

Guide d'utilisation de la jet ventilation en chirurgie ORL, trachéale et maxillo-faciale

Guide for the use of jet ventilation during ENT and oral Surgery

Rédacteurs : Bourgain JL, M Chollet, M Fischler, G Gueret, A Mayne et les membres du conseil du CARORL

Club d'anesthésie en ORL

Institut Gustave Roussy

Rue Camille Desmoulins

94800 Villejuif

Auteur correspondant : Bourgain JL même adresse bourgain@igr.fr

Mots clés : jet ventilation, laryngoscopie, intubation, difficile, enseignement

Key words: jet ventilation, laryngoscopy, difficult intubation, teaching

Texte court ou résumé

Le but de cette synthèse est de donner aux anesthésistes prenant en charge des patients de chirurgie ORL et maxillo-faciale des conseils d'utilisation de la jet-ventilation. A partir de « PUBMED », nous avons extrait des publications ayant trait à ce sujet. Dès lors, ce texte a effectué plusieurs allers et retours entre les membres du conseil d'administration du club d'anesthésie réanimation en ORL, tous expérimentés dans ce domaine. La présentation de ces recommandations a été faite lors d'une assemblée plénière le 15 mai 2009.

La jet-ventilation présente un intérêt indiscutable au cours de la pratique de l'anesthésie en chirurgie ORL et maxillo-faciale. Elle est particulièrement indiquée en laryngologie, au cours des endoscopies des voies aériennes supérieures diagnostiques ou thérapeutiques et lors des difficultés d'oxygénation prévue ou imprévue au cours de l'intubation difficile.

Le risque essentiel de la jet-ventilation est le barotraumatisme pulmonaire lorsque l'expiration du gaz injecté dans la trachée est gênée par une obstruction des voies aériennes supérieures. Les échecs et les complications de la ponction trans-trachéale sont rares, pourvu que la technique soit maîtrisée.

La jet-ventilation justifie l'utilisation d'un matériel spécifique tant au niveau de l'injecteur que de l'appareil de jet ventilation. Dans ce contexte où la qualité de l'expiration n'est pas garantie du fait de l'absence d'intubation, il est recommandé d'utiliser un ventilateur de jet muni d'un dispositif évitant la surdistension pulmonaire par la mesure de la pression trachéale télé-expiratoire à travers l'injecteur. L'utilisation d'un injecteur manuel de jet expose aux accidents barotraumatiques parfois mortels.

La pratique en sécurité de la jet-ventilation ne peut se faire qu'au décours d'un apprentissage qui pourrait être au mieux organisé dans les salles où sont pratiquées les endoscopies ORL et à condition que cette technique soit plus fréquemment utilisée. L'utilisation régulière est nécessaire à la maîtrise de cette technique, particulièrement en cas de difficultés d'oxygénation.

Abstract

The aim of this synthesis was to give recommendations on the use of jet ventilation during ENT surgical and endoscopy procedures. Literature was collected from PUBMED and analysed by the members of Club Anesthésie réanimation in ENT, all skilled in this field. Presentation of these recommendations was given during the general assembly held in Reims the may 15th 2009. Jet ventilation is especially indicated during upper airway endoscopy and laryngeal invasive endoscopic surgery. Furthermore, transtracheal jet ventilation is included on most of difficult oxygenation and difficult intubation algorithm.

The main risk of jet ventilation is pulmonary barotrauma when expiration of injected gas is impeded by an upper airway obstruction. Failure and complications of tracheal puncture are rare when performed by experimented operators.

Clinical use of jet ventilation requires a dedicated device. Practice of jet ventilation without intubation may be dangerous when applied without control of driving pressure and end expiratory tracheal pressure.

Every anaesthetist should be familiar with transtracheal ventilation since they may face a "cannot ventilate cannot intubate" situation. Laryngeal surgery is the ideal field for training jet ventilation, even more so as this technique offers perfect operative conditions. To apply this project, jet ventilation should be used more frequently in routine practice. To maintain skill, regular use of these techniques is required.

Table des Matière

1. Définition et principe	4
2. Mécanique respiratoire et jet ventilation	7
3. Monitoring respiratoire sous jet-ventilation	8
4. Indications de la jet-ventilation en anesthésie	10
5. Complications de la jet-ventilation	16
6. Contre-indications de la jet-ventilation	18
7. Enseignement de la jet-ventilation	19

La jet-ventilation présente un intérêt indiscutable au cours de la pratique de l'anesthésie en chirurgie ORL et maxillo-faciale. Elle est particulièrement indiquée en laryngologie, au cours des endoscopies des voies aériennes supérieures diagnostiques ou thérapeutiques [1] et lors des difficultés d'oxygénation prévue ou imprévue au cours de l'intubation difficile [2].

Dans le contexte de la chirurgie laryngée, il a été récemment démontré que les complications (surtout vitales) de la jet-ventilation étaient moins fréquentes lorsque cette ventilation était délivrée par un appareil de jet ventilation plutôt que de façon manuelle [3]. Les auteurs de cette enquête britannique concluent sur l'importance de divulguer des recommandations d'utilisation et de former des anesthésistes exerçant en ORL.

Le but de ce travail est, à partir de la littérature (requête PUBMED) et de l'expérience d'anesthésistes rompus à l'anesthésie en chirurgie ORL, trachéale et maxillo-faciale, de définir des recommandations pour l'utilisation de la jet-ventilation. Ces recommandations concernent les interventions chirurgicales réglées et les situations de difficultés d'oxygénation au cours de l'intubation difficile et des obstructions des voies aériennes supérieures.

1. Définition et principe

La jet-ventilation est définie par l'injection manuelle ou automatique de gaz à haute vitesse à travers un injecteur de faible diamètre (de l'ordre de 2 mm chez l'adulte) dans les voies aériennes. Des systèmes « faits maison » ont été proposés mais leur évaluation montre en général de grandes variations de débit selon des facteurs difficiles à contrôler. C'est par exemple le cas lorsqu'un débitmètre d'O₂ est directement connecté à l'injecteur comme cela a encore été proposé récemment [4]. L'utilisation d'injecteur sans contrôle de la pression de travail doit être proscrite.

