51e Congrès national d'anesthésie et de réanimation. Médecins. Les essentiels.
© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Gestion des voies aériennes de l'enfant

V. Guellec, G. Orliaguet*

[1] Département d'anesthésie-réanimation et SAMU de Paris, hôpital Necker-Enfants Malades, AP-HP ; université Paris Descartes, 149, rue de Sèvres, 75743 Paris cedex 15, France
*e-mail : gilles.orliaguet@nck.aphp.fr

POINTS ESSENTIELS

- La gestion des voies aériennes supérieures est un élément clé de la prise en charge de tout enfant candidat à l'anesthésie.
- L'enfant présente des caractéristiques spécifiques liées à son anatomie et à sa physiologie qui impliquent une gestion des voies aériennes supérieures différente de celle de l'adulte.
- De faibles réserves en oxygène et une consommation d'oxygène proportionnellement supérieure à celle de l'adulte exposent l'enfant à un risque important d'hypoxie.
- La désaturation per-anesthésique de l'enfant est fréquente et brutale et doit conduire à une analyse systématique et rapide de la situation.
- La mortalité directement liée à l'anesthésie est devenue très faible mais l'arrêt cardiaque de l'enfant est souvent d'origine respiratoire.
- Parmi les causes respiratoires d'arrêt cardiaque de l'enfant, l'obstruction des voies aériennes supérieures, en particulier le laryngospasme est au premier plan.
- Une sur-morbidité respiratoire est observée chez les nourrissons de moins de 1 an.
- Le choix du matériel nécessaire au contrôle des voies aériennes de l'enfant doit tenir compte de l'âge et du poids de l'enfant.
- Des algorithmes de prise en charge de la désaturation et de ses causes les plus fréquentes doivent être disponibles.

Introduction

La gestion des voies aériennes supérieures (VAS) fait partie de la clef de voûte de la prise en charge anesthésique. Elle est d'autant plus importante chez l'enfant que les données épidémiologiques américaines récentes montrent que plus d'un quart des arrêts cardiaques périanesthésiques de l'enfant sont imputables à des causes respiratoires, au premier rang desquelles le laryngospasme [1]. Un des principaux objectifs de l'anesthésiste en pédiatrie est de lutter contre l'hypoxie en raison de l'extrême rapidité de la désaturation artérielle en oxygène chez l'enfant et de ses conséquences potentielles. Nous nous

attacherons à énoncer les particularités de l'enfant qui modifient la pratique du contrôle des voies aériennes par rapport à l'adulte.

Particularités des voies aériennes de l'enfant

Particularités anatomiques

Les VAS sont de petit calibre, ce qui a des implications physiologiques. Ainsi, l'étroitesse des cavités nasales à la naissance doit être prise en compte lors d'une dyspnée haute chez le nouveau-né ; c'est l'effet Venturi c'est-à-dire des turbulences en cas d'accélération du flux aérien ou d'obstacle. L'anatomie des voies aériennes chez l'enfant dépend étroitement de la croissance crânio-faciale. Au cours de la croissance, la position du larynx va progressivement descendre. Chez le nouveau-né, le larynx est en position haute si bien que ses rapports avec l'extrémité inférieure du voile du palais sont étroits. En effet, l'épiglotte se projette en regard de la première vertèbre cervicale (C1) et vient au contact de la face postérieure du voile du palais à la phase inspiratoire, obstruant la filière buccale et obligeant à une respiration exclusivement nasale jusqu'à l'âge de 4 mois environ. C'est pourquoi durant les premières années, le nourrisson est un respirateur nasal dominant. La connaissance de la position, de la conformation et de l'obliquité de l'axe du larynx en bas et en avant permet d'améliorer les difficultés de son exposition lors de la laryngoscopie ou d'une intubation. L'épiglotte est volumineuse, longue et courbe. La glotte est antéposée et haute (niveau troisième vertèbre cervicale C3 chez le nouveau-né contre C5 chez l'adulte). L'espace sous-glottique est étroit en raison d'un rétrécissement physiologique au niveau du cartilage cricoïde. Le larynx de l'enfant épouse une forme conique avec pointe vers le bas contrairement à l'adulte qui a un larynx cylindrique. L'axe de la trachée, dirigé en bas et en arrière, est plus vertical que chez l'adulte et n'est pas dans l'axe pharyngé. De plus, le cou est court et l'enfant présente une macroglossie relative : la langue occupe les deux tiers du volume de la bouche jusqu'à l'âge de 2 ans environ, contre un tiers chez l'adulte. Entre 2 et 8 ans, le voile du palais augmente de taille, et très souvent s'y associe une hypertrophie des végétations adénoïdes. Il est important de prendre en compte le caractère dynamique de l'anatomie des VAS. En effet, l'anatomie des VAS se modifie selon l'état physiologique ou lésionnel du patient. Chez l'enfant, certaines pathologies peuvent modifier l'anatomie des VAS au cours de leur évolution.

Particularités physiologiques

Chez le nouveau-né, la respiration est nasale, jusqu'à l'âge de 4 mois en raison des particularités anatomiques évoquées ci-dessus. Le larynx a un rôle physiologique majeur : il est l'organe de phonation mais aussi de respiration, de déglutition et de toux. Le larynx de l'enfant est très réflexogène aux stimulations et provoque facilement un laryngospasme, contrairement à l'adulte chez qui l'agression laryngée est tussigène.

La capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) qui reflète les réserves en oxygène est d'autant plus faible que l'enfant est jeune, ce qui entraîne une désaturation artérielle en oxygène rapide et raccourcit le temps d'apnée tolérable. A contrario, la CRF basse permet de raccourcir le temps de dénitrogénation lors de l'induction anesthésique. La ventilation alvéolaire (VA) et la ventilation minute sont d'autant plus élevées que l'enfant est petit. Le rapport VA/CRF est 4 fois plus élevé chez le nouveau-né que chez l'adulte. Le volume courant étant constant, la VA nécessaire est assurée par une fréquence respiratoire élevée. La consommation d'oxygène (VO_2) est 2 à 3 fois supérieure

chez l'enfant que chez l'adulte (10 à 14 ml/kg/min chez le nourrisson versus 3 à 4 ml/kg/min chez l'adulte) [2].

