

## ACTIVITÉS

## Conférences

## VOIES AÉRIENNES

Enfant enrhumé

Dyspnée laryngée

Induction inhalatoire

## PRÉPARATION

## À L'INTERVENTION

Consultation

Règles du jeûne

Bilan para-clinique

Prémédication

CONDUITE À TENIR DEVANT UNE  
DYSPNÉE LARYNGÉE  
PÉRIOPÉRATOIRE

Imprimer



Télécharger

Jean Camboulives, Fabrice Ughetto  
Département d'Anesthésie-Réanimation  
Hôpital La Timone - CHU - Marseille

## INTRODUCTION

Une dyspnée laryngée peut survenir au décours d'une intervention chirurgicale. Le jeune enfant, en raison de la particularité de ses voies aériennes supérieures, présente le risque de développer une symptomatologie respiratoire obstructive dans la période péri opératoire. L'intubation trachéale, qui ne donnera lieu chez l'adulte qu'à un simple enrouement ou à une dysphagie, pourra entraîner un stridor laryngé chez l'enfant. L'incidence des complications respiratoires liées à l'intubation a considérablement diminué lors des dernières années, passant en vingt ans de 1 % à 0,1 % pour une intervention de durée moyenne, si l'on exclue les facteurs de risque. Cependant, une dyspnée laryngée péri opératoire peut être révélatrice d'une pathologie laryngo-trachéale préexistante qu'il importera de reconnaître. Les complications laryngées majeures, comme la sténose sous-glottique surviennent presque toujours en cas d'intubation prolongée dans des contextes particuliers. Le traitement des complications respiratoires postintubation doit être avant tout préventif par le choix approprié du calibre de la sonde, avec ou sans ballonnet, mais permettant une fuite minimale pour une pression d'insufflation de 20-25 cm H<sub>2</sub>O.



Cette conférence  
a été organisée  
le 23 Septembre 2004 à Paris  
et coordonnée par Olivier Paut.

## PARTICULARITES ANATOMIQUES

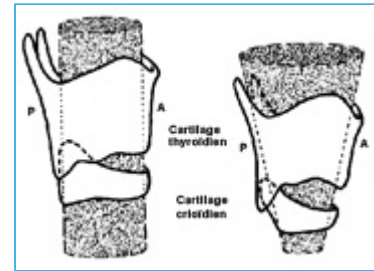
Le développement embryonnaire du larynx se fait entre la 4<sup>e</sup> et la 12<sup>e</sup> semaine, à partir de la lame épithéliale et des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> arcs branchiaux mésenchymateux. Après cette période, le larynx grandit et s'affine seulement, la croissance ultérieure n'étant que le prolongement de la période foeto-embryonnaire. Durant l'enfance, le larynx effectue une descente globale par rapport au rachis cervical.

Cinq particularités anatomiques différencient les voies aériennes du nourrisson de celles de l'adulte et rendent compte des difficultés et des complications de l'intubation trachéale à cet âge :

1. La langue proportionnellement plus volumineuse constitue une gêne à la vision laryngoscopique et la plus courte distance entre la base de la langue et le voile du palais explique la survenue d'obstruction des voies aériennes supérieures lors de l'induction anesthésique.
2. Le larynx du nourrisson est plus antérieur et le plan de la glotte est plus haut (C3-C4) que chez l'adulte (C5-C6). La descente du larynx, de l'ordre d'un corps vertébral, se fait surtout au cours des deux premières années de la vie et sa position reste ensuite statique jusqu'à la puberté.
3. L'épiglotte est large, en forme d'oméga ( $\Omega$ ), souvent asymétrique, parfois anormalement longue (chez l'enfant trisomique 21 notamment).

4. Le plan des cordes vocales n'est pas perpendiculaire à l'axe de la trachée, comme chez l'adulte, mais légèrement oblique en bas et en avant, ce qui explique qu'une sonde d'intubation nasotrachéale, passée à l'aveugle, bute souvent dans la commissure antérieure.

5. La région la plus étroite du larynx ne se situe pas au niveau glottique mais dans la région sous glottique, au niveau du cartilage cricoïde inextensible. Le larynx de l'enfant a une forme grossièrement conique alors qu'il est cylindrique chez l'adulte (Figure 1) [1]. On comprend dès lors pourquoi cette région sous glottique est le siège préférentiel des oedèmes et des sténoses post-intubation chez l'enfant.



La particulière vulnérabilité du larynx de l'enfant s'explique par l'existence d'un tissu conjonctif sous muqueux très lâche à ce niveau qui prédispose certes à la survenue d'oedèmes et rend compte de la plus grande fréquence de laryngite chez le jeune enfant, mais cette muqueuse expose beaucoup moins aux séquelles fibreuses à cet âge. L'étranglement des voies aériennes supérieures constitue un handicap sérieux, car pour une même réduction de calibre (oedème de 1mm par exemple), la diminution de la surface de section est bien plus importante chez le nourrisson (55 %) que chez l'adulte (30 %). Selon la loi de Poiseuille, la résistance à un débit gazeux dans un tube variant de façon inversement proportionnelle à la puissance 4e du rayon, on comprend aisément les conséquences défavorables sur le travail respiratoire d'une réduction de calibre des voies aériennes supérieures chez le jeune enfant (en cas d'oedème laryngé postintubation par exemple).

## DYSPNEE LARYNGEE

### ■ Laryngite post-intubation

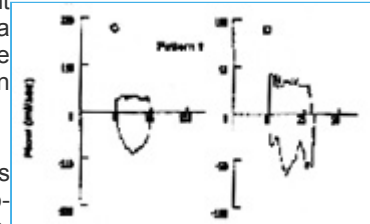
Le diagnostic est avant tout clinique. Les signes apparaissent habituellement dès l'extubation mais peuvent être retardés de plusieurs heures : stridor, voix rauque, toux aboyante et dyspnée inspiratoire. La dyspnée et le stridor sont strictement inspiratoires en cas de laryngite typique, mais peuvent se manifester aux deux temps si l'oedème intéresse non seulement le larynx mais aussi la trachée intra thoracique. Les patients sont bien évidemment surveillés par oxymétrie de pouls pour détecter l'apparition d'une cyanose. L'auscultation évalue la diminution du murmure vésiculaire. Plusieurs échelles destinées à évaluer la gravité d'une laryngite sont retrouvées dans la littérature. Le score de Downes (tableau I) a été proposé pour guider l'attitude thérapeutique en présence d'une dyspnée post-intubation [2].

