polluant majeur selon le protocole de Kyoto. Le N2O est un destructeur direct de la couche d'ozone. Sa durée de vie dans l'atmosphère est estimée à 114 ans. Les émissions de GES d'une heure d'anesthésie avec un mélange 50/50% N2O/O2 et un DGF à 1l/min équivaut à un trajet en voiture de 150 km (sans compter le coût carbone des halogénés). L'ajout de N2O lors d'une anesthésie inhalée par sévoflurane augmente de 900% son coût carbone [34]. Les données récentes de l'UNFCCC rapportent que 1% de la pollution attribuée aux systèmes de santé en Europe est due au N2O d'origine médicale. Les principaux émetteurs de GES étant les engrais utilisés en agriculture intensive, les processus de décomposition biologiques des produits organiques dans la nature, ainsi que de l'industrie chimique produisant des fertilisants et du protoxyde d'azote médical.

Pour conclure, il n'y a, à l'heure actuelle, pas suffisamment de preuves pour soutenir ou réfuter son utilisation dans la pratique pédiatrique. Elle semble toujours justifiée comme constituant de mélange gazeux anesthésiant et pour la sédation procédurale chez l'enfant pour des actes douloureux légers à modérés, sauf contre-indications bien connues. Certains effets indésirables comme l'hypoxie de diffusion, le risque accru de NVPO, les complications hématologiques et neurologiques, etc. restent une préoccupation pour les anesthésistes pédiatriques. Néanmoins, ces différents éléments, encore controversés et/ou contradictoires pour certains, imposent probablement une administration raisonnée et optimisée pour en réduire l'impact environnemental de l'anesthésie [35].

<b>R1.2.1 – Les experts suggèrent, qu'à bénéfice clinique égal pour le patient, les professionnels d'anesthésie n'utilisent pas le protoxyde d'azote lors d'une anesthésie inhalée, pour diminuer l'impact environnemental de l'anesthésie générale.</b>
<b>Avis d'experts (Accord fort)</b>
<b>R1.2.2 – Les experts suggèrent qu'en cas d'utilisation du protoxyde d'azote lors d'une anesthésie inhalée, une alternative puisse être d'utiliser un système d'administration par bouteille plutôt qu'un système d'administration par cadres et circuit de distribution, pour diminuer l'impact environnemental de l'anesthésie générale.</b>
<b>Avis d'experts (Accord fort)</b>

Pour aller plus loin : *JL Bourgain, F Laverdure. Faut-il encore utiliser le protoxyde d'azote en anesthésie ? Le praticien en anesthésie réanimation, 10 2011*

## SEVOFLURANE : PEUT-ON OUVRIR LA CUVE DE SEVOFLURANE A FOND ?

Parmi les agents anesthésiques, seul le sévoflurane est utilisé lors d'une induction au masque chez l'adulte ou chez l'enfant. L'effet irritant du desflurane contre-indique formellement son utilisation comme agent d'induction.

Le délai de perte de conscience est directement influencé par le niveau de la fraction inspirée et sera donc d'autant plus rapide que cette première est élevée. L'utilisation d'une concentration d'emblée élevée à 8 % comparée à une induction progressive par paliers permet de raccourcir le délai de perte du réflexe ciliaire, d'autant plus s'il est adjoint du N<sub>2</sub>O et/ou s'il est réalisé la technique de la capacité vitale (saturation du circuit, avec expirations forcées suivies de plusieurs inspirations profondes) [36]. Toutefois, compte tenu de l'anxiété à l'induction des patients pédiatriques, cette dernière reste très difficile à mettre en œuvre car elle nécessite une bonne coopération des patients.

Même à forte dose, le sévoflurane maintient une très bonne tolérance sur le plan hémodynamique y compris pour des concentrations allant jusqu'à 7 % et y compris chez des patients atteints de cardiopathies [37]. En effet, leur effet inotrope négatif est en pratique contrebalancé par la réduction de la postcharge liée à la vasodilatation (effet parasymphomimétique) permettant le maintien du débit cardiaque. Par ailleurs, au-delà de 1.5 CAM, il est souvent observée une tachycardie réactionnelle par mise en jeu du baroréflexe.