L'hémoglobine fœtale F très affine pour l'oxygène est progressivement remplacée par l'hémoglobine adulte A dans les premiers mois de vie. Les désaturations apparaissent plus rapidement chez l'enfant, étant données la VO_2 élevée et les réserves en O_2 basses.

Chez l'enfant, la compliance thoracique est augmentée, en raison du caractère déformable de la paroi thoracique non totalement ossifiée. En revanche, la compliance pulmonaire est diminuée, du fait du faible volume pulmonaire. Les muscles intercostaux jouent un rôle essentiel dans la stabilité et la dynamique de la cage thoracique. Par conséquent, toute diminution du tonus intercostal se traduit par une déformation thoracique (entonnoir xyphoïdien, tirage intercostal) et une augmentation du travail respiratoire.

Le maintien d'une ventilation spontanée de façon prolongée chez un enfant anesthésié expose à un fort risque d'épuisement.

Facteurs de risque de complications respiratoires périopératoires

Les agents de l'anesthésie

Les médicaments utilisés pour l'anesthésie générale (hypnotiques, morphiniques et a fortiori curares) sont tous dépresseurs du tonus des muscles pharyngo-laryngés, à l'exception de la kétamine [3]. Les structures pharyngo-laryngées ont donc tendance à s'affaisser, en particulier la langue qui bascule vers l'arrière. Les conséquences sont : l'élévation des pressions inspiratoires et une obstruction pharyngée, qui nécessite souvent l'introduction d'une canule oropharyngée. L'effet apparaît dès une faible posologie de médicaments anesthésiques et se manifeste par une respiration paradoxale. Ensuite survient une bascule postérieure de la langue, en raison de l'affaiblissement des muscles dilatateurs du pharynx et cet effet obstructif est dose-dépendant. Des manœuvres externes simples et utilisées en routine permettent de lever l'obstruction des VAS chez l'enfant sédaté ou anesthésié : l'élévation du menton, la luxation antérieure de la mandibule et la canule oro-pharyngée, qui permet ainsi de diminuer la pression télé-inspiratoire.

Le terrain

Lors de la consultation d'anesthésie, plusieurs critères respiratoires doivent être recherchés en fonction du contexte. En cas de chirurgie réglée, les critères d'intubation difficile et de ventilation difficile doivent être soigneusement recherchés. De façon plus générale, chez l'enfant la perméabilité des VAS est un élément très important et difficile à évaluer. De même, l'état ventilatoire basal de l'enfant doit être précisé car certaines situations conduisent à réaliser une anesthésie générale chez des enfants dont le statut respiratoire n'est pas parfait, amenant à anticiper la survenue de complications per- et/ou post-opératoires. Les modalités de maîtrise des voies aériennes, d'induction et d'entretien de l'anesthésie qui en découlent doivent être envisagées en fonction des besoins chirurgicaux et de l'état respiratoire de l'enfant. En contexte d'urgence, l'évaluation est identique avec en sus les particularités de l'estomac plein et la recherche d'un éventuel traumatisme maxillo-facial et/ou cervical, dont il faudrait tenir compte.

Une situation très fréquente d'obstruction aiguë des voies aériennes supérieures de l'enfant est celle de l'enfant enrhumé. La rhinopharyngite de l'enfant est d'origine

virale dans 90 % des cas et peut être associée à une atteinte plus distale de l'arbre respiratoire. Le risque de complications respiratoires est majoré lors d'une infection des VAS. Bien que ces complications aient une évolution favorable dans la grande majorité des cas, le challenge est de sélectionner ou de récuser les patients selon certains critères. Dans la littérature, les décès survenus en contexte d'infection des VAS ne sont pas imputables à cette seule infection mais à une tare associée ou à un défaut de moyens de prise en charge. A contrario, la morbidité attribuée aux infections des VAS n'est pas un événement négligeable [4]. L'incidence est difficile à préciser étant données les définitions disparates de l'infection des VAS dans les études. Les complications respiratoires décrites sont le laryngospasme, le bronchospasme, la désaturation artérielle en oxygène. Ces événements indésirables surviennent 2 à 7 fois plus souvent chez les enfants atteints d'infection des VAS que chez les enfants sains dans une étude à fort échantillon (1283 enfants infectés, 20 876 enfants contrôle) [5]. La physiopathologie de l'infection des VAS repose sur une hyperréactivité bronchique (HRB) qui persiste 6 à 8 semaines, donc après la guérison clinique. La bronchoconstriction est induite par l'histamine essentiellement mais aussi par une cascade de protéines de l'inflammation avec une participation vagale. La résultante est une élévation des résistances pulmonaires, des rapports ventilation-perfusion modifiés, une CRF altérée avec un syndrome obstructif. L'HRB est un mauvais facteur de conditionnement des voies aériennes qui vont être irritées par le matériel de ventilation et/ou les gaz anesthésiques. L'absence de toux au cours de l'anesthésie générale favorise l'encombrement bronchique par la diminution du flux muco-ciliaire avec possible formation de bouchons muqueux et d'atélectasies. La perte de la déglutition aggrave l'encombrement rhinopharyngé et provoque une obstruction des VAS gênante en phase de réveil.