Si la pression dans le circuit d'injection est élevée, elle chute rapidement lors de la transformation de cette pression en énergie cinétique en sortie de l'injecteur [5]. Ce phénomène s'accompagne d'un effet Venturi qui est en général modeste dans ce contexte ;

dans certaines circonstances comme la jet-ventilation pré-glottique, cet effet tend à diminuer la FiO_2 . En tout début d'insufflation, la pression à l'aplomb de l'extrémité de l'injecteur est proche de zéro et va s'accroître d'autant plus rapidement que la compliance est basse et/ou les résistances élevées. A partir d'un certain niveau de pression (de l'ordre de quelques cm d' H_2O), le gaz sortant de l'injecteur ne va plus se diriger dans la trachée mais refluer à l'extérieur pour autant que la filière laryngée soit perméable [6].

En théorie, le signal de pression en amont de l'injecteur est rectangulaire. La ventilation minute dépend essentiellement de la pression en amont de l'injecteur, du diamètre de l'injecteur, de la longueur (loi de Poiseuille) et de la durée de l'insufflation. En outre, le volume courant dépend de la fréquence respiratoire. En pratique, ceci est vrai si :

- Le diamètre de l'injecteur est nettement plus faible que celui de la valve du jet-ventilateur. Si tel n'est pas le cas, la pression en amont de l'injecteur est plus faible que la pression en amont de la valve du ventilateur (figure 1).
- Le gaz comprimé à l'intérieur de l'espace mort du jet-ventilateur a le temps de se décompresser pendant l'expiration. Si tel n'est pas le cas, il existe un risque de délivrer un flux continu de gaz avec un risque de surdistension. Le temps de décompression du gaz est d'autant plus court que le volume mort du jet-ventilateur (appareil et tuyau connecteur) est faible et que le diamètre de l'injecteur est élevé. En pratique, il ne faut utiliser un injecteur qu'avec un tuyau connecteur donné et pour une gamme de temps expiratoire donnée. Ceci a été étudié pour le respirateur mistral™ qui n'est plus commercialisé [7] et le sera prochainement pour la dernière génération d'appareil de jet-ventilation (Moonsoon Acutronic, distribué en France par la société SEBAC Pantin, Seine-Saint-Denis (93), France).

La jet-ventilation est délivrée soit par un injecteur actionné manuellement soit par un appareil de jet ventilation à haute fréquence.

- L'injecteur manuel muni d'un manomètre (Manujet™ de VBM 13980 Alleins France) permet le réglage de la pression de travail entre 0 et 3,5 bars ; la ventilation est effectuée « au jugé » avec une fréquence basse de l'ordre de 10 insufflations par minute et un temps d'insufflation de l'ordre d'une seconde. Il est de règle de débiter la ventilation avec une faible pression de travail en augmentant progressivement en fonction de la qualité de l'expiration. A titre indicatif, le débit sortant d'un injecteur 14 gauge à une pression de travail de 3 bars est de l'ordre de $600 \text{ ml}\cdot\text{sec}^{-1}$ [7].
- Les appareils de jet-ventilation à haute fréquence (JVHF) sont munis d'une valve solénoïde qui tronçonne le débit à une fréquence réglable de 0,1 à 10 Hz. La ventilation minute délivré par le respirateur dépend de la pression de travail (pression en amont de l'injecteur et du rapport I/T (temps d'insufflation/temps total du cycle). Les variations de la ventilation alvéolaire en fonction de la fréquence du respirateur sont incertaines d'un patient à l'autre et il est d'usage d'utiliser une fréquence comprise entre 2 et 3 Hz.

Il existe trois façons d'administrer la jet-ventilation selon la localisation de l'injecteur :

- La voie pré-glottique où l'extrémité distale se situe devant le larynx. Une autre localisation de l'injecteur expose à l'hypoventilation ou à l'insufflation œsophagienne,
- La voie trans-glottique où le cathéter nasotrachéal ou orotrachéal est introduit dans la trachée sous contrôle laryngoscopique [8]. La migration œsophagienne accidentelle de l'injecteur peut être responsable de rupture gastrique.
- La voie trans-trachéale où le cathéter est introduit dans la trachée par ponction de la membrane inter-crico-thyroïdienne. Il s'agit d'une voie d'abord fiable, même pratiquée par des juniors, avec un faible taux d'échec (3/1000) [9].

Plus l'extrémité de l'injecteur est proche de la carène, plus l'élimination du CO_2 est efficace.

2. Mécanique respiratoire et jet ventilation

Le débit de gaz sortant de l'injecteur est indépendant des conditions d'aval si la pression en amont de l'injecteur est supérieure à un bar.

La qualité de la ventilation est très dépendante des conditions mécaniques d'aval : une augmentation des résistances distales (bronchiques en particulier) et/ou une diminution de la compliance diminue le volume courant délivré aux alvéoles par diminution du volume entraîné et majoration du volume refluant de l'injecteur vers l'extérieur.

Contrairement aux idées reçues, le risque de surdistension pulmonaire n'existe pas en cas d'augmentation des résistances bronchiques [10] mais survient en cas d'obstruction des voies aériennes supérieures lorsque l'évacuation du gaz injecté dans la trachée est gênée par une obstruction des voies aériennes supérieures, chez un patient non intubé (figure 2). Ce risque potentiel oblige à la surveillance continue de la pression trachéale télé-expiratoire dans le contexte d'une jet-ventilation sans intubation [11]. Le volume de gaz trappé dépend également de l'appareil de jet-ventilation et du système d'injection [12]. Il est très important de favoriser l'échappement des gaz à travers la glotte par la manœuvre de luxation de la mâchoire et une canule.

Comme ceci apparaît sur la figure 2, la différence de pression inspiratoire et expiratoire est faible, de l'ordre de quelques mbar, d'autant plus faible que la fréquence est élevée. La capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) sous jet-ventilation dépend de la fréquence respiratoire et du débit injecté : le maintien de la CRF conditionne la qualité de l'oxygénation.