En revanche, il faut garder à l'esprit que le sévoflurane a comme principale caractéristique de déclencher des activités épileptiformes au niveau cérébral, qui semblent concentration-dépendantes [38]. Ces modifications de l'électroencéphalogramme (EEG) sous forme d'activité pointes-ondes surviennent préférentiellement lorsque la concentration de fin d'expiration s'élève au-dessus de 2 CAM et peuvent parfois être associées à des mouvements cloniques. En pratique, ces effets seraient dus à une concentration en sévoflurane trop élevée (8%), à une transition trop rapide de l'état d'éveil à l'état de sommeil et à l'hypocapnie induite par l'hyperventilation alvéolaire. En revanche, une prémédication par des benzodiazépines pourrait avoir un effet protecteur, de même que l'administration conjointe de N<sub>2</sub>O [39]. Cependant, cet effet protecteur du N<sub>2</sub>O n'est pas clairement démontré et serait insuffisant pour prévenir l'apparition de ces signes. Bien que la physiopathologie de ces phénomènes (stimulation des récepteurs NMDA ?) et leurs conséquences à court et à long termes ne soient pas élucidés, le principe de précaution prévaut et il est préconisé de réduire la concentration inspirée du sévoflurane de 8 % à 6 % lors de l'induction par inhalation chez l'enfant. Une induction par augmentation progressive de la concentration télé-expiratoire de sévoflurane a aussi été proposée (par palier de 0,5 à 1,0 %), en particulier chez les nourrissons.

Tous les agents anesthésiques entraînent une hypotonie pharyngolaryngée pouvant gêner la réalisation de l'induction du fait de l'apnée obstructive qu'elle induit. L'application d'une pression positive de fin d'expiration (PEEP) dès l'induction pourrait permettre à la fois de prévenir la collapsibilité des VAS, mais également de réduire les atélectasies [40]. De même, l'utilisation du mode AI (Aide Inspiratoire) semble de plus en plus utilisée [41]. Elle consiste en pratique à mettre le patient en AI dès la perte de conscience (pression télé-expiratoire +5 cmH<sub>2</sub>O, Trigger-2 cmH<sub>2</sub>O, pression inspiratoire entre 10 et 12 cmH<sub>2</sub>O). Son grand avantage semble de pallier à l'hypotonie pharyngolaryngée et l'apnée obstructive, et à augmenter la ventilation minute permettant d'accélérer l'induction inhalatoire, tout en prévenant la survenue de troubles ventilatoires. Bien que peu d'études aient été réalisées dans ce domaine, les données empiriques obtenues sont très encourageantes.

## FAUT-IL UTILISER UN CURARE POUR L'INTUBATION ORO-TRACHEALE ?

En dehors du contexte faisant appel à une induction en séquence rapide, les RFE de la SFAR sur l'utilisation des curares dans la gestion des voies aériennes chez l'enfant stipulent [42] :

R7 – Hors situations relevant d'une indication à une induction à séquence rapide et à l'utilisation d'un curare dépolarisant, il est probablement recommandé d'utiliser un curare non dépolarisant pour améliorer les conditions d'intubation au cours de l'anesthésie générale par induction intraveineuse chez l'enfant.

(GRADE 2+) ACCORD FORT

Néanmoins, l'absence d'utilisation de curare chez l'enfant est une pratique courante en France, notamment lors d'une induction inhalatoire (92%) [43] et ce en lien avec la conférence de consensus de la SFAR rédigée en 1999 qui ne recommandait pas l'utilisation de curare chez l'enfant, que l'induction soit inhalatoire ou intraveineuse.

Dans le cadre d'une induction inhalatoire, la durée d'exposition au sévoflurane, sa concentration, le ou les agents associés au sévoflurane (à type de morphinique +/- propofol) modifient la qualité des conditions d'intubation mais peuvent aussi retentir sur les paramètres hémodynamiques. Les principaux facteurs limitants à la réussite d'une intubation sans curare sont la profondeur d'anesthésie et l'absence d'apnée au moment de la laryngoscopie. En effet, une étude de 2002 a montré que la persistance de la ventilation spontanée au moment de la laryngoscopie était associée à de mauvaises conditions d'intubation. De même, pour des enfants recevant 8% de sévoflurane, un taux d'intubation réussie  $\geq 95\%$  était obtenue avec des concentrations en fin d'expiration très élevées ( $Fe\ Sévo \geq 6\%$ ) [44]. Une seconde étude a par la suite validé l'induction au sévoflurane (à forte dose) comme alternative satisfaisante à l'induction propofol-succinylcholine, en dehors du contexte d'urgence [45].