Un examen clinique attentif de l'enfant lors de la visite pré-anesthésique est essentiel. Une radiographie thoracique n'est pas systématique mais peut être indiquée en cas de toux ou de suspicion de foyer pulmonaire. La présence d'une rhinorrhée et/ou d'une toux irritative doit poser la question du stade dans l'histoire naturelle de l'infection des VAS. En effet, ces symptômes peuvent être les premiers signes d'une infection plus sévère en cours de constitution et le risque de morbi-mortalité est alors accru. Une étude portant sur 2051 enfants recherchant des critères prédictifs de complications respiratoires a retrouvé comme facteurs pertinents : lorsque les parents qualifient leur enfant d'« enrhumé », le ronflement, le tabagisme passif, une toux productive, une congestion nasale [6]. Paradoxalement dans cette étude, des antécédents d'infection des VAS dans les 6 semaines précédant l'intervention ne majorait pas le risque de complications. Dans une autre série plus large (15 193 enfants) l'infection récente des VAS ne ressort pas non plus comme facteur de risque ; les facteurs retrouvés étant l'âge inférieur à 1 an, l'inexpérience de l'anesthésiste et une infection des VAS en cours [7]. En pratique, la question principale est celle de récuser ou non l'enfant. Les enquêtes de pratique montrent une forte variabilité entre les anesthésistes, en particulier en fonction de leur expérience. D'après une étude américaine, les praticiens les plus expérimentés sont les plus enclins à récuser les patients dans le cas d'infection des VAS. Les critères de report sont la fièvre, une toux productive, une auscultation pulmonaire anormale (râles bronchiques ou sibilants). Le délai de report de l'intervention est alors de 3 à 4 semaines en moyenne. L'enfant qui présente simplement un encombrement nasal doit être évalué en fonction de son état basal et de la chirurgie. En effet, il est souvent vain de reporter l'intervention d'un enfant enrhumé de façon chronique et programmé pour une chirurgie des VAS (paracentèse, aérateurs trans-tympaniques, amygdalectomie, adénoïdectomie) car l'amélioration attendue viendra justement de la

chirurgie. Dans les autres cas moins caricaturaux, c'est la balance bénéfice/risque qui orientera la décision de maintien ou de report de l'intervention. Les modalités d'induction et d'entretien de l'anesthésie générale chez l'enfant enrhumé ne sont pas définies. L'administration de sévoflurane a un intérêt sur la bronchodilatation mais l'induction inhalatoire est ralentie par l'obstruction des voies aériennes supérieures. Lorsqu'une anesthésie locorégionale est possible, elle est une excellente alternative à l'anesthésie générale. Le cas échéant, une analgésie locorégionale couplée à l'anesthésie générale permet une épargne morphinique mais nous ne disposons pas de données épidémiologiques sur l'incidence des événements respiratoires dans ce cadre.

Chez l'enfant enrhumé, le masque laryngé provoquerait moins de complications respiratoires que l'intubation trachéale. Mais les résultats sont discordants selon les études au sujet de l'incidence des complications respiratoires et des désaturations lors de l'utilisation du ML ou du tube endotrachéal chez l'enfant ayant une infection respiratoire récente [8]. Une moindre incidence de désaturation en oxygène ainsi qu'une moindre incidence de complications respiratoires ont été retrouvées par Tait et al. lors de l'utilisation du ML plutôt que du tube endotrachéal chez l'enfant ayant une infection respiratoire récente [9]. Malgré tout, il survient plus de complications respiratoires, laryngospasme et toux, sous ML chez les enfants qui présentent une infection récente des voies aériennes que chez les enfants sains.

Stratégie de contrôle des voies aériennes de l'enfant

La stratégie de contrôle des voies aériennes doit tenir compte du terrain (âge de l'enfant, pathologie sous-jacente, critères d'intubation difficile, enfant enrhumé, etc.) et de la chirurgie (nature, durée, position opératoire). Chez l'enfant, deux contraintes supplémentaires sont à prendre en compte par rapport à l'adulte : un faible espace-mort et des résistances aériennes élevées.

L'intubation trachéale

Elle permet un contrôle efficace et stable des VAS. Ses indications sont larges chez l'enfant. Actuellement, les sondes trachéales les plus utilisées sont les sondes à ballonnet ; elles ont supplanté les sondes sans ballonnet lorsqu'il a été démontré que l'incidence des complications laryngo-trachéales de ces deux types de matériel était comparable [10]. Les avantages des sondes à ballonnet sont : la diminution du nombre de ré-intubations pour obtenir la sonde du calibre le mieux adapté, et donc la diminution du risque d'œdème sous-glottique, la diminution du risque d'inhalation gastrique, la diminution de la pollution et donc la baisse du coût des anesthésiques volatils et enfin un monitorage ventilatoire de meilleure qualité en spirométrie. Les sondes trachéales à ballonnet utilisées doivent impérativement être pourvues de ballonnets dits « haut volume et basse pression ». Les bonnes pratiques exigent que la pression du ballonnet soit monitorée afin de maintenir une pression inférieure à 20 cm H_2O. En effet, des pressions supérieures provoquent une ischémie de la muqueuse trachéale et peuvent engendrer des lésions trachéales à plus long terme. La pression du ballonnet n'étant pas constante au cours de l'anesthésie, en particulier lors de l'usage de protoxyde d'azote, il convient de la contrôler.

En pédiatrie, la taille de la sonde d'intubation est un élément très important. Le choix de la taille de la sonde d'intubation a pour but d'assurer une étanchéité correcte des VAS tout en évitant les complications laryngo-trachéales. Plusieurs formules ont été proposées selon la présence ou non d'un ballonnet, en fonction de l'âge ou du poids

[10,11]. La taille correspond au diamètre interne de la sonde en millimètres ; cependant en fonction de l'épaisseur de la sonde, du matériau utilisé et du fabricant, le diamètre externe peut varier. Or, c'est ce diamètre et le ballonnet qu'il faut considérer dans la prévention des complications de l'intubation. L'intubation nasale a des indications limitées du fait de son caractère laborieux, traumatique et septique. La réalisation de cette intubation est plus longue que par voie oro-trachéale, elle nécessite l'utilisation d'une pince de Magyll qui est potentiellement vulnérante pour le ballonnet, elle peut être rendue difficile par un saignement des fosses nasales, et elle est un facteur de risque de sinusite voire de translocation bactérienne. Cependant, l'intubation naso-trachéale est indiquée lorsque la sonde est précieuse et nécessite une sécurité de fixation optimale ou lorsque la cavité buccale doit rester libre pour les besoins de la chirurgie. En contexte d'estomac plein, la sonde endo-trachéale à ballonnet est de rigueur afin d'éviter l'inhalation gastrique [12].

Les techniques alternatives à l'intubation trachéale

Masque facial

Le masque facial est un matériel indispensable à toute anesthésie. C'est la première interface de ventilation, utilisée dès la pré-oxygénation avant l'induction anesthésique du patient. Ce premier élément est rarement utilisé seul, à l'exception d'interventions extrêmement courtes avec maintien de la ventilation spontanée. Dans tous les autres cas, il est relayé par un autre dispositif de ventilation (sonde d'intubation trachéale ou dispositif supra-glottique).