Ceci a été démontré en réanimation au cours de la ventilation des syndromes de détresse respiratoire aigüe de l'adulte [13] mais n'est pas extrapolable aux patients non intubés où le gain de CRF dépend des résistances à l'écoulement des gaz expirés à travers la glotte.

Des systèmes associant ventilation à haute et basse fréquence ont été utilisés avec des taux de complications extrêmement faibles [14]. Ces systèmes ne sont utilisés que par quelques équipes isolées et n'ont pas encore été diffusés, particulièrement dans la francophonie.

Lors de l'utilisation de la jet-préglottique, la majoration de la quantité de gaz entraîné par accélération du gaz au niveau de l'obstruction des voies aériennes supérieures est responsable d'une augmentation du volume courant, facteur potentiel de surdistension [15] puisque le monitoring des pressions trachéales n'est pas opérant. Ces deux dangers potentiels ne doivent pas faire éliminer cette technique mais doivent rendre prudents les utilisateurs.

Il est difficile de proposer un réglage idéal de la JVHF. La première contrainte vient du système d'injection qui doit permettre une décompression complète du gaz comprimé dans l'espace mort du ventilateur. Ce problème est particulièrement important lors de la ventilation trans-trachéale où le diamètre de l'injecteur est réduit. Les réglages importants sont la FiO_2 et le débit injecté par unité de temps qui détermine le niveau de ventilation. Ce débit est directement en relation avec la section de l'injecteur, la pression de travail et le rapport I/T (tableau 1). Un rapport I/T de 35% est le plus souvent utilisé. Le réglage de la pression de travail dépend de la taille de l'injecteur et du poids du patient.

3. Monitoring respiratoire sous jet-ventilation

3.1 Monitoring de la pression télé-expiratoire

Il est essentiel pour la prévention des accidents de surdistension en cas d'obstacle à l'expiration [16]. La pression trachéale télé-expiratoire (PTE) est mesurée dans le ventilateur à travers l'injecteur et représente la somme de la pression trachéale et de la pression résiduelle dans l'espace-mort du système injecteur en relation avec la décompression des gaz. Elle n'est mesurée qu'en mode automatique sur les appareils de jet et il est essentiel de vérifier le niveau de PTE avant le raccordement au patient. Lorsque le gaz comprimé dans l'espace mort du jet-ventilateur n'a pas le temps de se décompresser, la pression résiduelle en fin d'expiration empêche la mesure fiable de la pression trachéale (figure 3). Il importe donc de n'utiliser ces appareils que dans une gamme de fréquence restreinte (globalement entre 2 et 3 Hz) pour pouvoir bénéficier du monitoring de la PTE [7]. La valeur de la pression trachéale est peu

différente selon que la mesure se fait de façon proximale ou distale le long de la trachée [17]. Seuls des appareils présentant ce système de mesure peuvent être utilisés sans danger. En cas d'obstruction des voies aériennes, l'augmentation de la pression seuil permet d'améliorer la ventilation au prix d'un accroissement de la distension pulmonaire. L'utilisation d'une petite sonde d'intubation ou d'un masque laryngé a également été proposée même en cancérologie cervico-faciale [18].

3.2 Monitoring de la ventilation

Il est très difficile de mesurer le volume courant réellement délivré au patient ; des méthodes indirectes ont été proposées mais n'ont pas été commercialisées. La surveillance clinique des mouvements symétriques de la cage thoracique est donc importante. L'auscultation n'est pas fiable.

Le monitoring du CO₂ est recommandé au cours de la jet-ventilation trans-glottique pour détecter la position œsophagienne de l'injecteur. La mesure continue du CO₂ est possible lors de la jet-trans-glottique grâce aux cathéters double lumière ; l'aspiration du gaz trachéal expose au risque d'obstruction de la ligne de prélèvement par des sécrétions. Le gradient entre la PetCO₂ et la PaCO₂ est important du fait du mélange entre les gaz inspirés et expirés [19]. Pour obtenir une mesure proche de celle des gaz alvéolaires, il faut soit effectuer un grand volume courant soit arrêter la ventilation le temps que le capnographe aspire un échantillon représentatif du gaz alvéolaire, en général après moins de 10 secondes d'apnée [20]. En l'absence de capnographie, le monitoring transcutané de la PaCO₂ a été proposé et s'avère particulièrement utile lors des ventilations de durée supérieure à 20 minutes [21] et en pédiatrie [22].

3.3 Le matériel

Deux respirateurs de jet ventilation sont actuellement commercialisés en France : le Mistral® et le Monsoon™ (Sebac). A la différence du Mistral™, le Monsoon™ permet en option le

réchauffement et l'humidification des gaz inspirés. Lors de l'utilisation de la jet-ventilation, la prévention du barotraumatisme passe par la mesure de la PTE. Les caractéristiques du circuit respirateur et de l'injecteur sont fondamentales. L'évacuation des gaz comprimés se fait à travers l'injecteur et la mesure de la pression de fin d'expiration n'est valide que si le gaz comprimé dans le ventilateur a eu le temps de s'évacuer à l'extérieur. La baisse de la pression dans le circuit en fin d'expiration dépend du volume des gaz comprimés dans le circuit (proportionnel au volume du circuit respirateur, à la pression de travail), du temps expiratoire (fréquence respiratoire et I/T) mais surtout des résistances à l'évacuation des gaz et donc des caractéristiques de l'injecteur : longueur et diamètre (tableau 2) [7]. Si la durée de l'expiration diminue, la pression mesurée est largement influencée par la pression résiduelle dans le circuit [7]. Par exemple, pour une pression de travail de 2 bars et un volume du circuit respirateur de 20 ml, cette durée est de 330 ms avec le seldicath™ (400 ms à 3 bars), et de 100 ms avec le cathéter de Ravussin (75 ms si le volume du circuit est de 7 ml). Ceci explique pourquoi le Mistral™ se met rapidement en alarme de pression haute avec le seldicath™ (figure 3). Plusieurs injecteurs sont disponibles en France (tableau 2). Les injecteurs introduits dans la trachée par la méthode de Seldinger sont des cathéters vasculaires, utilisés en dehors de leur indication princeps faute de disposer d'un cathéter spécifique. L'utilisation de cathéters veineux périphériques est proscrite car ils se coudent facilement à l'orifice cutané. En dehors du Seldicath, les propriétés de ces injecteurs sont comparables et permettent leur utilisation avec le Mistral sous réserve de limiter la fréquence à 2 ou 3 Hz et le rapport I/T à 0,35.