Dans tous les cas la technique d'intubation sous sévoflurane sans adjonction de curare requiert à la fois une maîtrise de la technique d'intubation trachéale du jeune enfant mais aussi la connaissance des critères cliniques d'évaluation de la profondeur d'anesthésie sous sévoflurane. Schématiquement, on peut retenir que la suppression de la réponse motrice lors de la laryngoscopie requiert une inhibition des structures cérébrales sous-corticales, ce qui se traduit cliniquement par la disparition du réflexe ciliaire et la visualisation des pupilles en position centrale (stade chirurgical de Guédel) conséquence de l'inhibition des structures oculomotrices localisées au niveau du tronc cérébral (structures sous corticales).

Stades de la profondeur d'anesthésie de Guedel.

Stades	Manifestations cliniques
Stade 1	De l'induction à la perte de conscience
Stade 2 : phase d'agitation avec forte réactivité aux stimuli nociceptifs	Pupilles dilatées Regard divergent Respiration irrégulière avec épisodes d'apnée
Stade 3 : stade chirurgical	Pupilles centrées en myosis Respiration régulière
Stade 4 : surdosage	Mydriase aréactive Respiration superficielle ou absente Hypotension artérielle

Comme vu précédemment, la co-induction, c'est-à-dire l'induction anesthésique associant l'inhalation de sévoflurane et l'adjonction d'un bolus IV de propofol, présente un intérêt théorique pour obtenir de bonnes conditions d'intubation : une diminution de la réactivité des VAS avec le propofol (relâchement des cordes vocales avec moins de laryngospasmes) et une diminution de la réactivité bronchique avec le sévoflurane (bronchodilatation avec moins de toux et de réflexes

d'expirations) [9]. Cette théorie a été confirmée par une étude prospective randomisée qui retrouvaient des conditions et des temps d'intubation similaires chez des enfants âgés de 2 à 8 ans et recevant une co-induction sévoflurane-propofol (1,5 mg/kg) versus sévoflurane associé à un curare (rocuronium 0,6 mg/kg) [46]. Une autre étude a déterminé les doses optimales de propofol pour obtenir d'excellentes conditions d'intubation en fonction des différentes concentrations de sévoflurane (3 %, 3,5 % et 4 %) chez des enfants âgés de 0,5 à 5 ans [47]. Les auteurs concluaient que l'adjonction de 1,5 à 2 mg/kg procurait d'excellentes conditions d'intubation chez des enfants présentant une fraction expirée de sévoflurane de 3 à 4%, sans utiliser de curare. Aucun laryngospasme n'a été observé dans cette étude.

Néanmoins, les principales complications attribuées à ces techniques sans curare sont les échecs d'intubation et les complications respiratoires qui en découlent de type désaturation et laryngospasme qu'elles soient per ou postopératoire. Au vu de l'analyse des différentes cohortes de patients inclus dans des études prospectives comparant l'intubation avec et sans curares, il n'est pas retrouvé de différence en termes de complications respiratoires. Cependant, les RFE de la SFAR se basent sur 2 études récentes où l'utilisation d'un curare est « envisageable ». La première est une étude prospective randomisée comparant 3 groupes de jeunes enfants (1-24 mois) intubés sous sévoflurane seul (8 %) ou associé à 20 µg/kg d'alfentanil ou associé à du rocuronium (0,3 mg/kg). Les auteurs relevaient un total de 35 événements dont 11 laryngospasmes survenant sur des patients intubés sous sévoflurane seul ou associé à l'alfentanil, ce qui conduit chez ces patients ne recevant pas de curare, à une incidence très élevée de laryngospasme de 22 % [48]. La seconde est une méta-analyse récente qui concluait que l'utilisation de curares pourrait améliorer la qualité des conditions d'intubation chez l'enfant [49]. Néanmoins cette méta-analyse ne regroupait que sept études dont 5 sous propofol, une sous halothane et une sous sévoflurane et avec des patients très hétérogènes (enfants jusqu'à 16 ans). De plus, le taux de complications était particulièrement élevé par rapport au reste de la littérature. Cependant, les résultats à retenir de cette méta-analyse sont ceux concernant l'intubation sous propofol : en effet, comparativement à un protocole associant hypnotique et morphinique, l'association curare et hypnotique permettait d'obtenir de meilleures conditions d'intubation chez l'enfant. Par ailleurs, il semble très difficile d'extrapoler une conclusion concernant les conditions d'intubations sans curare lors de l'induction au sévoflurane seul ou associé au propofol.