Masque laryngé (ML)

Le ML a un champ d'application large en anesthésie pédiatrique. D'une part, parce qu'il est l'alternative la plus courante à l'intubation trachéale en cas de difficultés d'intubation. D'autre part, parce qu'il est utilisable en ventilation spontanée comme en ventilation contrôlée, trouvant donc de nombreuses indications. Ses avantages par rapport au masque facial sont la liberté des mains de l'équipe d'anesthésie, une meilleure oxygénation du patient et une moindre pollution atmosphérique par les gaz anesthésiques. Idéalement, c'est un système étanche ou à fuite minimale, ce qui rend fiable le monitorage des gaz et donc la $FeCO_2$ qui est un bon reflet de la $PaCO_2$. Par ailleurs, le ML est mieux toléré que la sonde trachéale, nécessitant une profondeur d'anesthésie moindre, d'où une réduction de la consommation d'anesthésiques et une incidence de toux au réveil plus faible. L'induction au sévoflurane n'a pas d'influence sur la qualité de l'insertion du ML par rapport à une induction intra-veineuse. Le succès de l'insertion d'un ML tient à la profondeur d'anesthésie et en particulier à la suppression des réflexes des VAS. Il n'est pas nécessaire d'administrer un myorelaxant pour insérer un ML. L'entretien de l'anesthésie se faisant avec une plus faible concentration d'agents anesthésiques, le ML est la technique de choix pour maintenir une ventilation spontanée. L'activité diaphragmatique per-opératoire prévient ainsi la formation d'atélectasies. De plus, une aide inspiratoire peut être instaurée chez l'enfant anesthésié en ventilation spontanée sur ML, afin de réduire le travail respiratoire et d'améliorer les échanges gazeux. Comparé à l'intubation, le ML est considéré comme moins traumatique, avec une insertion plus aisée. Bien qu'il épargne théoriquement la glotte, le ML peut provoquer des effets indésirables tels que maux de gorge et enrouements. Différentes techniques d'introduction du ML ont été décrites. Les effets indésirables locaux surviennent moins fréquemment après utilisation d'un ML qu'avec les sondes trachéales. La prévention de ces effets indésirables passe par le respect des volumes de gonflage du ballonnet et sur-

tout le monitorage continu de la pression du ballonnet afin de maintenir une pression inférieure à 60 cm H_2O. Comme pour les sondes trachéales à ballonnet, ce monitorage doit être utilisé largement en routine et de façon systématique en cas d'utilisation de protoxyde d'azote. La réduction du risque d'oedème laryngé est d'autant plus importante que l'enfant est petit. D'autres effets indésirables peuvent survenir en cas de surpression du ballonnet du ML [13]. Lorsque des pressions d'insufflation élevées sont nécessaires pour une bonne ventilation ou en l'absence d'une étanchéité correcte, une distension gastrique et des régurgitations peuvent apparaître. Les études effectuées chez l'enfant comme chez l'adulte montrent qu'il n'y a pas de risque de distension gastrique pour des valeurs de pression de ventilation inférieures à 20 cm H_2O. En ce qui concerne le risque de régurgitation et d'inhalation bronchique, la méta-analyse de Brimacombe retrouve une incidence d'inhalation avec le ML de 2 pour 10 000 anesthésies, soit un chiffre comparable à celui du masque facial et de la sonde trachéale [14]. Par conséquent, le respect des contre-indications classiques au ML (estomac plein, hernie hiatale, toute situation à risque de pression intra-abdominale élevée, position du patient) garantit un faible risque de régurgitations. Pour le retrait du ML, il est préconisé chez l'enfant endormi plutôt que réveillé. De plus, l'application locale de lidocaïne semble réduire l'incidence de survenue de toux chez les enfants. Les études sont divergentes à propos de l'incidence du laryngospasme sous ML. La survenue de laryngospasme et de désaturation semble moins fréquente lorsque le ML est retiré sur un enfant endormi. Ceci a surtout été décrit lors d'anesthésie générale entretenue par isoflurane, ce qui s'accompagnait théoriquement d'une hyperréactivité bronchique importante comparé au sévoflurane.

Le ML est un instrument de ventilation très intéressant de par sa facilité d'utilisation, sa relative innocuité et son efficacité. Le risque de transmission d'agents non conventionnels a entraîné le développement de plusieurs modèles pédiatriques de ML jetables, dont l'efficacité est équivalente à celle des ML à usage multiple dans les études chez l'adulte. Le ML existe également en version pédiatrique avec un canal pour vidange gastrique (type Proseal®) mais il n'est pas une alternative à l'intubation endo-trachéale en cas d'estomac plein, sauf en cas d'intubation impossible [15, 16]. Le masque laryngé pour intubation (LMA type Fastrach®) existe en trois tailles (3, 4, 5) et seule la taille 3 est utilisable chez l'enfant à partir d'un poids de 30 kg. D'autres dispositifs supra-glottiques existent comme le Combitube® ou le Cobra Perilaryngeal Airway® mais sont peu utilisés en routine chez l'enfant [17].

Cricotomie et trachéotomie

La trachéotomie peut être indiquée chez l'enfant dans plusieurs cas de figure : obstruction des voies aériennes supérieures, obstruction des voies aériennes inférieures, absence d'autonomie respiratoire.