4. Indications de la jet-ventilation en anesthésie

Quelque soit l'indication proposée, il n'existe pas d'études prospectives randomisées ayant comparé la jet-ventilation à la ventilation conventionnelle en anesthésie. Les études publiées sont en règle des études de cohorte ou des enquêtes.

4.1 Anesthésie en ORL

4.1.1. Adulte

L'indication principale concerne les endoscopies ORL et particulièrement la laryngoscopie en suspension. L'avantage de cette technique est qu'elle procure une excellente visualisation des structures laryngées et facilite ainsi le geste chirurgical [23]. Aucune étude publiée n'a étudié la possibilité de réaliser des actes sous jet-ventilation en ambulatoire. Néanmoins, les complications ne survenant en règle jamais de façon retardée, il est probable que la pratique de l'ambulatoire soit possible. Cette hypothèse est confirmée par certains utilisateurs qui en ont l'expérience.

Les trois systèmes d'injection ont été étudiés. La jet-ventilation pré-glottique n'est guère utilisée dans ce contexte et les risques de surdistension et d'insufflation gastrique doivent être connus. La jet-ventilation trans-glottique est délivrée à travers différents injecteurs commercialisés (tableau 2). La jet-ventilation trans-trachéale présente l'avantage d'éviter les manœuvres de laryngoscopie, empêchant ainsi d'éventuelles lésions muqueuses prêtes à confusion avec de véritables atteintes pathologiques. Cette technique est par ailleurs particulièrement adaptée en cas de difficultés d'intubation [24]. De larges études incluant plusieurs centaines de patients ont montré qu'elle était facile à utiliser moyennant une formation initiale [9,23,25] ; ceci concerne également la chirurgie laryngée par laser [26]. La nécessité de contrôler la FiO_2 à un niveau inférieur à 40% est la même en jet ventilation qu'en ventilation conventionnelle. L'ignition des gaz inspiratoires impose l'arrêt immédiat de la ventilation. Les emphysèmes sous cutanés et les pneumo-médiastins ne sont pas rares. Les gaz injectés passent dans ces espaces soit par l'orifice cutané et l'emphysème sous cutané est d'importance variable soit par une plaie trachéale à l'extrémité distale du cathéter et l'emphysème médiastinal prédomine (douleur thoracique). Ces complications sont bénignes quoique parfois impressionnantes. Les pneumothorax liés à une surpression par obstruction

des voies aériennes [23] sont parfois compressifs ; lorsqu'ils sont en relation avec un emphysème médiastinal, ils ne nécessitent pas habituellement de drainage.

En chirurgie ORL ou maxillo-faciale, la ventilation trans-trachéale permet d'éviter souvent la trachéotomie chez des patients dont le management des voies aériennes est complexe en cours de procédure [27] ou de façon prophylactique [28] ou même en situation de sauvetage d'une asphyxie par une volumineuse tumeur glottique [29].

La jet-ventilation s'est avérée utile au cours de certaines chirurgies laryngées et sous laryngée : chirurgie reconstructive de la filière laryngo-trachéale, résection de sténose trachéale, fistule trachéo-œsophagienne [1]. Dans tous les cas, la protection des voies aériennes vis-à-vis de l'inhalation (sang ou liquide digestif) n'est pas assurée.

L'obstruction des voies aériennes supérieures par un obstacle sus ou sous glottique est également une indication de jet ventilation [30] ; la mise en pression positive des voies aériennes supérieures permet l'augmentation du calibre de la glotte, favorisant ainsi sa visualisation. Dans ce contexte difficile [16], la ventilation trans-trachéale ne remplace pas la trachéotomie sous anesthésie locale qui reste indiquée surtout après échec du traitement médical : aérosol, corticoïdes, antibiotiques et vasoconstricteur. Elle est utile pour maintenir l'oxygénation au cours des trachéotomies délicates techniquement ou par manque de coopération du patient [31], là où l'intubation sous fibroscope est contre indiquée [32]. L'utilisation de la jet-ventilation dans ces situations critiques requière néanmoins de l'expérience.

Dans certains cas, la ponction peut s'avérer difficile pour des raisons anatomiques (œdème cervical, sclérose ou goitre). La lecture du scanner cervical est utile [32] et la ponction trachéale sous anesthésie locale est une mesure de prudence après information du patient. Les contre indications de la ponction intercricothyroïdienne sont rares : infection cutanée ou sous cutanée au regard de la ponction et intubation récente car les éventuels granulomes post-intubation sont situés dans cette zone. Il est préférable d'éviter de piquer en

zone tumorale lorsque la tumeur laryngée a une extension sous glottique. Néanmoins, ce risque potentiel s'efface en cas de jet-ventilation de sauvetage.

La chirurgie laryngée au laser est un réel sujet de débat. A notre connaissance, seul un travail de type enquête a comparé l'intubation et la jet ventilation au cours de la chirurgie laser du larynx [26]. Dans cet article, la complication principale de la jet-ventilation est le pneumothorax où le pronostic vital n'a jamais été mis en jeu (mais les dispositifs de jet ne disposaient pas de système de protection vis-à-vis de la surdistension pulmonaire). Il faut être particulièrement attentif à l'endommagement du cathéter par le faisceau, source de difficultés de ventilation, d'emphysème sous-cutané géant et de pneumothorax. En revanche, le feu trachéal est une complication rare mais grave lorsque l'intubation a été choisie. Même si l'utilisation de sonde spécifique au laser limite le risque, elle ne le supprime pas complètement. Le seul décès de cette série était justement lié à une sonde d'intubation qui s'était enflammée pendant la chirurgie.