Enfin, l'unique association capable de rivaliser avec la curarisation repose sur l'injection de propofol (3 mg/kg) et de remifentanil (4 µg/kg) [50]. Toutefois, ces posologies ne sont pas dénuées d'effets hémodynamiques délétères.

## FAUT-IL UNE VVP POUR TOUS LES ACTES SOUS AG ?

La littérature reste très pauvre sur le sujet. En effet, l'abord veineux est considéré comme indispensable pour tout acte anesthésique, notamment pour pouvoir administrer les médicaments d'urgence en cas de complications. Cependant, l'utilisation d'un tel dispositif a longtemps fait débat en France, notamment dans le contexte de la chirurgie ORL (adénoïdectomie, myringotomie avec pose d'aérateurs, etc.). Une enquête de pratique réalisée en 2010 en France a révélé qu'une VVP n'était mise en place que chez 68 % des patients bénéficiant d'une adénoïdectomie [43]. Certains experts considéraient en effet qu'il n'est pas justifié de poser une VVP chez l'enfant lors d'une anesthésie par inhalation pure pour une intervention dont la durée de l'acte est inférieure au délai de mise en place de la VVP [51]. D'autres considéraient à contrario que celle-ci est indispensable car son absence pouvait retarder l'administration des médicaments d'urgence, constituant alors une perte de chance, comme dans le cas d'un arrêt cardiaque per anesthésique [52]. Finalement, son utilisation a été rendue systématique depuis que la SFAR recommande l'intubation oro-trachéale dans ce contexte [42]. Concernant les myringotomies (avec ou non poses d'aérateurs), la pose d'une VVP semble encore

débatte (aspect chronophage versus sécurité indéniable) du fait d'une durée courte (< 15 minutes) et d'un très faible risque de complications [53].

Enfin, les RFE de la SFAR stipulent que quelle que soit la technique d'induction choisie, il faut rappeler que plus l'enfant présente de facteurs de risque de complications respiratoires, plus il est intéressant de discuter la pose d'une voie veineuse avant l'induction. Ces recommandations ont été appuyées par diverses études qui ont montré que l'induction IV permet de diminuer l'incidence des complications respiratoires (laryngospasmes, bronchospasmes, etc.) chez des patients présentant des facteurs de risques respiratoires (asthme, toux sèche nocturne, tabagisme passif, etc.) [8,10]. De même, la mise en place d'un dispositif supra glottique permet de diminuer l'incidence des laryngospasmes et de diminuer les hypoxémies lors du retrait du dispositif en cas de chirurgie superficielle programmée de courte durée [8,42,54].

## CONCLUSION

La particularité de l'anesthésie pédiatrique, par la grande variation de poids et d'âge des enfants, en font une spécialité à part entière. Nombreuses recommandations ont été émises par nos sociétés savantes faisant assurer une bonne qualité des soins dispensés aux patients. Cependant, la littérature actuelle tend à faire évoluer les pratiques avec parfois une remise en causes de certaines de nos habitudes.

Différents points ont été abordés dans cette présentation. Ils avaient pour but de remettre à jour nos connaissances actuelles sur divers sujets d'anesthésie pédiatrique de la manière la plus objective possible. Les points essentiels à retenir sont :

- Mise à jour des règles du jeûne en chirurgie pédiatrique : autorisation des liquides clairs jusqu'à H-1. Mais est-ce applicable en pratique ?
- La prémédication de l'enfant ne doit pas être systématique et l'utilisation des méthodes non médicamenteuses doit être encouragée au maximum. Si une prémédication s'avère nécessaire, quelle place en pratique pour les alpha 2 agonites ?
- Deux types d'induction connues avec une utilisation majoritaire pour l'induction inhalatoire. Cependant, chez les enfants ayant  $\geq 2$  facteurs de risques respiratoires, il est préférable de privilégier la voie IV.
- L'induction inhalatoire utilise du Sévoflurane. Du fait du risque épileptogène, il est préférable de limiter l'ouverture de la cuve à 6%. Cette limitation pourrait ralentir le délai de perte de conscience mais elle pourra être compensée par des alternatives telles que la technique de la capacité vitale, le mode Aide inspiratoire ou l'adjonction de N<sub>2</sub>O.
- L'utilisation du protoxyde d'azote doit être faite de façon raisonnée et optimisée pour en réduire l'impact environnemental de l'anesthésie.
- La place des curares pour l'intubation en chirurgie réglée est toujours discutée. La co-induction et/ou l'utilisation du rémifentanyl semblent être de bonnes alternatives.
- L'utilisation d'une VVP reste toujours controversée pour certains actes chirurgicaux.