L'obstruction des voies aériennes supérieures peut avoir plusieurs causes (cf. §). L'obstruction chronique des voies aériennes de l'enfant conduisant à un véritable syndrome d'apnées obstructives du sommeil (SAOS) peut amener à porter l'indication d'une trachéotomie mais nous n'aborderons pas ce sujet. Signalons simplement que les patients souffrant de cette pathologie sont éventuellement candidats à la trachéotomie avant une chirurgie lourde programmée. De même, comme chez l'adulte, l'indication de trachéotomie peut être posée pour la prise en charge post-opératoire d'une chirurgie cervicale qui présente un fort risque d'obstruction des voies aériennes supérieures par l'œdème post-opératoire. Chez l'enfant, peu de situations chirurgicales sont concernées en dehors de la chirurgie laryngée supra-glottique et supra-cricoïdienne. La tra-

chéotomie peut aussi être réalisée dans le cadre de l'urgence, en cas d'impossibilité de ventilation et d'intubation du patient.
Une autre situation est celle d'obstruction des voies aériennes inférieures en raison de troubles de la déglutition. De nombreuses pathologies neurologiques exposent à cette situation, au premier rang desquelles les encéphalopathies. La survenue de troubles de déglutition peut être très précoce dans le développement, dès la première année de vie, à l'image des dysfonctionnements du tronc cérébral avec dysphagie et glossoptose. La trachéotomie, souvent associée à une gastrostomie a alors pour but de prévenir les pneumopathies d'inhalation itératives par fausses routes répétées. Selon la pathologie en cause, la trachéotomie est provisoire ou définitive.
Enfin, comme chez l'adulte, l'absence d'autonomie respiratoire avec échec de sevrage de la ventilation mécanique est une indication à la trachéotomie. L'étiologie est soit centrale (représentée par le syndrome d'Ondine), soit obstructive, soit restrictive voire mixte.

Particularités de la ventilation uni-pulmonaire

Depuis une quinzaine d'années, le développement de la chirurgie par thoracoscopie a élargi les indications de ventilation sélective y compris en chirurgie pédiatrique. Les indications principales sont les biopsies pulmonaires, les segmentectomies ou lobectomies (carcinologiques, malformatives ou infectieuses) et la chirurgie rachidienne par voie antérieure. Des études rapportent également des cas de ventilation uni-pulmonaire pour fermeture de canal artériel et cure de hernie hiatale.
Différentes techniques ont été décrites chez l'enfant pour assurer une ventilation sélective [18]. Le tube endo-trachéal double lumière couramment utilisé chez l'adulte ne peut être introduit que chez le grand enfant. Il comporte deux tubes accolés en canon de fusil puis qui se séparent, avec ou sans ergot pour la carène, de longueur différentes et qui portent chacun un ballonnet basse pression. Le ballonnet trachéal gonflé permet une ventilation en pression positive. Le gonflement du ballonnet bronchique permet une étanchéité du poumon opposé exclu et opéré dans le but d'éviter l'inhalation de sang et/ou de pus dans le poumon contro-latéral. Le tube double lumière est introduit selon la même technique que chez l'adulte et selon le modèle droit ou gauche. L'avantage du tube double-lumière est la possibilité de passer rapidement d'une ventilation uni-pulmonaire à une ventilation bi-pulmonaire. De plus, il permet une aspiration trachéale bilatérale et éventuellement l'application d'une pression positive continue (CPAP) au poumon non opéré. Les tubes double lumière gauches (type Carlens®) sont généralement préférés aux droits (type White®) en raison de la longueur de la bronche souche droite et de l'émergence très proximale de la bronche lobaire supérieure droite, ce qui expose au risque d'obstruction du lobe supérieur droit. Les plus petits tubes double lumière sont de calibre 26 F, ce qui correspond à un tube endo-trachéal simple lumière de 6 mm de diamètre interne. Par conséquent, ils ne sont utilisables que chez des enfants âgés au moins de 8 ans. Pour la profondeur d'insertion du tube double lumière, des abaques existent chez l'adulte en fonction de la taille. De telles données n'existant pas chez l'enfant, il est impératif de contrôler la position de la sonde double lumière par fibroscopie. Le cas échéant, une « épreuve aux bulles » pour vérifier que la déflation du poumon à exclure est complète sera réalisée en clampant le raccord dévolu à ce poumon et en laissant ouverte la lumière du tube correspondante.
Pour les petits enfants ne pouvant pas bénéficier de tube endo-trachéal double lumière, des techniques de ventilation simple lumière sont proposées. La méthode la plus simple consiste à intuber volontairement de façon sélective la bronche souche du

poumon non opéré avec une sonde endo-trachéale simple lumière à ballonnet afin de protéger le poumon ventilé du poumon opéré. Un contrôle fibroscopique permet de vérifier la position de la sonde. Une technique de double intubation avec une sonde de petit calibre dans chacune des bronches souches a également été décrite. Les bloqueurs bronchiques sont la principale alternative aux tubes à double lumière. La technique consiste à intuber le patient avec une sonde trachéale simple lumière classique puis à introduire un cathéter bloqueur dans la bronche choisie. La fibroscopie trouve encore sa place pour le placement et le contrôle du bloqueur. Le tube Univent® est un tube endo-trachéal simple lumière avec une seconde lumière contenant un tube qui peut être introduit dans une bronche. Un ballon à l'extrémité distale de ce petit tube fait office de bloqueur lorsqu'il est gonflé. Ce tube Univent® existe pour la plus petite taille en diamètre interne de 3,5 mm, utilisable à partir de l'âge de 6 ans. Son inconvénient est la solidarité entre la sonde principale et le tube bloqueur, rendant la mobilisation de celui-ci plus délicate que les bloqueurs classiques. Le tube d'Arndt® s'adapte sur une sonde d'intubation standard avec un canal pour le fibroscope et un canal pour le cathéter bloqueur. À l'extrémité du bloqueur, un lasso permet au fibroscope d'être solidaire du cathéter bloqueur et de le descendre vers la bronche à occlure. L'avantage de cette technique par rapport aux tubes à double lumière est d'éviter la ré-intubation en fin d'intervention lorsque l'extubation n'est pas possible ou souhaitée [19].

Obstruction des voies aériennes chez l'enfant

L'obstruction des VAS de l'enfant peut être aiguë ou chronique. L'obstruction aiguë a plusieurs causes parmi lesquelles le corps étranger trachéo-bronchique, le laryngospasme, l'infection des voies aériennes supérieures (laryngite, épiglottite, rhinopharyngite). L'obstruction aiguë des voies aériennes de l'enfant a été illustrée dans le paragraphe « le terrain » par le rhume de l'enfant.

L'obstruction chronique des voies aériennes de l'enfant est rencontrée dans plusieurs situations parmi lesquelles : les malformations crânio-faciales (syndrome de Pierre Robin, syndrome d'Apert, etc.), la sténose laryngée ou trachéale haute, la paralysie des cordes vocales, le diastème laryngé, la laryngo-trachéomalacie ou la trachéo-bronchomalacie, les angiomes sous-glottiques.