4.1.2. Pédiatrie

Au cours de l'endoscopie pédiatrique interventionnelle, la jet ventilation apporte un plus indéniable par rapport aux autres techniques de ventilation: liberté du champ opératoire, immobilité, continuité du geste et évacuation de la fumée du laser par le flux expiratoire. Selon une étude américaine, l'utilisation de la jet est en constante progression et concerne actuellement 25 % des enfants traités pour papillomatose laryngée [33]. Par contre cette technique engendre plus de problèmes que la ventilation conventionnelle et est réservée à des anesthésistes connaissant la pratique de la jet-ventilation en pédiatrie. Elle ne devrait se pratiquer que dans des centres dédiés et sa pratique réservée à quelques anesthésistes et ORL entraînés [22]. Ses principales indications sont la laryngomalacie, l'hémangiome sous-glottique, la papillomatose laryngée et l'utilisation du laser en microchirurgie laryngée. L'utilisation d'un ventilateur de jet muni d'un seuil de pression télé-expiratoire est obligatoire, la jet manuelle est dangereuse chez l'enfant. En pédiatrie, une seule équipe a développé et

publié la jet sus-glottique délivré par un ventilateur spécifique délivrant deux insufflations simultanées l'une à haute et l'autre à basse fréquence via deux injecteurs intégrés au microlaryngoscope (superimposed high-frequency jet ventilation). Ils ne rapportent aucune complication [34].

Il existe très peu d'injecteurs de jet dédiés à la pédiatrie :

- Pour la voie transtrachéale, le cathéter de Ravussin™ 18G [35]
- En voie transglottique, la plus utilisée, le cathéter COOK™ pédiatrique creux.

Le plus petit fait 2.5 mm de diamètre externe et peut être utilisé déjà chez le nourrisson. En l'absence de matériel dédié, chez le petit enfant, on utilise un cathéter veineux central ou une sonde urétérale 8 french [36].

L'enfant en dessous de 5 ans a une compliance pulmonaire plus basse et des résistances bronchiques plus élevées que l'adulte. Par conséquent, la pression d'insufflation doit être plus élevée et le temps expiratoire prolongé. La mise en marche de la jet se fait avec une PTE réglée entre 1 et 4 cmH₂O, un temps inspiratoire entre 20 et 30 % , une pression de travail de 0,1 bar que l'on augmente progressivement jusqu'à 0,03 bar.kg⁻¹ [34] et une fréquence basse (60 min⁻¹) à augmenter également sous étroite surveillance clinique [22]. La fréquence typique est comprise entre 200 et 300/min ce qui permet de réduire la pression d'insufflation.

Le monitoring spécifique concerne la surveillance clinique de la respiration, la pression télé-expiratoire du ventilateur et le monitoring transcutané du CO₂ qui est très fiable chez l'enfant [37]. L'utilisation d'un système de réchauffement externe de l'enfant ou interne des gaz insufflés est indispensable.

La principale complication est le barotraumatisme lié à l'obstruction de la filière laryngée : laryngospasme ou toux sur profondeur d'anesthésie et/ou curarisation insuffisante, tampon chirurgical etc.

4.2. Anesthésie en chirurgie trachéale

Les indications concernent essentiellement la désobstruction de la trachée au laser où la problématique est assez comparable à celle de la pathologie laryngée. Le système d'injection est différent puisque le gaz est injecté le plus souvent à travers le canal latéral du bronchoscope [38]. Ce système est utilisé pour la mise en place de prothèse laryngée, trachéale et bronchique et pour les désobstructions laser ou non. Comme en laryngologie, les complications liées à la jet-ventilation sont sans conséquences cliniques postopératoires, contrairement aux complications chirurgicales et particulièrement les échecs de désobstruction.

La jet-ventilation a été proposée pour améliorer le confort chirurgical au cours des résections anastomoses de la trachée - soit d'emblée, le KT est mis en place au travers de la sonde d'intubation qui est retirée - soit lors de la section-suture de la trachée qui est faite « autour » du KT de jet. Citons le cas particulier de la chirurgie de la carène [39,40]. Lors de la suture du mur trachéal postérieur, la sonde d'intubation est retirée et le cathéter de jet poussé à travers l'extrémité distale de la trachée.

En chirurgie thoracique, la jet est un moyen de sauver pendant la chirurgie une situation ventilatoire dramatique : ballonnet crevé, extubation accidentelle,

4.3. Ventilation transtrachéale lors des difficultés de ventilation au masque

La ventilation transtrachéale fait partie de tous les algorithmes d'oxygénation difficile [41,42]. Elle se place comme solution alternative au Fastrach™ en cas d'échec ou de contre indication. Habituellement, il est recommandé d'utiliser un appareil de jet manuel de type manujet™. Néanmoins, dans le contexte de la chirurgie ORL et maxillo-faciale, cette technique génère plus de complications sévères voire létales. C'est la raison pour la quelle la JVHF peut être recommandée en cas de difficulté d'oxygénation dans le contexte de cette

spécialité et dans des structures où elle est utilisée en routine. Le taux de succès est excellent avec un taux mineur de complications [43]. Dans des mains peu expérimentées, le taux de complications peut être élevé [44].

La ventilation trans-trachéale est connue de 34% des anesthésistes des hôpitaux universitaires américains [45] et pratiquée par 16 % des anesthésistes français¹.

5. Complications de la jet-ventilation

5.1 Barotraumatisme pulmonaire

Il survient le plus souvent en cas d'obstacle à l'expiration et plus rarement lorsque l'extrémité de l'injecteur est trop distale. Il est largement prévenu par le monitoring continu de la pression trachéale en fin d'expiration. Lorsque la pression trachéale télé-expiratoire dépasse la valeur pré-réglée, l'insufflation suivante est suspendue le temps que la pression trachéale repasse sous le niveau pré-réglé. En son absence, la prudence est de mise et la surveillance visuelle et auditive de la qualité de l'expiration se doit d'être attentive et continue. Dans ce contexte, la JVHF sans sécurité sur l'hyperpression trachéale doit se faire à petit débit dans un objectif d'oxygénation plutôt que de ventilation.