Pour conclure, la SFAR stipule que : « [...] dans l'application de ces recommandations, chaque praticien doit exercer son jugement, prenant en compte son expertise et les spécificités de son établissement, pour déterminer la méthode d'intervention la mieux adaptée à l'état du patient dont il a la charge ».

## REFERENCES

1. Ehsan Z., Mahmoud M., Shott S.R., Amin R.S., Ishman S.L. The effects of anesthesia and opioids on the upper airway: a systematic review *Laryngoscope* 2015 ; 126 : 270-28410.1002/lary.25399
2. Bruins S., Sommerfield D., Powers N., Ungern-Sternberg B.S. Atelectasis and lung recruitment in pediatric anesthesia: an educational review *Pediatr Anesth* 2022 ; 32 : 321-32910.1111/pan.14335
3. Hill J.R., Robinson D.C. Oxygen consumption in normally grown, small-for-dates and large-for-dates new-born infants *J Physiology* 1968 ; 199 : 685-70310.1113/jphysiol.1968.sp008673
4. Patel R., Lenczyk M., Hannallah R.S., McGill W.A. Age and the onset of desaturation in apnoeic children *Can J Anaesth* 1994 ; 41 : 771-77410.1007/bf03011582
5. Susannah Fleming, Matthew Thompson and al. Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies. *Lancet*. 2011 Mar 19;377(9770):1011-8.
6. Winberg P., Lundell B.P.: Left ventricular stroke volume and output in healthy term infants. *Am J Perinatol* 1990; 7: pp. 223-226.
7. 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.
8. Britta S Von Ungern-Sternberg, Krisztina Boda, Neil A Chambers, Claudia Rebmann, Chris Johnson, Peter D Sly, Walid Habre. Risk assessment for respiratory complications in paediatric anaesthesia: a prospective cohort study. *Lancet*. 2010 Sep 4;376(9743):773-83
9. Oberer C, von Ungern-Sternberg BS, Frei FJ, Erb TO. Respiratory reflex responses of the larynx differ between sevoflurane and propofol in pediatric patients. *Anesthesiology*. déc 2005;103(6):1142-8
10. Ramgolam A., Hall G.L., Zhang G., Hegarty M., von Ungern-Sternberg B.S.: Inhalational versus IV induction of anesthesia in children with a high risk of perioperative respiratory adverse events: a randomized controlled trial. *Anesthesiology* 2018; 128: pp. 1065-1074.
11. Thomas M., Morrison C., Newton R., Schindler E.: Consensus statement on clear fluids fasting for elective pediatric general anesthesia. *Paediatr Anaesth* 2018; 28: pp. 411-414.
12. Frykholm P., Schindler E., Sümpelmann R., Walker R., Weiss M. Preoperative fasting in children: review of existing guidelines and recent developments *Br J Anaesth* 2018 ; 120 (3) : 469-474
13. Beck C.E., Rudolph D., Mahn C., Etspüler A., Korf M., Lüthke M., et al. Impact of clear fluid fasting on pulmonary aspiration in children undergoing general anesthesia: Results of the German prospective multicenter observational (NiKs) study *Paediatr Anaesth* 2020 ; 30 (12) : 892-899
14. Gagey A.-C., de Queiroz Siqueira M., Monard C., Combet S., Cogniat B., Desgranges F.-P., et al. The effect of pre-operative gastric ultrasound examination on the choice of general anaesthetic induction technique for non-elective paediatric surgery. A prospective cohort study *Anaesthesia* 2018 ; 73 (3) : 304-312
15. Bouvet L., Bellier N., Gagey-Riegel A.-C., Desgranges F.-P., Chassard D., De Queiroz Siqueira M. Ultrasound assessment of the prevalence of increased gastric contents and volume in elective pediatric patients: a prospective cohort study *Paediatr Anaesth* 2018 ; 28 (10) : 906-913
16. Kain ZN, Caldwell-Andrews AA, Maranets I, McClain B, Gaal D, Mayes LC, et al. Preoperative anxiety and emergence delirium and postoperative maladaptive behaviors. *Anesth Analg*. 2004;99(6):1648-54
17. Jia Shermin CY, Sally CW, Hong-Gu H. Anxiety and pain in children undergoing elective surgical procedures: a systematic review. *JBI Libr Syst Rev*. 2012;10(29):1688-1737
18. Rosenbaum A., Kain Z.N., Larsson P., Lonnqvist P.A., Wolf A.R.: The place of premedication in pediatric practice. *Paediatr Anaesth* 2009; 19: pp. 817-828]
19. Kogan A., Katz J., Efrat R., Eidelman L.A.: Premedication with midazolam in young children: a comparison of four routes of administration. *Paediatr Anaesth* 2002; 12: pp. 685-689
20. Kain ZN, Mayes LC, Wang SM, Caramico LA, Krivutza DM, Hofstadter MB. Parental presence and a sedative premedicant for children undergoing surgery: a hierarchical study. *Anesthesiology*. 2000 Apr;92(4):939-46