Symptôme	0	1	2
Stridor	Absent	Inspiratoire	Inspiratoire et expiratoire
Tirage et rétractions	Absent	Sus-sternal	Sous-sternal et intercostal
Toux	Absente	Rauque	Aboyante
Cyanose	Absente	A l'air ambiant	A FiO2 40 %
Murmure vésiculaire	Normal	Rapeux, ronchus	Diminué

D'autres scores, comme celui de Westley, sont utilisés pour évaluer la sévérité des laryngites infectieuses de l'enfant et apprécier l'efficacité des traitements [3]. Le pouls paradoxal, qui est une exagération de la diminution normale de la pression artérielle systolique durant l'inspiration, reflète l'importance de la chute inspiratoire de la pression pleurale en cas d'obstruction des voies aériennes. Habituellement recherché chez le patient asthmatique, il a été proposé

récemment comme mesure objective de la sévérité d'une laryngite chez l'enfant [4]. Dans l'étude de Steele et coll. la valeur moyenne du pouls paradoxal relevée chez 28 enfants présentant une laryngite est de 18 mmHg, nettement plus élevée que dans un groupe contrôle (6 mmHg). La valeur du pouls paradoxal est bien corrélée avec la sévérité de la laryngite évaluée par un score de Westley [4]. D'autres mesures objectives de la sévérité de l'atteinte respiratoire ont été décrites : analyse des gaz du sang, pCO<sub>2</sub> transcutanée, index pression-temps utilisant un cathéter oesophagien et gastrique avec enregistrement des pressions trans-diaphragmatiques, asynchronisme thoraco-abdominal par pléthysmographie.

Les courbes débit-volume au volume courant, obtenues par pneumotachographie, ont été utilisées pour évaluer les anomalies laryngotrachéales chez le jeune enfant y compris le nouveau-né [5,6]. L'aplatissement de la partie inspiratoire ou expiratoire de la courbe permet de situer le niveau de l'obstruction des voies respiratoires et son intensité (Figure 2).



Ces mesures ont été proposées dans l'évaluation d'une pathologie laryngotrachéale (stridor congénital, laryngomalacie, trachéomalacie, arc vasculaire anormal, angiome sous glottique, paralysie des cordes vocales) et pour suivre l'efficacité du traitement.

#### ■ Anomalies laryngo-trachéales

Une dyspnée laryngée péri opératoire peut être révélatrice d'une pathologie laryngo-trachéale préexistante. Les principales causes d'obstruction des voies aériennes chez l'enfant, qu'elles soient congénitales ou acquises sont résumées sur les tableaux II et III.

Tableau II. Principales anomalies congénitales responsables d'obstruction des voies aériennes chez l'enfant.

Atrésie des choanes	Angiome sous-glottique
Paralysie des cordes vocales	Sténose laryngo-trachéale
Laryngomalacie	Arc vasculaire anormal
Diastème laryngo-trachéo-oesophagien	Trachéomalacie
Fistule oeso-trachéale	Cause tumorales
Sténose sous-glottique	Kyste, granulome, lymphangiome

Tableau III. Principales causes d'obstruction acquise des voies aériennes chez l'enfant.

Corps étranger	Allergique
Laryngo-trachéo-bronchite	Sténose sous-glottique post-intubation
Epiglottite	Brûlure
OEdème sous-glottique	Hypertrophie adénoïdienne
Post-intubation	Hypertrophie amygdalienne

La laryngomalacie représente plus de 75 % des causes d'obstruction des voies aériennes des nourrissons. La majorité d'entre eux guérit spontanément de leur stridor congénital au cours des deux premières années de vie. Le diagnostic d'une anomalie congénitale du larynx, en particulier d'une sténose sous glottique, peut être porté de façon fortuite au décours d'une intervention chirurgicale, chez un enfant jusque là asymptotique, à l'occasion de l'intubation trachéale : impossibilité de passer une sonde trachéale de calibre approprié ou laryngite post-intubation sans raison évidente. Le diagnostic sera alors confirmé par un examen laryngoscopique ORL.

## COMPLICATIONS DE L'INTUBATION TRACHEALE

### ■ Intubation de courte durée

Il s'agit habituellement de complications laryngées mineures à type de dyspnée inspiratoire, stridor, tirage, regroupées sous le terme de « croup » par les auteurs anglo-saxons. Ces complications sont plus fréquentes chez le jeune enfant que chez l'adulte. Dans l'étude de référence de Koka, portant sur 7 875 enfants opérés avec intubation trachéale à Boston entre 1973 et 1975, la fréquence des complications respiratoires était de 1 % [7]. A cette époque, les sondes d'intubation ne répondaient pas aux standards actuels et pouvaient encore être réutilisées après décontamination et par ce fait plus irritantes pour les voies aériennes. Dans une étude prospective plus récente portant sur 5 589 enfants étudiés sur une période de 10 mois à l'hôpital d'enfants de Philadelphie, l'incidence de laryngite post-intubation n'est plus que de 0,1 % [8]. Le critère retenu était celui d'un stridor inspiratoire d'au moins 30 min et suffisamment sévère pour nécessiter une humidification et/ou un aérosol d'adrénaline. Dans cette étude, étaient exclus les enfants porteurs d'une atteinte préexistante des voies aériennes et ceux opérés de la sphère ORL.

### ■ Intubation prolongée

Après intubation trachéale prolongée chez l'enfant, le stridor post-intubation est l'une des 3 principales complications, après l'extubation accidentelle et l'obstruction de sonde.

La fréquence du stridor post-intubation après intubation prolongée est bien supérieure à celle retrouvée après une intubation de courte durée. Les valeurs retrouvées dans la littérature vont de 1,5 à 21 % selon l'âge des patients, les facteurs de risque, la durée de l'intubation [9,10]. Cette variabilité dépend également des critères retenus : simple stridor résolutif en quelques heures ou stridor plus intense nécessitant un traitement par aérosol d'adrénaline voire une ré-intubation. Une étude portant sur 2791 enfants intubés en soins intensifs sur une période de 4 ans retrouve une fréquence de stridor post-extubation de seulement 1,5 %, mais suffisamment sévère pour nécessiter une ré-intubation dans la moitié des cas [9]. Cette incidence est bien plus faible que celle des séries antérieures [11,12]. Dans cette série, aucune sténose sous-glottique n'est retrouvée, alors qu'une fréquence de 2 à 4 % a été rapportée après intubation prolongée chez l'enfant. Une étude prospective plus récente, portant sur 500 enfants intubés pendant une durée moyenne de 4 jours, retrouve 2,4 % de stridor post-intubation, nécessitant une ré-intubation chez seulement 2/12 patients [13]. Aucune relation n'était retrouvée entre le stridor post-extubation et l'âge du patient, la taille de la sonde ou la durée d'intubation. Battersby et coll. ne retrouvent pas également de relation entre la durée de l'intubation nasotrachéale et la survenue de stridor [12]. Dans cette série, il s'agissait de nourrissons et de jeunes enfants en postopératoire de chirurgie cardiaque sous circulation extracorporelle et la majorité des patients étaient extubés dans la semaine. Aucun des 30 nouveau-nés ne présentait de stridor, pour des durées d'intubation pouvant dépasser 25 jours.