Ce monitoring ne supprime pas complètement le risque de pneumomédiastin ou de pneumothorax qui peut être lié à une détérioration de l'injecteur par le faisceau laser.

Rarement (0,5% environ), le pneumothorax complique une jet-ventilation sans qu'aucune cause ne puisse être identifiée ; ces pneumothorax sont en règle bénins et ne nécessitent pas forcément un drainage voire même une évacuation [9].

La surpression pulmonaire n'est pas le seul mécanisme impliqué dans la genèse des pneumothorax : blessure directe de la muqueuse trachéale par l'extrémité distale du cathéter

¹ [Lefevre Laurent. Thèse de médecine Université Victor Segalen Bordeaux 2 2007]

[46] ou position bronchique de l'extrémité en trans-glottique ou en trans-trachéale chez un patient ayant une trachée courte.

5.2 Difficultés de ventilation

Obstruction des voies aériennes supérieures

La mise en jeu de la sécurité sur la pression télé-expiratoire tend à diminuer la fréquence respiratoire et à générer une hypoventilation alvéolaire.

Broncho pneumopathie obstructive (BPCO)

Le risque de ventiler un patient porteur d'une BPCO sévère ne réside pas au niveau du barotraumatisme ; en JVHF, le fait de ventiler à fréquence élevée n'induit pas de surdistension pulmonaire en cas d'élévation des résistances bronchiques [10], même en cas de ventilation de patients dont la BPCO est à un stade très avancé [47]. En revanche, la qualité de l'oxygénation et de la ventilation alvéolaire se dégrade chez le BPCO sévère (Volume expiré maximum par seconde VEMS < 1500 ml.sec⁻¹). Ceci ne veut pas dire que la JVHF est contre indiquée formellement en dessous de ce seuil mais que la probabilité d'observer des problèmes d'échanges gazeux est d'autant plus importante que le VEMS est bas.

Obésité

Le risque d'altération des gaz du sang est d'autant plus important que le patient est en surpoids [10]. Ceci s'explique facilement par les difficultés à maintenir une CRF suffisante pour ventiler au-dessus du volume de fermeture. Il existe une relation linéaire entre VT et index de poids corporel [48]; l'obésité morbide est donc plutôt une contre indication de la JVHF.

Détérioration de l'injecteur

Cette complication est décrite dans la majorité des études ayant colligé la morbidité au cours de la jet-ventilation [49]. Il est nécessaire d'utiliser des injecteurs plutôt rigides afin d'éviter qu'ils ne se plient pendant la procédure. Une trop grande rigidité expose la muqueuse trachéale à des lésions au contact de l'extrémité distale de l'injecteur.

Les cathéters intraveineux courts ont tendance à se plier au niveau de leur émergence cutanée et ne doivent donc pas être utilisés pour la ventilation transtrachéale. Il est recommandé de n'utiliser que des injecteurs spécifiques, dédiés à la jet.

Hypothermie

Lors de la décompression dans la trachée, la température des gaz s'effondre pour atteindre des valeurs inférieures à 15°C. Il existe donc un risque potentiel d'hypothermie lors des interventions longues. La surveillance de la température voire l'utilisation de méthode de réchauffement actif est donc recommandée pour les interventions de plus de 30 minutes et systématiquement en pédiatrie.

6. Contre-indications de la jet-ventilation

Elles sont toutes relatives et s'effacent devant l'urgence d'un défaut d'oxygénation

- L'obésité morbide car la qualité de l'oxygénation est souvent médiocre.
- La ponction intercricothyroïdienne sera prudente en cas de difficulté de repérage de la membrane par la palpation. Le scanner ou l'IRM cervical est utile dans ce contexte.
- L'absence de formation de l'équipe anesthésique et d'équipement dédié
- L'utilisation de la JVHF doit être d'autant plus prudente que l'enfant est jeune et est du domaine des équipes très spécialisées.

7. Enseignement de la jet-ventilation

Dans le texte long de la conférence d'experts sur l'intubation difficile [50], les experts insistent sur le peu de connaissances des praticiens sur les techniques de sauvetage (deux tiers des étudiants anesthésistes en fin formation initiale ne connaissent pas la jet de sauvetage), l'insuffisance de la formation universitaire et la rareté des formations spécifiques. Le développement d'une démarche pédagogique cohérente est plus que jamais nécessaire et doit reposer sur des principes simples :

- Standardisation des pratiques enseignées pour aller à l'essentiel
- Formation théorique sur les principes de la jet-ventilation
- Formation pratique sur mannequin pour la ponction intercricothyroïdienne et sur modèle de poumon ou simulateur pour la pratique de la ventilation. Nul n'est forcément besoin d'un simulateur complexe pour faire comprendre le potentiel délétère d'une ventilation à trop gros débit.
- Pour reprendre le texte des recommandations de la SFAR [50] : « l'enseignement de la ventilation trans-trachéale pose de réels problèmes du fait de la faible diffusion de cette technique en chirurgie réglée. Seuls quelques anesthésistes exerçant en ORL ou en chirurgie maxillo-faciale utilisent régulièrement ce type de ventilation. Le repérage en routine de l'espace intercricothyroïdien devrait être généralisé. Des solutions alternatives d'enseignement doivent être développées comme l'injection trans-trachéale de lidocaïne avant une intubation sans curare ou sous fibroscope ».

Le CARORL, à travers ce travail de synthèse et autour de son site internet se doit de relever ce challenge et d'organiser la formation de cette technique au demeurant simple mais peu diffusée de par la rareté de ces indications. Seront disponibles un enseignement théorique, des films, une base documentaire et un listing des services où cette technique est utilisée en routine et où des stagiaires peuvent s'y familiariser.

Parallèlement, un effort d'apprentissage de cette technique doit être réalisé au cours de la formation initiale et les DES devraient passer dans les services expérimentés pour que les notions de base et la gestuelle leur soient enseignés.