L'intubation difficile de l'enfant

La conférence d'experts de 2006 [20] définit l'intubation difficile (ID) comme suit, adulte comme enfant : elle nécessite plus de deux laryngoscopies et/ou la mise en œuvre d'une technique alternative après optimisation de la position de la tête, avec ou sans manipulation laryngée externe. L'incidence de l'intubation difficile chez l'enfant n'est pas chiffrée dans la littérature. Elle est très variable d'un centre hospitalier à un autre en fonction du recrutement des patients. Les critères prédictifs de l'intubation difficile identifiés chez l'adulte ne sont pas facilement transposables à l'enfant, en particulier la classification de Mallampati. Néanmoins, certains critères comme l'ouverture de bouche ou les dysmorphies faciales sont soit évidents soit à rechercher systématiquement lors de la consultation d'anesthésie. Les critères retenus pour l'enfant par la conférence d'experts sont : une dysmorphie faciale, une distance thyro-mentonnière inférieure à 15 mm chez le nouveau-né, 25 mm chez le nourrisson, 35 mm chez l'enfant de moins de 10 ans, une ouverture de bouche inférieure à 3 travers de doigt et un ronflement nocturne. L'ID de l'enfant est dans la très grande majorité des cas prévisible. On peut classer grossièrement les pathologies à risque d'ID comme suit : les dysmor-

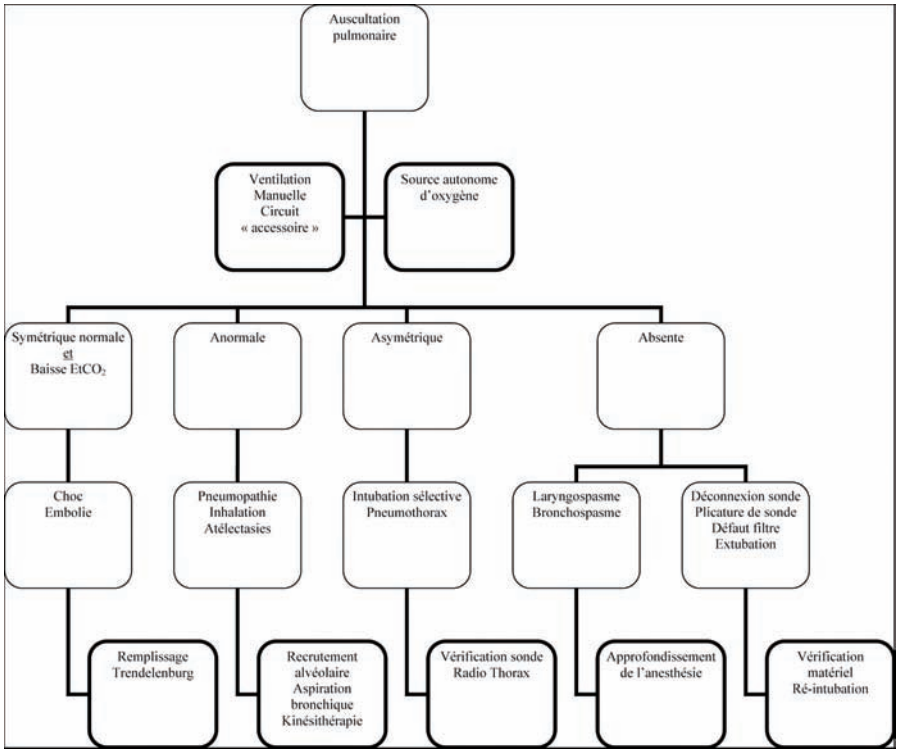
phies crânio-faciales (fentes labio-maxillo-palatines, syndromes avec hypoplasie mandibulaire, craniosténoses avec atteinte faciale), les maladies de surcharge (mucopolysaccharidoses), les maladies inflammatoires avec atteinte rhumatologique (arthrite chronique juvénile), les malformations vasculaires, les tumeurs cervico-faciales, les rétractions cutanéo-muqueuses (brûlures, épidermolyse bulleuse). Les techniques les plus simples pour l'aide à l'intubation sont les manœuvres externes telles que la pression sur le cartilage cricoïde (BURP : Backward Upward Right Pressure) et la position de Jackson modifiée. Dans le cas d'une intubation difficile prévue, la fibroscopie a une place de choix. Difficilement réalisable chez un enfant vigile, elle est pratiquée sous sédation avec maintien de la ventilation spontanée, sous sévoflurane. C'est la méthode de référence et elle peut être couplée à une anesthésie locale (lidocaïne jusqu'à une dose maximale de 3 mg/kg). Contrairement à une induction par inhalation classique, la mise en place d'une voie veineuse avant l'induction est conseillée. L'objectif principal étant de maintenir une oxygénation satisfaisante, les algorithmes décisionnels doivent prendre en compte toutes les situations difficiles et le type de patient. Ainsi, figure en première position la ventilation au masque facial en cas d'échec d'intubation, même en contexte d'estomac plein. Vient ensuite le mandrin d'Eschmann disponible en plusieurs tailles jusqu'au modèle acceptant une sonde trachéale de 3 mm de diamètre interne. En cas d'intubation impossible mais avec une oxygénation maintenue par la ventilation manuelle au masque facial, un dispositif supra-glottique doit être envisagé. Le masque laryngé pour intubation (MLI type Fastrach®) est utilisable chez des enfants de plus de 30 kg ; en dessous de ce poids, un masque laryngé est utilisé. Des techniques d'oxygénation de sauvetage en cas de ventilation impossible sont également disponibles pour le milieu pédiatrique. Le Manujet® est fourni avec 3 canules de Ravussin de tailles différentes pour un abord trans-trachéal de secours. Plusieurs fabricants ont développé des sets de cricothyrotomie pour usage pédiatrique. Il ne faut retenir que ceux dont la pose utilise une méthode de Seldinger. Bien que la conférence d'experts ne conseille pas l'oxygénation trans-trachéale ni la cricothyroïdotomie chez le très jeune enfant, ces techniques peuvent être la seule alternative en cas de ventilation impossible et d'inaccessibilité à une trachéotomie chirurgicale en urgence. Toute intubation difficile implique une extubation à risque. Cette phase critique doit elle aussi s'accompagner d'une évaluation et d'un algorithme décisionnel [21,22].