La complication majeure de l'intubation trachéale reste la sténose sous-glottique. La fréquence réelle des sténoses sous-glottiques après intubation prolongée chez l'enfant est difficile à établir avec précision. Des chiffres de 2 à 8 % ont été rapportés dans les séries anciennes, mais cette fréquence est bien moindre actuellement en raison des progrès visant à réduire la durée et les séquelles de l'intubation trachéale prolongée en pédiatrie. La ventilation mécanique avec fuite, quand les conditions respiratoires le permettent, est le facteur déterminant dans la prévention de ces sténoses. Toute suspicion de sténose laryngo-trachéale impose une exploration au bloc opératoire en micro-laryngoscopie et broncho-trachéoscopie. Il est important de distinguer les lésions encore évolutives oedémateuses granuleuses voire hémorragiques des lésions matures, stables, fibreuses et cicatricielles. Le degré d'obstruction de la filière aérienne est apprécié en se référant à la classification de Cotton [14] (tableau IV). Les sténoses acquises sont plus fréquentes et plus sévères que les sténoses congénitales [15,16].

Tableau IV. Classification des sténoses laryngées de l'enfant selon le degré d'obstruction de la
--

filière aérienne (d'après Cotton)	
Stade	Degré d'obstruction de la lumière trachéale
Grade I	Réduction $\leq$ 70 %
Grade II	Réduction comprise entre 70 et 90 %
Grade III	Réduction de 90 à 99%
Grade IV	Obstruction complète

## FACTEURS DE RISQUES

### ■ Calibre de la sonde d'intubation

La taille excessive de la sonde d'intubation est certainement le facteur de risque de dyspnée postintubation le plus anciennement reconnu. Dans l'étude de Koka, la taille trop importante de la sonde était responsable de la moitié des complications respiratoires [7]. Tous les auteurs insistent sur ce facteur qui semble le plus déterminant dans la constitution de la lésion laryngée initiale [9,11,12].

### ■ Présence d'un ballonnet

Il s'agit d'un vaste débat, réactualisé par des études récentes remettant en question le dogme de l'utilisation préférentielle de sondes d'intubation sans ballonnet chez les enfants de moins de 6 à 8 ans [17,18]. Traditionnellement, seules les sondes d'intubation sans ballonnet sont utilisées chez les jeunes enfants de façon à choisir des sondes de plus gros diamètre et diminuer ainsi les résistances. Le rétrécissement de la région sous glottique chez le jeune enfant permet en effet d'assurer une étanchéité suffisante autour de la sonde d'intubation et d'éviter ainsi d'utiliser une sonde avec ballonnet. Les réticences à l'utilisation des sondes à ballonnet chez l'enfant proviennent d'études chez l'animal ou chez l'adulte montrant que le ballonnet diminue le débit sanguin au niveau de la muqueuse trachéale avec une fréquence accrue d'oedème laryngé opératoire et de sténose trachéale. Chez le chien, le débit sanguin trachéal, mesuré par des microsphères marquées, est significativement réduit par l'augmentation de la pression exercée sur la muqueuse par le ballonnet [19]. Ce débit diminue de plus de 50 % après une heure de gonflage du ballonnet à 15-20 cm H<sub>2</sub>O. L'examen fibroscopique de la trachée a permis de confirmer l'existence de lésions muqueuses induites par l'augmentation de pression du ballonnet chez l'adulte [20,21]. La commercialisation de sondes à ballonnet de haut volume et à basse pression (HiLo) a permis de réduire la fréquence et la sévérité des complications laryngo-trachéales, mais sans les faire disparaître complètement.

### ■ Conditions d'intubation

Des conditions suboptimales d'intubation sont un facteur de risque de lésions laryngées [22]. Le traumatisme laryngé durant l'intubation peut être à l'origine d'une lésion laryngée responsable d'un oedème ou d'une sténose sous glottique. La notion d'intubation traumatique est cependant difficile à quantifier, en particulier dans des études rétrospectives. Elle peut être évaluée indirectement par le nombre de tentatives d'intubation [7] ou le nombre de réintubations en cas d'intubation prolongée [23]. L'intubation en urgence pré hospitalière s'accompagne fréquemment de complications. Meyer et coll. retrouvent jusqu'à 33 % de stridor opératoire sur une série de 188 enfants intubés en urgence, pour une durée moyenne d'une semaine, en raison d'un traumatisme crânien sévère [24]. Plus de la moitié d'entre eux nécessitent une réintubation avec présence d'un granulome chez 12 enfants et d'une sténose sous glottique dans 6 cas. Une fréquence similaire de stridor (environ 35 %) est retrouvée par d'autres auteurs chez des enfants traumatisés [25]. De tels taux de complications opératoire sont habituellement rapportés chez les enfants nécessitant une intubation trachéale en dehors d'une unité de réanimation pédiatrique [26]. La technique opératoire : patient vigile ou encore profondément endormi ne modifie pas l'incidence des complications respiratoires au réveil et du stridor opératoire en particulier [27].

### ■ Durée de l'intubation

Certains auteurs retrouvent une corrélation entre la durée de l'intubation et la fréquence des lésions laryngées en particulier en réanimation néonatale [23,28]. Pour des interventions chirurgicales, une durée d'intubation supérieure à 1 heure est un des facteurs de risque retrouvé par Koka et coll. [7]. D'autres auteurs, à l'inverse, ne retrouvent pas de relation entre la durée de l'intubation et l'incidence de stridor ou de sténose post-intubation [9,12,13].

### ■ Age de l'enfant

Les jeunes enfants et plus particulièrement ceux de moins de 4 ans présentent un risque accru de laryngite post-intubation [7,9,22]. Cette fréquence plus élevée peut s'expliquer par la plus faible dimension de leur larynx. Dans l'étude de Koka et coll., l'incidence la plus élevée est retrouvée chez les enfants de 1 à 4 ans alors que ceux de moins de 1 an présentent très peu de laryngite [7].