Ces deux stratégies représentent une solution à la familiarisation jugée nécessaire tant par les anesthésistes francophones autour de ce travail que par leurs collègues britanniques [3].

Tableaux

Tableau 1 : volume / minute administré par le GR300™ et le Mistral™ en fonction du cathéter et de la pression de travail (Volume du connecteur 7 ml) [7].

		Débit de l'injecteur (l/min)	
Cathéter	Ventilateur	Pression de travail 2 bars	Pression de travail 3 bars
Ravussin	GR300	5,9	8,1
	Mistral	7,0	8,6
ENK	GR300	5,3	7,5
	Mistral	6,8	8,3
Transglottique Acutronic	GR300	5,0	7,4
	Mistral	6,6	8,3

Tableau 2 Liste des injecteurs disponibles en France et leurs principales caractéristique

Voie d'abord	Cathéter	Fabricant	Longueur (cm)	Diamètre (mm)
Trans-trachéale	ENK™	Cook	7,5	2
	Leadercath™	Vygon	9	2
	Ravussin™	VBM	6,5	2,4
	Seldicath™	Plastimed	11	2
Trans-glottique	Hunsaker Monjet™	XoMed	35,5	4,3
	Acucath™	Acutronic	40	2

Références

1. Evans KL, Keene MH, Bristow AS. High-frequency jet ventilation--a review of its role in laryngology. *J Laryngol.Otol.* 1994 ; 108 : 23-5
2. Cros AM. Réactualisation de la conférence d'experts sur l'intubation difficile : et après ? *Ann Fr Anesth Reanim* 2008 ; 27 : 1-2
3. Cook TM, Alexander R. Major complications during anaesthesia for elective laryngeal surgery in the UK: a national survey of the use of high-pressure source ventilation. *Br.J Anaesth.* 2008 ; 101 : 266-72
4. Bould MD, Bearfield P. Techniques for emergency ventilation through a needle cricothyroidotomy. *Anaesthesia* 2008 ; 63 : 535-9
5. Bourgain JL, Beydon L, Bourgain L. Modélisation des écoulements gazeux pulsés : application à la jet ventilation à haute fréquence. *C.R.Acad Sci* 1990 ; 310 : 133-8
6. Guenard H, Cros AM, Boudey C. Variations in flow and intraalveolar pressure during jet ventilation: theoretical and experimental analysis. *Respir.Physiol* 1989 ; 75 : 235-45
7. Gueret G, Rossignol B, Ferrec G, Arvieux CC, Bourgain JL. Etude d'un respirateur de let ventilation : le Mistral sur banc d'essai. *Ann Fr Anesth Reanim* 2006 ; 25 : 1030-3
8. Gilbert TB. Gastric rupture after inadvertent esophageal intubation with a jet ventilation catheter. *Anesthesiology* 1998 ; 88 : 537-8
9. Bourgain JL, Desruennes E, Fischler M, Ravussin P. Transtracheal high frequency jet ventilation for endoscopic airway surgery: a multicentre study. *Br J Anaesth* 2001 ; 87 : 870-5
10. Desruennes E, Bourgain JL, Mamelle G, Luboinski B. Airway obstruction and high-frequency jet ventilation during laryngoscopy. *Ann Otol.Rhinol.Laryngol.* 1991 ; 100 : 922-7
11. Bourgain JL, Desruennes E, Cosset MF, Mamelle G, Belaiche S, Truffa-Bachi J. Measurement of end-expiratory pressure during transtracheal high frequency jet ventilation for laryngoscopy. *Br J Anaesth* 1990 ; 65 : 737-43
12. Spackman DR, Kellow N, White SA, Seed PT, Feneck RO. High frequency jet ventilation and gas trapping. *Br.J Anaesth.* 1999 ; 83 : 708-14
13. Rouby JJ, Viars P. Clinical use of high frequency ventilation. *Acta Anaesthesiol.Scand.Suppl* 1989 ; 90 : 134-9
14. Rezaie-Majd A, Bigenzahn W, Denk DM, Burian M, Kornfehl J, Grasl MC et al . Superimposed high-frequency jet ventilation (SHFJV) for endoscopic laryngotracheal surgery in more than 1500 patients. *Br.J Anaesth.* 2006 ; 96 : 650-9

15. Buczkowski PW, Fombon FN, Lin ES, Russell WC, Thompson JP. Air entrainment during high-frequency jet ventilation in a model of upper tracheal stenosis. *Br.J Anaesth.* 2007 ; 99 : 891-7
16. McLeod AD, Turner MW, Torlot KJ, Chandradeva K, Palin C. Safety of transtracheal jet ventilation in upper airway obstruction. *Br.J Anaesth.* 2005 ; 95 : 560-1
17. Patel C, Diba A. Measuring tracheal airway pressures during transtracheal jet ventilation: an observational study. *Anaesthesia* 2004 ; 59 : 248-51
18. Williams A, Patel A, Ferguson C. High frequency jet ventilation through the laryngeal mask airway in a critically obstructed airway. *Anaesthesia* 2008 ; 63 : 1369-71
19. Gottschalk A, Mirza N, Weinstein GS, Edwards MW. Capnography during jet ventilation for laryngoscopy. *Anesth Analg.* 1997 ; 85 : 155-9
20. Bourgain JL, McGee K, Cosset MF, Bromley L, Meistelman C. Carbon dioxide monitoring during high frequency jet ventilation for direct laryngoscopy. *Br.J.Anaesth.* 1990 ; 64 : 327-30
21. Biro P, Eyrich G, Rohling RG. The efficiency of CO₂ elimination during high-frequency jet ventilation for laryngeal microsurgery. *Anesth Analg.* 1998 ; 87 : 180-4
22. Hammar-Vergnes F, Cros AM. Utilisation de la jet ventilation en pédiatrie. *Ann Fr Anesth Reanim* 2003 ; 22 : 671-5
23. Jaquet Y, Monnier P, Van Melle G, Ravussin P, Spahn DR, Chollet-Rivier M. Complications of different ventilation strategies in endoscopic laryngeal surgery: a 10-year review. *Anesthesiology* 2006 ; 104 : 52-9
24. Russell WC, Maguire AM, Jones GW. Cricothyroidotomy and transtracheal high frequency jet ventilation for elective laryngeal surgery. An audit of 90 cases. *Anaesth.Intensive Care* 2000 ; 28 : 62-7
25. Shikowitz MJ, Abramson AL, Liberatore L. Endolaryngeal jet ventilation: a 10-year review. *Laryngoscope* 1991 ; 101 : 455-61
26. Cozine K, Stone JG, Shulman S, Flaster ER. Ventilatory complications of carbon dioxide laser laryngeal surgery. *J Clin Anesth* 1991 ; 3 : 20-5
27. Gulleth Y, Spiro J. Percutaneous transtracheal jet ventilation in head and neck surgery. *Arch.Otolaryngol.Head Neck Surg.* 2005 ; 131 : 886-90
28. Gerig HJ, Schnider T, Heidegger T. Prophylactic percutaneous transtracheal catheterisation in the management of patients with anticipated difficult airways: a case series. *Anaesthesia* 2005 ; 60 : 801-5
29. Standley TD, Smith HL. Emergency tracheal catheterization for jet ventilation: a role for the ENT surgeon? *J Laryngol.Otol.* 2005 ; 119 : 235-6
30. Chandradeva K, Palin C, Ghosh SM, Pinches SC. Percutaneous transtracheal jet ventilation as a guide to tracheal intubation in severe upper airway obstruction from supraglottic oedema. *Br.J Anaesth.* 2005 ; 94 : 683-6