21. Agrawal N., Dua C.K., Arya C.P.: Clinical evaluation of oral ketamine and oral midazolam for premedication in paediatric surgical outpatients. *J Anaesth* 2000; 16: pp. 23-28.
22. Constant I., Leport Y., Richard P., Moutard M.L., Murat I.: Agitation and changes of Bispectral Index and electroencephalographic-derived variables during sevoflurane induction in children: clonidine premedication reduces agitation compared with midazolam. *Br J Anaesth* 2004; 92: pp. 504-511
23. Yaguchi Y., Inomata S., Kihara S., Baba Y., Kohda Y., Toyooka H.: The reduction in minimum alveolar concentration for tracheal extubation after clonidine premedication in children. *Anesth Analg* 2002; 94: pp. 863-866
24. Dahmani S., Brasher C., Stany I., Golmard J., Skhiri A., Bruneau B., et al.: Premedication with clonidine is superior to benzodiazepines. A meta analysis of published studies. *Acta Anaesthesiol Scand* 2010; 54: pp. 397-402.
25. Pasin L., Febres D., Testa V., Frati E., Borghi G., Landoni G., et al.: Dexmedetomidine vs midazolam as preanesthetic medication in children: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Paediatr Anaesth* 2015; 25: pp. 468-476
26. Hatava P, Olsson GL, Lagerkranser M. Preoperative psychological preparation for children undergoing ENT operations: a comparison of two methods. *Paediatr Anaesth.* 2000;10(5):477-86.
27. Manyande A, Cyna AM, Yip P, Chooi C, Middleton P. Non-pharmacological interventions for assisting the induction of anaesthesia in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015 ;14 (7):CD006447
28. Nishkarsh Gupta, Anju Gupta, Vishnu Narayanan M R. Current status of nitrous oxide use in pediatric patients. *World J Clin Pediatr.* 2022 Mar 9;11(2):93-104
29. Kihara S, Yaguchi Y, Inomata S, Watanabe S, Brimacombe JR, Taguchi N, Komatsuzaki T. Influence of nitrous oxide on minimum alveolar concentration of sevoflurane for laryngeal mask insertion in children. *Anesthesiology.* 2003;99:1055-1058
30. Peyton PJ, Chao I, Weinberg L, Robinson GJ, Thompson BR. Nitrous oxide diffusion and the second gas effect on emergence from anesthesia. *Anesthesiology.* 2011;114:596-602]
31. Buhre W, Disma N, Hendrickx J, DeHert S, Hollmann MW, Huhn R, Jakobsson J, Nagele P, Peyton P, Vutskits L. European Society of Anaesthesiology Task Force on Nitrous Oxide: a narrative review of its role in clinical practice. *Br J Anaesth.* 2019;122:587-604
32. Bourdaud N., Devys J.M., Bientz J., Lejus C., Hebrard A., Tirel O., et al.: Development and validation of a risk score to predict the probability of postoperative vomiting in pediatric patients: the VPOP score. *Paediatr Anaesth* 2014; 24: pp. 945-952.
33. Bortone L, Picetti E, Mergoni M. Anesthesia with sevoflurane in children: nitrous oxide does not increase postoperative vomiting. *Paediatr Anaesth.* 2002;12:775-779
34. Sherman J, Le C, Lamers V, Eckelman M. Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Anesthetic Drugs. *Anesth Analg* 2012;114:1086-90
35. Guidelines for Reducing the environmental impact of general anaesthesia. SFAR, SF2H et SFPC. 2022
36. Lejus C., Bazin V., Fernandez M., Guyen N.J.M., Radosevic A., Quere M.F., et al. Inhalation induction using sevoflurane in children: the single-breath vital capacity technique compared to the tidal volume technique *Anaesthesia* 2006 ; 61 : 535-540
37. Coté C.J., Lerman J., Ward R.M., Lugo R.A., Goudsouzian N.: Pharmacokinetics and pharmacology of drugs used in children. In Lerman J., Todres I.D. (eds): *A practice of anesthesia for infants and children.*, 4th ed 2009. WB Saunders, Philadelphia pp. 89-146
38. Constant I., Seeman R., Murat I.: Sevoflurane and epileptiform EEG changes. *Paediatr Anaesth* 2005; 15: pp. 266-274
39. O'Shea H., Moultrie S., Drummond G.B.: Influence of nitrous oxide on induction of anaesthesia with sevoflurane. *Br J Anaesth* 2001; 87: pp. 286-288
40. Crawford M.W., Rohan D., Macgowan C.K., Yoo S.J., Macpherson B.A.: Effect of propofol anesthesia and continuous positive airway pressure on upper airway size and configuration in infants. *Anesthesiology* 2006; 105: pp. 45-50