Désaturation

La désaturation artérielle en oxygène est un événement fréquent chez l'enfant. Elle peut survenir tout au long de l'anesthésie générale et au décours de celle-ci mais sa fréquence maximale se situe à l'induction et/ou l'intubation. Les incidents de désaturation surviennent dans 4 à 10 % des cas à l'intubation et 20 % lors de l'extubation trachéale [20]. Ceci s'explique par les particularités physiologiques de l'enfant ; les réserves d'oxygène étant d'autant plus faibles que l'enfant est petit. Un travail expérimental de simulation conforte cet état de fait : la PaO_2 chez l'enfant apnéique diminue d'autant plus vite que l'enfant est petit [23]. Le nourrisson et le nouveau-né sont identifiés comme des facteurs de risque de désaturation à l'intubation [20]. Les autres facteurs de risque sont : la classe ASA III et IV, l'enfant ronfleur, l'enfant atteint d'une infection des VAS. Malgré une dénitrogénation bien conduite, une désaturation peut survenir chez le nourrisson et l'enfant atteint d'une infection des VAS. C'est pourquoi la pré-oxygénation a un rôle capital pour limiter la durée ou la profondeur des épisodes de désaturation. La durée de pré-oxygénation en FiO_2 à 100 % recommandée chez l'enfant est de 2 min et il n'y a aucun bénéfice à prolonger cette durée à 3 min [20]. En réalité, le délai pour atteindre

une FeO_2 à 90 % est croissant avec l'âge : environ 36 s chez le nourrisson, 40–50 s de 2 à 5 ans, 70 s au-delà de 5 ans [24]. Chez un enfant apnéique dont la SpO_2 descend en-dessous de 95 %, il convient impérativement de reprendre une ventilation manuelle en FiO_2 100 %, même en cas d'estomac plein, car la désaturation va se poursuivre pendant la vingtaine de secondes suivantes jusqu'à un nadir de 80 % puis remonter dans les 20 s suivantes. La conduite thérapeutique en cas de désaturation d'un enfant découle d'une analyse rapide de la situation. Le diagnostic étiologique de la désaturation doit être conduit de façon hiérarchisée, en prenant en compte tous les maillons de la chaîne ventilatoire. Il convient de vérifier le patient et le matériel. Nous proposons un schéma simple de prise en charge d'une désaturation artérielle en oxygène per-anesthésique basée sur l'auscultation pulmonaire en *figure 1*. L'observation et l'auscultation du

Figure 1. Conduite à tenir en cas de désaturation artérielle en oxygène per-anesthésique.



patient renseignent sur le degré de cyanose et la ventilation. À l'induction anesthésique, la forte incidence de laryngospasme et bronchospasme doit d'abord faire rechercher ces diagnostics ; leur traitement repose notamment sur un approfondissement de l'anesthésie [25]. Tout le circuit de ventilation, depuis l'interface patient/respirateur jusqu'au respirateur lui-même, doit être scrupuleusement vérifié. Un problème technique du respirateur ou au niveau de ses tuyaux est diagnostiqué par une ventilation manuelle sur le circuit accessoire. Au cours de l'anesthésie générale, des épisodes de désaturation peuvent également survenir, en raison des altérations de la mécanique ventilatoire induites par les médicaments anesthésiques, la ventilation mécanique, la

position du patient, voire la chirurgie. Tous ces facteurs conduisent à la formation d'atélectasies qui amputent encore la CRF et altèrent les rapport ventilation/perfusion de façon diffuse et inhomogène. Pour lutter contre ce phénomène d'atélectasies, plusieurs moyens ont été décrits essentiellement chez l'adulte. Tout d'abord, il convient de diminuer la FiO_2 après l'induction car si une ventilation en oxygène pur est indispensable avant la période d'apnée, son maintien est délétère car il favorise la constitution d'atélectasies. Afin de lever ces atélectasies ou de prévenir leur formation, des manœuvres de recrutement alvéolaire sont nécessaires. La plus couramment répandue est le maintien d'une pression expiratoire positive (PEP). Chez l'enfant, l'application d'une PEP en FiO_2 à 1 à l'induction s'est montrée efficace pour la prévention des atélectasies pour des valeurs élevées (6 cm H_2O). La PEP est un bon moyen de prévention des atélectasies mais ne semble pas suffisante pour un traitement « curatif » de celles-ci. Pour lever des atélectasies, il convient de réaliser des manœuvres de recrutement alvéolaire. De nombreux schémas existent dans la littérature adulte, avec des niveaux de pression inspiratoire et des durées télé-inspiratoires variables. Chez l'enfant, les paramètres du recrutement alvéolaire ne sont à l'heure actuelle ni chiffrés, ni recommandés. Néanmoins, il est légitime de penser que les manœuvres de recrutement sont au moins aussi bénéfiques que chez l'adulte. Le problème est de définir des niveaux de pression inspiratoire les plus bas possibles pour obtenir l'effet escompté sans engendrer de conséquences délétères barotraumatiques. Une fois les atélectasies levées, et afin que l'effet du recrutement alvéolaire perdure, il convient d'appliquer également une PEP et de réduire la FiO_2. Certaines contraintes (pression sous les écarteurs, posture du patient) participant aux phénomènes d'atélectasies ne peuvent être évitées en phase per-opératoire. L'inhalation de liquide gastrique peut provoquer des altérations des échanges gazeux de façon immédiate ou retardée. Son traitement étant essentiellement préventif, sa survenue impose un traitement symptomatique en fonction de la sévérité de l'atteinte. Enfin, la désaturation artérielle en oxygène peut être d'origine vasculaire. L'embolie gazeuse est à suspecter dans des circonstances particulières de chirurgie, lorsque l'effraction vasculaire se situe au dessus du niveau du cœur. Le diagnostic est en général aisé et la désaturation est précédée d'une chute brutale de la $FeCO_2$. Le retentissement clinique est proportionnel au volume gazeux qui passe dans la circulation veineuse. Le traitement repose sur une ventilation en oxygène pur, une aspiration des bulles par cathéter central s'il y a lieu, une installation en Trendelenburg. D'autres causes plus rares de désaturation sont l'embolie graisseuse et le pneumothorax.