31. Bourgain JL, Desruennes E, Julieron M. Ventilation transtrachéale dans les dyspnées laryngées d'origine néoplasique. *Ann Fr Anesth Reanim* 1996 ; 15 : 266-70
32. Mason RA, Fielder CP. The obstructed airway in head and neck surgery. *Anaesthesia* 1999 ; 54 : 625-8
33. Schraff S, Derkay CS, Burke B, Lawson L. American Society of Pediatric Otolaryngology members' experience with recurrent respiratory papillomatosis and the use of adjuvant therapy. *Arch.Otolaryngol.Head Neck Surg.* 2004 ; 130 : 1039-42
34. Mausser G, Friedrich G, Schwarz G. Airway management and anesthesia in neonates, infants and children during endolaryngotracheal surgery. *Paediatr.Anaesth.* 2007 ; 17 : 942-7
35. Depierraz B, Ravussin P, Brossard E, Monnier P. Percutaneous transtracheal jet ventilation for paediatric endoscopic laser treatment of laryngeal and subglottic lesions. *Can.J Anaesth.* 1994 ; 41 : 1200-7
36. Koomen E, Poortmans G, Anderson BJ, Janssens MM. Jet ventilation for laryngotracheal surgery in an ex-premature infant. *Paediatr.Anaesth.* 2005 ; 15 : 786-9
37. Berkenbosch JW, Tobias JD. Transcutaneous carbon dioxide monitoring during high-frequency oscillatory ventilation in infants and children. *Crit Care Med.* 2002 ; 30 : 1024-7
38. Fernandez-Bustamante A, Ibanez V, Alfaro JJ, de Miguel E, German MJ, Mayo A et al . High-frequency jet ventilation in interventional bronchoscopy: factors with predictive value on high-frequency jet ventilation complications. *J Clin.Anesth* 2006 ; 18 : 349-56
39. Crinquette V, Wurtz A, Leroy S, Dalmas S. [Resection and reconstruction of the carina with separate two-lung high-frequency jet ventilation]. *Ann Chir* 1989 ; 43 : 673-6
40. Perera ER, Vidic DM, Zivot J. Carinal resection with two high-frequency jet ventilation delivery systems. *Can.J Anaesth.* 1993 ; 40 : 59-63
41. Benumof JL, Scheller MS. The importance of transtracheal jet ventilation in the management of the difficult airway. *Anesthesiology* 1989 ; 71 : 769-78
42. Langeron O, Bourgain JL, Laccoureye O, Legras A, Orliaguet G. Stratégies et algorithmes de prise en charge d'une difficulté de contrôles des voies aériennes. Question 5. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2008 ; 27 : 41-5
43. de Guibert JM, Chaban V, Puizillout JM, Bourgain J. Jet ventilation de sauvetage au cours des intubations difficiles [abstract]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2007 ; 26 : R174
44. Parmet JL, Colonna-Romano P, Horrow JC, Miller F, Gonzales J, Rosenberg H. The laryngeal mask airway reliably provides rescue ventilation in cases of unanticipated difficult tracheal intubation along with difficult mask ventilation. *Anesth Analg.* 1998 ; 87 : 661-5

45. Ezri T, Szmuk P, Warters RD, Katz J, Hagberg CA. Difficult airway management practice patterns among anesthesiologists practicing in the United States: have we made any progress? *J Clin. Anesth* 2003 ; 15 : 418-22
46. Dhara SS, Liu EH. Measuring tracheal pressure during jet ventilation. *Anaesthesia* 2004 ; 59 : 617-8
47. Myles PS, Evans AB, Madder H, Weeks AM. Dynamic hyperinflation: comparison of jet ventilation versus conventional ventilation in patients with severe end-stage obstructive lung disease. *Anaesth. Intensive Care* 1997 ; 25 : 471-5
48. Abad HL, Ajalloueyan M, Jalali AR. Impact of body mass index (BMI) on ventilation during low-frequency jet ventilation. *Otolaryngol. Head Neck Surg.* 2007 ; 136 : 477-80
49. Patel RG. Percutaneous transtracheal jet ventilation: a safe, quick, and temporary way to provide oxygenation and ventilation when conventional methods are unsuccessful. *Chest* 1999 ; 116 : 1689-94
50. Fischler M, Bourgain JL, Chastre J, Bally B, Ravussin P, Richard M. Enseigner les stratégies et techniques à mettre en oeuvre en cas de difficultés d'accès aux voies aériennes supérieures: question 7. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation]. *Ann Fr Anesth Reanim* 2008 ; 27 : 54-62