### ■ Pathologie de l'enfant

Les sténoses post-intubation surviennent en cas d'intubation prolongée dans des situations particulières comme les traumatismes crâniens [24], les comas ou les détresses respiratoires néonatales. La chirurgie cardiaque représente un facteur de risque particulier ou la conjonction d'une diminution de la pression de perfusion lors de la circulation extra corporelle et d'un diamètre de sonde trop étanche peut être à l'origine d'oedème laryngé ou de sténose sous glottique sévère [29,30]. Le jeune âge des patients (< 1 an) est un facteur également retrouvé dans cette population à risque [30]. La survenue de sténoses trachéales chez les patients brûlés est bien connue : le facteur favorisant étant l'inflammation de la muqueuse trachéale par inhalation de fumées ou par lésion thermique. Enfin, un stridor post-intubation peut être révélateur d'une anomalie laryngée préexistante, retrouvée dans 32 % des cas dans une revue portant sur 2953 admissions en réanimation enregistrées sur une période de 4 ans à l'hôpital d'enfants de Great Ormond Street [9].

### ■ Intubation orotrachéale (OT) ou nasotrachéale (NT)

Dans une étude randomisée, portant sur 91 nouveau-nés, McMilan et coll. trouvent que les problèmes opératoires sont comparables après intubation OT ou NT et en tiennent argument pour privilégier l'intubation OT de réalisation plus aisée selon eux [31]. Il faut noter cependant la fréquence particulièrement élevée de stridor opératoire dans cette courte série: 15 % OT et 26 % NT. En réanimation néonatale, l'intubation nasotrachéale, qui permet une meilleure stabilité de la sonde d'intubation, est habituellement retenue avec une incidence comparable de sténose sous glottique comparativement à l'intubation orotrachéale [23,28].

### ■ Infection des voies aériennes supérieures

Une histoire d'infection des voies aériennes supérieures ou de laryngite post intubation augmente significativement le risque de laryngite dans la période postopératoire [32,33]. Il est recommandé, dans ces cas, d'éviter l'intubation trachéale par l'utilisation d'un masque laryngé ou d'utiliser une sonde de plus faible diamètre [32-34].

## CONDUITE A TENIR

### ■ Prévention des lésions laryngotrachéales liées à l'intubation

#### *Choix de la sonde d'intubation*

Parmi les différentes formules proposées pour choisir la taille de sonde optimale, la plus utilisée chez l'enfant de plus de 2 ans, pour les sondes d'intubation sans ballonnet, est celle de Cole :  
Diamètre interne (mm) = 4 + âge (année) / 4

Chez l'enfant de moins de 2 ans, on peut proposer d'utiliser une sonde de 2,5-3 mm (DI) chez le nouveau né, de 3-3,5 entre 1 et

3 mois, de 3,5-4 entre 3 et 9 mois et de 4-4,5 entre 9 mois et 2 ans [23,35,36]. Une variation de  $\pm 0,5$  mm (une taille) permet de s'adapter aux variations individuelles de la taille du larynx et d'intuber plus de 98 % des patients. Sur une série de 3 304 enfants consécutifs opérés à Liverpool, 0,96 % étaient intubés avec une sonde de 2 à 3 tailles inférieures en raison d'une sténose sous glottique congénitale minimale ou modérée et 0,76 % avec une sonde de 2 à 3 tailles supérieures témoignant au contraire d'un élargissement sous glottique [36]. Il faut cependant remarquer que les différentes formules n'indiquent que le diamètre interne de la sonde, ignorant royalement le diamètre externe, qui est, *in fine*, la mesure la plus importante. Il est intéressant de noter que le diamètre externe par rapport au diamètre interne varie selon le calibre de la sonde, mais également selon la marque de la sonde (tableau V). Cette augmentation de calibre va pratiquement de 1 à plus de 2 mm dans la gamme habituelle des sondes sans ballonnet, c'est à dire de 2 à 4 tailles de plus. Selon la marque, par exemple, le diamètre externe d'une sonde sans ballonnet de 3,5 mm de diamètre interne peut aller de 4,8 mm (Portex), 4,9 mm (Contour Mallinckrodt) à 5,2 mm (renforcée Mallinckrodt). Certains partisans des sondes sans ballonnet ont suggéré que ces différences de diamètre externe pouvaient être utilisées pour le choix optimal de la bonne sonde d'intubation [37,38].

DI	DE (PVC SIMS Portex )	( $\delta$ )	(Contour Mallinckrodt )	( $\delta$ )
2,5	3,4	0,9		
3,0	4,2	1,2	4,9	1,4
3,5	4,8	1,3	5,6	1,6
4,0	5,4	1,4	6,2	1,7
4,5	6,2	1,7	6,9	1,9
5,0	6,8	1,8	1,4	

Pour les sondes avec ballonnet, il est recommandé d'utiliser une taille inférieure de 1 mm à celle des sondes sans ballonnet selon la formule proposée par Khine et coll [17] :  $DI \text{ (mm)} = 3 + \text{âge (année)} / 4$

#### *Fuite autour de la sonde d'intubation*

Idéalement, la taille de sonde d'intubation retenue doit permettre une expansion pulmonaire adéquate avec une fuite audible autour de la sonde pour une pression d'insufflation de 20-25 cm H<sub>2</sub>O [39]. En général, la sonde est trop petite quand la fuite est excessive pour une pression d'insufflation inférieure ( $\leq 10$  cm H<sub>2</sub>O) et trop grosse s'il n'y a pas de fuite pour une pression plus élevée ( $\geq 25$  cm H<sub>2</sub>O). Le test de fuite à 20-25 cm H<sub>2</sub>O est habituellement recommandé pour diminuer la fréquence des laryngites post-intubation. Celui-ci garantit a priori l'absence de pression excessive de la sonde d'intubation (habituellement sans ballonnet) au niveau de la région cricoïdienne. En fait, peu d'études définissent une méthode objective et reproductible permettant d'apprécier la pression de fuite. Finholt et al ont montrés que la curarisation et la position de la tête peuvent affecter ce test de fuite [40]. Ainsi, la pression de fuite augmente progressivement de 17 cm H<sub>2</sub>O chez l'enfant curarisé à 30 cm H<sub>2</sub>O après récupération complète du bloc neuromusculaire. De la même façon, le fait de tourner la tête sur le côté augmente cette pression de fuite de 15 à 24 cm H<sub>2</sub>O. Par contre, ni le débit de gaz frais, ni la position de la sonde d'intubation plus ou moins enfoncée dans la trachée n'affectent la pression de fuite. Ce test de fuite, s'il paraît utile, n'est cependant pas un indicateur pronostic absolu du succès de l'extubation, après intubation pour laryngite infectieuse [41]. Sur une série de 159 enfants opérés de strabisme, Khalil et al ne trouvent pas que l'absence ou la présence de fuite affecte l'incidence ou la sévérité de la laryngite postintubation [42]. Il faut remarquer que dans cette étude, l'incidence des laryngites (8 à 12 %), et des laryngites sévères (2 à 4 %) est élevée, sans doute du fait de la taille de la sonde ( $DI = 4,5 + \text{âge (année)} / 4$ ).