Conclusion

La gestion des voies aériennes de l'enfant s'envisage en fonction des contraintes chirurgicales et du terrain du patient. Etant donnée la grande disparité des sujets d'une population pédiatrique, l'enjeu pour l'anesthésiste consiste à ajuster au mieux le matériel et la technique à chaque patient considéré. Malgré l'anticipation des problèmes, les caractères anatomo-physiologiques propres à l'enfant créent des situations à risque d'hypoxie inéluctables, en particulier chez le tout petit. De solides connaissances et une pratique régulière de l'anesthésie pédiatrique devraient permettre d'analyser méthodiquement dans les meilleurs délais les situations critiques afin de réduire la morbidité respiratoire.

Références

1 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 ; 105 : 344-50.

2 Lindahl SG. Oxygen consumption and carbon dioxide elimination in infants and children during anaesthesia and surgery. Br J Anaesth 1989 ; 62 : 70-6.

3 Eikermann M, Jordan AS, Chamberlin NL, Gautam S, Wellman A, Lo YL, et al. The influence of aging on pharyngeal collapsibility during sleep. Chest 2007 ; 131 : 1702-9.

4 Murat I, Constant I, Maud'huy H. Perioperative anaesthetic morbidity in children : a database of 24,165 anaesthetics over a 30-month period. Paediatr Anaesth 2004 ; 14 : 158-66.

5 Cohen MM, Cameron CB. Should you cancel the operation when a child has an upper respiratory tract infection ? Anesth Analg 1991 ; 72 : 282-8.

6 Parnis SJ, Barker DS, Van Der Walt JH. Clinical predictors of anaesthetic complications in children with respiratory tract infections. Paediatr Anaesth 2001 ; 11 : 29-40.

7 Schreiner MS, O'Hara I, Markakis DA, Politis GD. Do children who experience laryngospasm have an increased risk of upper respiratory tract infection ? Anesthesiology 1996 ; 85 : 475-80.

8 von Ungern-Sternberg BS, Boda K, Schwab C, Sims C, Johnson C, Habre W. Laryngeal mask airway is associated with an increased incidence of adverse respiratory events in children with recent upper respiratory tract infections. Anesthesiology 2007 ; 107 : 714-9.

9 Tait AR, Pandit UA, Voepel-Lewis T, Munro HM, Malviya S. Use of the laryngeal mask airway in children with upper respiratory tract infections : a comparison with endotracheal intubation. Anesth Analg 1998 ; 86 : 706-11.

10 Khine HH, Corddry DH, Kettrick RG, Martin TM, McCloskey JJ, Rose JB, et al. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. Anesthesiology 1997 ; 86 : 627-31.

11 Eipe N, Barrowman N, Writer H, Doherty D. A weight-based formula for tracheal tube size in children. Paediatr Anaesth 2009 ; 19 : 343-8

12 Murat I. La protection des voies aériennes supérieures chez l'enfant à estomac plein. Ann Fr Anesth Reanim 2003 ; 22 : 659-62.

13 Thangaswamy CR. Pharyngeal morbidity and the high intracuff pressure of classic laryngeal mask airway. Anesth Analg 2008 ; 107 : 1083-4.

14 Brimacombe J. The incidence of aspiration with the laryngeal mask for ambulatory surgery. Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 1995 ; 30 : 261. 15Cook TM, Gibbison B, Hersch P, Simpson TP. A cohort evaluation of the pediatric ProSeal laryngeal mask airway in 100 children. Paediatr Anaesth 2009 ; 19 : 171-2.

15 Cook TM, Gibbison B, Hersch P, Simpson TP. A cohort evaluation of the pediatric ProSeal laryngeal mask airway in 100 children. Paediatr Anaesth 2009 ; 19 : 171-2.

16 Kelly F, Sale S, Bayley G, Cook T, Stoddart P, White M. A cohort evaluation of the pediatric ProSeal laryngeal mask airway in 100 children. Paediatr Anaesth 2008 ; 18 : 947-51.

17 Szmuk P, Ghelber O, Matuszczak M, Rabb MF, Ezri T, Sessler DI. A prospective, randomized comparison of cobra perilaryngeal airway and laryngeal mask airway unique in pediatric patients. Anesth Analg 2008 ; 107 : 1523-30.

18 Hammer GB. Single-lung ventilation in infants and children. Paediatr Anaesth 2004 ; 14 : 98-102.

19 Marciniak B, Fayoux P, Hebrard A, Engelhardt T, Weinachter C, Horber RK. Fluoroscopic guidance of Arndt endobronchial blocker placement for single-lung ventilation in small children. Acta Anaesthesiol Scand 2008 ; 52 : 1003-5.

20 Société française d'anesthésie et de réanimation, Club d'anesthésie ORL, Club d'anesthésie en obstétrique, Association des anesthésistes-réanimateurs pédiatriques d'expression française, Samu de France, Société française de médecine d'urgence. Intubation difficile. Conférence d'Experts. Ann Fr Anesth Réanim 2008 ; 27 : 3- 62.

21 Suominen P, Taivainen T, Tuominen N, Voipio V, Wirtavuori K, Hiller A, et al. Optimally fitted tracheal tubes decrease the probability of postextubation adverse events in children undergoing general anesthesia. Paediatr Anaesth 2006 ; 16 : 641-7.

22 Markovitz BP, Randolph AG. Corticosteroids for the prevention of reintubation and postextubation stridor in pediatric patients : A meta-analysis. Pediatr Crit Care Med 2002 ; 3 : 223-226.

23 Hardman JG, Wills JS. The development of hypoxaemia during apnoea in children : a computational modelling investigation. Br J Anaesth 2006 ; 97 : 564-70.

24 Morrison JE Jr, Collier E, Friesen RH, Logan L. Preoxygenation before laryngoscopy in children : how long is enough ? Paediatr Anaesth 1998 ; 8 : 293-8.

25 Alalami AA, Ayoub CM, Baraka AS. Laryngospasm : review of different prevention and treatment modalities. Paediatr Anaesth 2008 ; 18 : 281-8.