41. Lebossé M., Kern D., Queiroz M.D., Bourdaud N., Veyckemans F., Chassard D., et al. Ventilation in pediatric anesthesia: a French multicenter prospective observational study (PEDIAVENT) *Pediatr Anesth* 2020 ; 10.1111/pan.13909
42. C Dadure, N Sabourdin, F Veyckemans et al. Gestion des voies aeriennes de l'enfant. RFE SFAR et ADARPEF 2018
43. Constant I, Louvet N, Guye ML, et al. General anaesthesia in children: A French survey of practices. *Ann Fr Anesth Reanim* 2012; 31: 709-23
44. Politis GD, Frankland MJ, James RL, et al. Factors associated with successful tracheal intubation in children with sevoflurane and non muscle relaxant. *Anesth Analg* 2002;95:615–20
45. Blair JM, Hill DA, Bali IM, Fee JP. Tracheal intubating conditions after induction with sevoflurane 8% in children. A comparison with two intravenous techniques. *Anaesthesia*. Août 2000;55(8):774-8
46. Gera S, Dali JS, Sharma KR, Garg R, Arya M. Evaluation of intubating conditions in children after sevoflurane induction using propofol or rocuronium bromide--a randomised, prospective, double blind study. *Acta Anaesthesiol Belg*. 2015;66(4):25-30
47. Jo YY, Jun NH, Kim EJ, Choi EK, Kil HK. Optimal dose of propofol for intubation after sevoflurane inhalation without neuromuscular blocking agent in children. *Acta Anaesthesiol Scand*. Mars 2011;55(3):332-6
48. Devys JM, Mourissoux G, Donnette FX, Plat R, Schauvliège F, Le Bigot P, et al. Intubating conditions and adverse events during sevoflurane induction in infants. *British Journal of Anaesthesia*. Févr 2011;106(2):225-9
49. 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. *European Journal of Anaesthesiology*. août 2017;34(8):550-61
50. Aouad M.T., Yazbeck-Karam V.G., Mallat C.E., Ezzo J.J., Siddik-Sayyid S.M., Kaddoum R.N.: 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; 22: pp. 616-626.
51. Ecoffey C. [Is the systematic venous access necessary in paediatric anaesthesia?]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2007; 26: 472
52. Sicot C, Laxenaire MC. Discussion du dossier médicolégal commenté. *Ann Fr Anesth Reanim* 2007; 26: 474–6
53. Allen A.H.: Is i. v. access necessary for myringotomy with tubes? *Ear Nose Throat J* 2007; 86: pp. 672-674. 81
54. Drake-Brockman TF, 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;389:701–8