*Monitoring de la pression du ballonnet*

Durant l'anesthésie, si le ballonnet est gonflé à l'air, son volume (et donc sa pression) va augmenter en raison de la diffusion du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) dans le ballonnet. Il a été montré que le volume du ballonnet triple durant l'anesthésie [43]. Il est donc recommandé de surveiller, durant la période péri opératoire, la pression du ballonnet qui ne doit pas excéder 20-25 cm H<sub>2</sub>O [44]. Un excès de gonflage de seulement 1 mL d'air peut doubler la pression exercée sur la muqueuse. Expérimentalement, une pression > 30 cm H<sub>2</sub>O pendant 15 min est suffisante pour induire des lésions de la muqueuse trachéale [45]. La mesure répétée de la pression du ballonnet peut être effectuée avec un manomètre spécifique (Mallinckrodt). Les manomètres de nos anciens brassards à tension pourraient reprendre du service, comme l'a suggéré un anesthésiste [46]. Un dispositif simple et ingénieux consiste à relier le ballonnet à une colonne d'eau de 25 cm [47]. En pratique ce monitoring reste encore peu utilisé, si l'on en juge par le résultat d'une enquête postale indiquant que seulement 15 % des anesthésistes pédiatriques français utilisent un manomètre en cas de gonflage du ballonnet [48].

D'autres mesures ont été proposées pour éviter l'hyperpression du ballonnet. Sa pression reste en effet inchangée au cours du temps, s'il est gonflé avec un mélange air/ N<sub>2</sub>O [49], ou avec du sérum physiologique [50]. Cette dernière technique ne peut cependant pas être recommandée car les sondes à ballonnet actuellement utilisées ne sont pas conçues pour cet usage. Enfin, il existe des sondes avec ballonnet muni d'un système régulateur de pression, mais leur coût est prohibitif.

*Traitement corticoïde prophylactique*

L'utilité des corticoïdes dans la laryngite post-intubation fait l'objet d'un débat qui dure depuis plus de 30 ans. L'efficacité d'un traitement corticoïde en prévention d'un oedème sous glottique postextubation reste controversée chez l'enfant et non prouvée chez l'adulte [51]. Une étude contrôlée et randomisée chez un groupe de 50 prématurés à haut risque d'oedème laryngé (intubations multiples, durée d'intubation ≥ 14 jours) a montré que l'administration prophylactique de dexaméthasone diminuait de façon significative le stridor post-extubation et prévenait l'échec d'extubation [52]. Chez l'enfant, les 3 études contrôlées et randomisées ne permettent pas d'apporter de réponse aussi formelle [53-55]. Dans l'étude de Tellez et coll., il n'y a pas de différence significative du stridor post-extubation entre le groupe placebo (23/77) et le groupe traité par dexaméthasone (16/76) [53]. Anene et coll., à l'inverse, trouvent que la dexaméthasone permet de diminuer la fréquence du stridor et le nombre de ré intubations (0/31 vs 7/32) [54]. La dernière étude ne montre pas de différence significative entre le groupe placebo et le groupe traité mais ne porte que sur 26 patients [55]. L'analyse critique de ces études permet de retenir que les corticoïdes ne sont efficaces que sur une population à haut risque d'oedème laryngé (intubations multiples, test de suite négatif, anomalies préexistantes des voies aériennes) [56]. Dans les autres cas, l'administration prophylactique de dexaméthasone en routine n'est pas recommandée. Il a été clairement démontré qu'une seule dose de corticoïde avant l'extubation est inefficace. Pour être efficace, la dexaméthasone doit être administrée à dose suffisante (0,5 mg.kg-1), 6 à 12 heures avant l'extubation et poursuivie pendant 36 heures.

## ■ Traitement des laryngites

*Aérosol d'adrénaline*

Il s'agit du traitement le plus rapidement actif en cas de laryngite. L'adrénaline racémique, qui est un mélange des isomères D et L, n'est pas disponible en France. On utilise habituellement l'adrénaline à 0,1 %, à la dose de 5 mL par aérosol. L'adrénaline entraîne une vasoconstriction et une diminution de l'oedème en quelques minutes, avec une amélioration clinique dans les 30 minutes pour une durée d'action d'environ 2 heures. Passé ce délai, les signes réapparaissent si des corticoïdes ne sont pas administrés de façon concomitante. Il est donc impératif de garder les enfants en observation pendant au moins 2 heures après l'administration d'un aérosol d'adrénaline.

*Corticoïdes*

Il existe actuellement un consensus sur l'efficacité des corticoïdes dans le traitement des laryngites de l'enfant qui a fait suite à la fin des années 80 à la controverse des années 70. Dès cette période, une méta analyse portant sur 10 études randomisées [57] et deux essais contrôlés randomisés [58,59] ont

clairement démontré que l'administration de corticoïdes chez l'enfant hospitalisé entraîne une amélioration clinique rapide, diminue la probabilité d'intubation et réduit la durée d'hospitalisation. Plus récemment, les études se sont adressées aux enfants admis aux urgences et traités en ambulatoire soit par corticoïdes inhalés, soit par administration de dexaméthasone par voie parentérale ou orale. L'ensemble de ces études, également regroupées dans une méta analyse [60], permet de conclure que les enfants se présentant aux urgences avec une laryngite doivent recevoir des corticoïdes par inhalation ou de la dexaméthasone par voie orale ou IM. La voie orale, tout aussi efficace, doit être privilégiée en raison de son moindre coût et de sa facilité d'administration [61].

#### - Dexaméthasone

Bien que de nombreux corticoïdes aient été utilisés dans le traitement des laryngites de l'enfant, la plupart des études sont centrées sur l'efficacité de la dexaméthasone (Décadron®, Dectancy®<sup>®</sup>, Solutécadron®) et de la budénoside (Pulmicort®). La dexaméthasone est un corticoïde de longue durée d'action avec une demi-vie biologique de 36 à 72 heures. Il est considéré comme le glucocorticoïde ayant l'activité anti-inflammatoire la plus importante avec un rapport de 30/1 comparativement à la cortisone [62]. C'est le corticoïde le plus souvent étudié dans les essais thérapeutiques. Il peut être administré per os ou par voie parentérale. A la dose habituellement recommandée est de 0,6 mg.kg<sup>-1</sup>, la dexaméthasone n'entraîne pas d'effets secondaires significatifs. Le mécanisme d'action exact par lequel les corticoïdes exercent leur action bénéfique dans le traitement des laryngites n'est pas définitivement connu. L'action anti-inflammatoire ou les propriétés vasoconstrictrices sont habituellement retenues.

#### - Buténoside

Expérimentalement, elle induit une diminution de la perméabilité capillaire, réduisant ainsi l'oedème sous glottique. Cliniquement, l'effet apparaît au bout de 1 à 2 heures et persiste pendant 24 heures. La dose habituellement utilisée est de 2 mg administrée en aérosol.

#### *Humidification*

L'humidification à l'air ou avec de l'oxygène fait partie du traitement de routine d'une laryngite depuis un siècle, sans que son efficacité n'ait été formellement démontrée. Cette humidification est supposée fluidifier les sécrétions et diminuer l'inflammation de la muqueuse trachéale.

#### *Hélium*

L'hélium est un gaz moins dense que l'azote. A une concentration de 60 %, il diminue la viscosité des gaz inhalés et donc, selon la formule de Poiseuille, la résistance. L'effet de l'hélium est négligeable à des concentrations < 60 %. Un mélange hélium oxygène a été utilisé avec succès chez quelques enfants dans le traitement de laryngite virale ou post-intubation [63]. Dans l'étude de Kemper et coll., l'administration d'hélium a permis une réduction de 38 % du score de détresse respiratoire chez des enfants présentant un stridor post-extubation après brûlure ou traumatisme [64]. Des résultats comparables ont été rapportés par Rodeberg et coll. dans le traitement de stridor après brûlure chez l'enfant, résistant à l'adrénaline en nébulisation [65]. Chez l'adulte, le mélange hélium oxygène diminue l'effort inspiratoire et améliore de façon significative le confort des patients dans la période post-extubation [66]. Ce traitement nécessite de se doter d'une bouteille d'hélium en plus d'une source d'oxygène. Il entraîne une modification de la voix du patient (voix de canard).

#### *Intubation trachéale*

Elle peut se décider en urgence, en raison de l'intensité de la détresse respiratoire. L'aspect général de l'enfant est plus utile à un médecin expérimenté que l'élaboration de critères prédéfinis. Sont considérés comme signes d'alerte : l'inquiétude et l'agitation de l'enfant, une impression de détérioration et de fatigue, l'accentuation des signes de rétraction, une augmentation de la tachycardie. Une diminution des efforts respiratoires et du stridor, une altération du niveau de conscience, une hypotonie, une cyanose ou une pâleur extrême témoignent d'un épuisement complet et appellent une intubation sans délai.

L'intubation se pratique sous anesthésie générale et curarisation de façon à être la moins traumatique possible. La sonde d'intubation trachéale doit être réduite d'au moins une taille inférieure par rapport à celle précédemment utilisée avec un test de fuite positif pour des pressions de 20 cm H<sub>2</sub>O. Une radiographie du thorax est habituellement pratiquée, non pas tant pour vérifier la position de la sonde que pour rechercher un trouble de la ventilation ou un oedème pulmonaire post-obstruction. Il s'agit d'un oedème pulmonaire à pression négative, de même mécanisme physiopathologique que celui observé après laryngospasme sévère : les efforts respiratoires lors de l'obstruction des voies aériennes génèrent une pression intra thoracique fortement négative et ce n'est que lorsque l'obstruction est levée que l'oedème pulmonaire se développe. L'extubation n'est envisagée qu'après un traitement corticoïde de 24 à 48 heures. Un contrôle laryngoscopique systématique est pratiqué au moment de l'extubation dans le double but d'évaluer les lésions laryngées résiduelles et de rechercher une anomalie congénitale associée.

La prise en charge des sténoses sous glottiques cicatricielles a fait l'objet d'une mise au point récente [67] et ne sera pas développée ici.

Une stratégie thérapeutique basée sur l'intensité des signes de laryngite a été proposée par certains auteurs (tableau VI). En pratique le traitement initial débute par de l'oxygène humidifié, suivi d'un aérosol d'adrénaline, associé à l'administration de dexaméthasone et en fonction de l'équipement inhalation d'un mélange d'hélium oxygène. Le transfert en réanimation est décidé en cas d'intubation trachéale.

Score total	Degré	Traitement
≤ 4	Minime	Ambulatoire : humidification
5-6	Minime à modéré	Ambulatoire si l'enfant s'améliore après humidification, s'il a plus de 6 mois
7-8	Modéré	et une famille fiable
> 8	Sévère	Hospitaliser : aérosol d'adrénaline, corticoïdes
Minime		Hospitaliser : aérosol d'adrénaline, corticoïdes, O <sub>2</sub> , réanimation

## CONCLUSION

La conduite à tenir en présence d'une laryngite post-intubation est assez stéréotypée. Le traitement repose sur l'administration d'adrénaline en nébulisation chez un patient préalablement humidifié. La dexaméthasone, qui a fait la preuve de son efficacité dans le traitement des laryngites de l'enfant, a un effet retardé. L'intubation trachéale, qui reste exceptionnelle, ne doit pas être différée chez un enfant présentant des signes d'épuisement.

## RÉFÉRENCES

- [1] Coté CJ, Todres ID.  
The pediatric airway. In : *A practice of anesthesia for infants and children*. Coté, Ryan, Todres, Goudsouzian ed. 2<sup>nd</sup> ed WB Saunders cp, Philadelphia 1993 (pp 55-83)
- [2] Downes JJ, Raphaely RC.  
Pediatric intensive care. *Anesthesiology* 1975 ; 43 : 238-50
- [3] Wesley CR, Cotton EK, Brooks JG.  
Nebulized racemic epinephrine by IPPB for the treatment of croup. *Am J Dis Child* 1978 ; 132 : 484-7
- [4] Steele DW, Santucci KA, Wright RO, Tanarajan R, McQuillen KK, Jay GD.

Pulsus paradoxus. An objective measure of severity in croup. *Am J Resp Crit Care Med* 1998 ; 157 : 331-4

[5] Abramson AL, Goldstein MN, Stenzler A, Steele A.  
The use of the tidal breathing flow volume in laryngotracheal disease of neonates and infants. *Laryngoscope* 1982 ; 92 : 922-6

[6] Filippone M, Narne S, Pettenazzo A, Zacchello F, Baraldi E.  
Functional approach to infants and young children with noisy breathing. Validation of pneumotachography by blinded comparison with bronchoscopy. *Am J Respir Crit Care Med* 2000 ; 162 :1795-800

[7] Koka BV, Jeon IS, Andre JM, MacKay I, Smith RM.  
Postintubation croup in children. *Anesth Analg* 1977 ; 56 : 501-5

[8] Litman RS, Keon TP.  
Postintubation croup in children. *Anesthesiology* 1991 ; 75 : 1122-3

[9] Black AE, Hatch DJ, Nauth-Misir N.  
Complications of nasotracheal intubation in neonates, infants and children : a review of 4 years' experience in a children's hospital. *Br J Anaesth* 1990 ; 65 : 461-7

[10] Tellez DW, Galvis AG, Storgion SA, Amer HN, Hoseyni M, Deakers TW.  
Dexamethasone in the prevention of postextubation stridor in children. *J Pediatr* 1991 ; 118 : 289-94

[11] Abbott TR.  
Complications of prolonged nasotracheal intubation in children. *Br J Anaesth* 1986 ; 40 : 347-52

[12] Battersby EF, Hatch DJ, Toxey RM.  
The effects of prolonged naso-endotracheal intubation in children. A study in infants and young children after cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia* 1977 ; 32 : 154-7

[13] Rivera R, Tibballs J.  
Complications of endotracheal intubation and mechanical ventilation in infants and children. *Crit Care Med* 1992 ; 20 : 193-9

[14] Cotton RT.  
Pediatric laryngotracheal stenosis. *J Pediatr Surg* 1984; 19: 699-704

[15] Narcy Ph, Cotencin Ph, Flignyl I, François M.  
Surgical treatment of laryngotracheal stenosis in the pediatric patient. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990 ; 116 : 1047-50

[16] Triglia JM, Nicollas R, Roman S.  
Management of subglottic stenosis in infancy and childhood. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2000 ; 257 : 382-5

[17] Khine JH, 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 : 727-31

[18] Dreakers TW, Reynolds G, Stretton M, Newth CJL.  
Cuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr* 1994 ; 125 : 57-62

[19] Bugenin L, Albin MS, Smith RB.  
Canine tracheal blood flow after endotracheal tube cuff inflation during normotension and hypotension. *Anesth Analg* 1993 ; 76 : 1083-90

[20] Seeglobin RD, Van Hasselt GL.

Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow : endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *Br Med J* 1984 ; 288 : 965-8

[21] Combes X, Schaulvliege F, Peyrouset O, Motamed C, Kirov Dhoneur G, Duvaldestin P.  
Intracuff pressure and tracheal morbidity. *Anesthesiology* 2001 ; 95 : 1120-4

[22] Dutoit-Marco ML, Schwander D.  
Complications laryngées de l'intubation endotrachéale. *Ann Fr Anesth Réanim* 1987 ; 6 : 182-94

[23] Sherman JM, Lowitt S, Stephenson C, Ironson G.  
Factors influencing acquired subglottic stenosis in infants. *J Pediatr* 1986 ; 109 : 322-7

[24] Meyer PG, Orliaguet G, Blanot S, Jarreau MM, Charron B, De Sauverzac R, Carli P.  
Complications of emergency tracheal intubation in severely head-injured children. *Paediatr Anaesth* 2000 ; 10 : 253-60

[25] Kemper KJ, Benson MS, Bishop MJ.  
Predictors of post-extubation stridor in pediatric trauma patients. *Crit Care Med* 1991 ; 19 : 352-5

[26] Easley RB, Segeloon JE, Haun SE, Tobias JD.  
Prospective study of airway management of children requiring endotracheal intubation before admission to a pediatric intensive care unit. *Crit Care Med* 2000 ; 28 : 2058-63

[27] Patel RI, Hannallah RS, Norden J, Casey WF, Verghese ST.  
Emergency airway complications in children : a comparison of tracheal extubation in awake and deeply anesthetized patients. *Anesth Analg* 1991 ; 73 : 266-70

[28] Fan LL, Flynn JW, Pathak DR.  
Risk factors predicting laryngeal injury in intubated neonates. *Crit Care Med* 1983 ; 11 : 535-7

[29] Camboulives J, Alphonso R, Djehidjian C, Garcin M, Unal D.  
Sténoses laryngées après circulation extracorporelle chez l'enfant (Abstract). In : *Congrès national d'anesthésie et réanimation*. Bordeaux, 1979

[30] Koh SO, Bang SO, Hong YW, Cho HW, Cho BK.  
Incidence and predictors of postextubation laryngeal edema in pediatric patients with congenital heart disease. *Yonsei Med J* 1995 ; 36 : 53-7

[31] McMillan DD, Rademaker AW, Buchan KA, Reid A, Machin G, Sauve RS.  
Benefits of orotracheal and nasotracheal intubation in neonates requiring ventilatory assistance. *Pediatrics* 1986 ; 77 : 39-44

[32] Lee KM, Templeton JJ, Dougal RM.  
Tracheal tube size and post-intubation croup in children. *Anesthesiology* 1980 ; 53 : S325 (Abstract)

[33] Parnis SJ, Barker DS, Van Der Walt JH.  
Clinical predictors of anaesthetic complications in children with respiratory tract infections (RTI). *Paediatr Anaesth* 2001 ; 11 : 29-40

[34] Tait AR, Pandit UA, Voepel-Lewis T et al.  
Use of the laryngeal mask airway in children with upper respiratory tract infections : a comparison with endotracheal intubation. *Anesth Analg* 1998 ; 86 : 706-11

[35] Davenport HT.  
*Paediatric anaesthesia* , 2<sup>nd</sup> ed. Year Book Medical Publishers, Chicago, 1973

- [36] Mostafa SM.  
Variation in subglottic size in children. Proc Roy Soc Med 1976 ; 69 : 793-5 37.  
Malhotra SK, Dutta A. Pediatric endotracheal tubes : the advantage of outer diameter. Anesth Analg 2001, 93 : 798-804
- [38] Bahk JH, Ahn WS.  
How to manage the unavailability of an appropriately sized uncuffed tracheal tube ? Paediatr Anaesth 2002 ; 12 : 466
- [39] Gronert BJ, Motoyama EK.  
Induction of anesthesia and endotracheal intubation. In : Smith's anesthesia for infants and children. 6th ed. Mosby, St Louis, 1996, p 281-312
- [40] Finhold DA, Henry DB, Raphaely RC.  
Factors affecting leak around tracheal tubes in children. Can Anaesth Soc J 1985 ; 32 : 326-9
- [41] Adderley RJ, Mullins GC.  
When to extubate the croup patient : the « leak » test. Can J Anaesth 1987 ; 34 : 304-6
- [42] Khalil SN, Mankarious R, Campos C, Chuang AZ, Lemak NA.  
Absence or presence of a leak around tracheal tube may not affect postoperative croup in children. Paediatr Anaesth 1998 ; 8 : 393-6
- [43] Bernhard WN, Yost LC, Turndorf H, Cottrell JE, Paegle RD.  
Physical characteristics of nitrous oxide diffusion into tracheal tube cuffs. Anesthesiology 1978 ; 48 : 413-7
- [44] Le Du I, Fauchoux M, Lurton Y, Basle B, Mallédant Y.  
Pressions exercées sur la trachée par les ballonnets des sondes d'intubation en présence de protoxyde d'azote. Ann Fr Anesth Réanim 1998 ; 17 : 32-40
- [45] Nordin U.  
The trachea and cuff induced tracheal injury : An experimental study on causative factors and prevention. Acta Otolaryngol 1976 ; 345 (suppl) : 1-7
- [46] Diaz JH.  
Continuous monitoring of intracuff pressures in endotracheal tubes. Anesthesiology 1988 ; 68 : 813-4
- [47] Kay J, Fisher JA.  
Control of endotracheal tube cuff pressure using a simple device. Anesthesiology 1987 ; 66 : 253
- [48] Orliaguet G, Renaud E, Lelay M, Meyer PG, Schaumtz E, Telion C, Carli PA.  
Postal survey of cuffed or uncuffed tracheal tubes used for paediatric tracheal intubation. Paediatr Anaesth 2001 ; 11 : 277-81
- [49] Nguyen Tu H, Saidi N, Lieutaud T, Bensaid S, Menival V, Duvaldestin P.  
Nitrous oxide increases endotracheal cuff pressure and the incidence of tracheal lesions in anesthetized patients. Anesth Analg 1999 ; 89 : 187-90
- [50] Combes X, Schavuliege F, Peyrouset O, Motamed C, Kirov D, Dhonneur G, Duvaldestin P.  
Intracuff pressure and tracheal morbidity. Anesthesiology 2001 ; 95 : 1120-4
- [51] Meade MO, Guyatt GH, Cook DJ, Sinuff T, Butler R.  
Trials of corticosteroids to prevent postextubation airway complications. Chest 2001 ; 120 : 464S-468S
- [52] Couser RJ, Ferrara B, Falde B, Johnson K, Schilling CG, Hoekstra RE.  
Effectiveness of dexamethasone in preventing extubation failure in preterm infants at increased risk for airway edema. J Pediatr 1992 ; 121 : 591-6

[53] Tellez DW, Galvis AG, Storgion SA, Amer HN, Hoseyni M, Deakers TW.  
Dexamethasone in the prevention of postextubation stridor in children. *J Pediatr* 1991 ; 118 : 289-94

[54] Anene O, Meert KL, Uy H, Simpson P, Sarnaik AP.  
Dexamethasone for prevention of postextubation airway obstruction. A prospective, randomized, double-blind, placebocontrolled trial. *Crit Care Med* 1996 ; 24 : 1666-9

[55] Harel Y, Vardi A, Quigley R et al.  
Extubation failure due to post-extubation stridor is better correlated with neurologic impairment than with upper airway lesions in critically ill pediatric patients. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1997 ; 39 : 147-8

[56] Shemie S.  
Steroids for anything that swells. Dexamethasone and postextubation airway obstruction. *Crit Care Med* 1996 ; 24 : 1613-4

[57] Kairys SW, Olmstead EM, O'Connor GT.  
Steroid treatment of laryngotracheitis : A metaanalysis of the evidence from randomized trials. *Pediatrics* 1989 ; 83 : 683-93

[58] Super DM, Cartelli NA, Brooks LJ, Lembo RM, Kumar ML.  
A prospective randomized double-blind study to evaluate the effect of dexamethasone in acute laryngotracheitis. *J Pediatr* 1989 ; 115 : 323-9

[59] Kuusela A, Vesikari T.  
A randomized double-blind, placebo controlled trial of dexamethasone and racemic epinephrine in the treatment of croup. *Acta Paediatr Scand.* 1988 ; 77 : 99-104

[60] Ausejo M, Saenz A, Pham B et al.  
The effectiveness of glucocorticoides in treating croup : meta-analysis. *BMJ* 1999 ; 319 : 595-600

[61] Klassen TP. Croup.  
A current perspective. *Pediatr Clin North Am* 1999 ; 46 : 1167-78

[62] Tréluyer JM.  
Pharmacologie des corticoïdes chez l'enfant et l'adulte. *Réanim Urgences* 2000 ; 9 : 639-45

[63] Ducan P.  
Efficacy of helium-oxygen mixtures in the management of severe viral and postintubation croup. *Can Anaesth Soc J* 1979 ; 26 : 206-12

[64] Kemper KJ, Ritz RH, Benson MS, Bishop MS.  
Helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric trauma patients. *Crit Care Med* 1991 ; 19 : 356-9

[65] Rodeberg DA, Easter AJ, Washam MA, Housinger TA, Greenhalgh DG, Warden GD .  
Use of a helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric patients with burns. *J Burn Care Rehabil* 1995 ; 16 : 476-80

[66] Jaber S, Carlucci A, Boussarsar M, et al.  
Helium-oxygen in the postextubation period decreases inspiratory effort. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 164 : 633-37

[67] Camboulives J, Triglia JM.  
Nouveaux traitements des sténoses laryngées de l'enfant : laryngotrachéofissures, laryngotrachéoplasties, résections cricotrachéales, laser. In : *Congrès national de l'ADARPEF*, Grenoble, 1996

Mise à jour le 25 mai, 2009