

# Oxygène à Haut Débit en Anesthésie et en Réanimation

Dr Paul Crofts<sup>1</sup>, Dr. Fui Yong<sup>2</sup>, Dr Mark Smith<sup>3</sup>, Dr. Shaun McMahon<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Anesthésiste en formation, Barnsley Hospital, UK

<sup>2</sup>Anesthésiste Senior en formation, Royal Victoria Hospital, Newcastle, UK

<sup>3</sup>Anesthésiste Consultant Rotherham General Hospital, UK

<sup>4</sup>Anesthésiste Consultant Freeman Hospital, UK

Editeur de l'ATOTW: Dr Alison Jackson, Spécialiste en Anesthésie, Waikato Hospital, Hamilton, New Zealand

Traduction en Français: Dr Patricia Yazbeck, Hôpital Hôtel-Dieu de France de Beyrouth-CHU de l'Université Saint Joseph, Beyrouth-Liban

Email du correspondant: paulcrofts@nhs.net

Publié le 8 December 2020



## POINTS CLES

- L'oxygénation à haut débit délivre l'oxygène à des débits équivalents ou supérieurs au débit inspiratoire de pointe des patients, soit de 40 à 70L/min
- Une pression positive dans les voies aériennes est obtenue avec ces hauts débits avec approximativement, une augmentation de 1cm H<sub>2</sub>O pour chaque 10L/min de débit au dessus de 30L/min
- L'augmentation du CO<sub>2</sub> durant l'apnée est moindre avec les hauts débits (40-70L/min) qu'au cours de l'oxygénation conventionnelle durant une apnée.
- Le temps d'apnée peut être ainsi prolongé en toute sécurité jusqu'à 22 minutes avec l'utilisation de l'oxygénation nasale à haut débit.
- L'oxygène à haut débit a un rôle dans la prise en charge de l'insuffisance respiratoire hypoxémique des patients en réanimation.

## INTRODUCTION

L'administration d'oxygène aux patients se fait d'habitude à travers un masque facial ou une canule nasale. Typiquement, ces méthodes délivrent de l'oxygène à bas débit et non humidifié jusqu'à un débit de 15 L/min, souvent sans une fraction d'oxygène inspiré bien définie (FiO<sub>2</sub>). Les systèmes conventionnels d'oxygénation ne peuvent pas administrer l'oxygène à des débits suffisamment élevés pour concurrencer le débit inspiratoire de pointe du patient. Le patient va donc finir par entraîner de l'air ambiant à chaque inspiration et il n'obtiendra pas la concentration d'oxygène désirée (1,2).

L'oxygène nasal à haut débit est administré à travers une canule nasale spéciale et peut arriver à un débit de 70 L/min avec une FiO<sub>2</sub> proche de 100% (1). Son utilisation en réanimation chez des patients en respiration spontanée est bien établie et de nouvelles indications apparaissent en anesthésie. Les études qui confirment l'utilisation dans ce domaine incluent l'étude THRIVE (Transnasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange) chez des patients apnéiques et l'étude STRIVE Hi (Spontaneous Respiration using IntraVenous anaesthesia and High-flow nasal oxygen) chez des patients en respiration spontanée sous anesthésie (3,4).

L'utilisation combinée d'une canule nasale à bas débit d'oxygène et d'un masque facial pour l'oxygénation apnéique peut aussi augmenter l'intervalle avant une désaturation durant les tentatives d'intubation. (Figures 1, 2). Ceci reste une technique importante surtout dans les milieux à ressources limitées où l'équipement nécessaire pour un haut débit d'oxygène n'est pas disponible.

Ce tutoriel a pour but de fournir une courte vue générale de l'utilisation actuelle de l'oxygénation nasale à haut débit en anesthésie et en réanimation.

*Un test en ligne est disponible pour l'Education Médicale Continue (CME) auto-réalisée.*

*Le temps nécessaire pour réaliser ce test est de 1 heure. Prière d'enregistrer ce temps et le signaler à vos organismes accréditeurs, si vous voulez obtenir les points CME. Un certificat vous sera attribué dès que vous passerez le test. Prière de vous référer à la politique d'accréditation ici : [here](#).*

**TEST EN LIGNE**

Subscribe to ATOTW tutorials by visiting [www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week](http://www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week)



Figure 1. La période d'apnée peut être prolongée par l'administration de 15 L/min d'oxygène à travers un masque facial et une sonde nasale durant la pré-oxygénation. L'utilisation d'une sonde nasale peut aussi être combinée à l'oxygénation par masque facial via la machine d'anesthésie ou les circuits ventilatoires de transport (ex. Mapleson C ou F). Image reproduite à permission de <https://epmonthly.com/article/no-desat/>

## ADMINISTRATION D'OXYGENE A HAUT DEBIT

L'oxygène à haut débit est administré habituellement à travers une large canule nasale pour haut débit. Le système d'administration utilise un débitmètre à haut débit calibré et dans certains types d'équipements, il y a aussi un système de contrôle pour déterminer la concentration de l'oxygène inspiré (Figure 3 & 4).

Une  $FiO_2$  variable est obtenue via un connecteur en Y et deux débitmètres ou bien des mélangeurs calibrés à valve proportionnelle (2). L'humidification et le réchauffement de l'oxygène sont des éléments clés pour permettre la tolérance par les patients de débits aussi hauts. Les fabricants ont différentes façons pour obtenir ceci mais une humidification relative de 95-100% et des températures de gaz de 33-38°C sont possibles (1). L'humidification est obtenue par des cartouches à vapeur, des humidificateurs à bulles ou des plaques chauffées. La tubulure connectant le contrôleur de débit au patient doit être réchauffé pour éviter la condensation à l'intérieur de la tubulure. Les connecteurs sur le circuit inspiratoire ont un diamètre de 15mm ou 22mm, permettant la connexion à une trachéotomie si indiquée. La nébulisation de médicaments est possible à travers des aérosoliseurs intégrés dans le système d'administration de l'oxygène à haut débit (1).

## AVANTAGES PHYSIOLOGIQUES DE LA CANULE NASALE A HAUT DEBIT

### Prolongation du temps d'apnée et élimination du CO<sub>2</sub>

Les anesthésistes peuvent prolonger le temps d'apnée pendant la pré-oxygénation, mais sans ventilation, les patients désaturent en quelques minutes. La technique d'échange ventilatoire par insufflation rapide et humidifiée par voie transnasale ou Transnasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE) via une canule nasale à haut débit d'oxygène est une technique d'oxygénation en apnée dont l'utilisation a permis de prolonger avec succès la période d'apnée, jusqu'à 65 minutes, tout en diminuant le degré d'ascension du CO<sub>2</sub> (4). Ceci a aussi été trouvé utile dans la prise en charge des patients avec airway difficile (5). L'essai THRIVE a inclus 31 patients avec un temps d'apnée moyen de 22.5 minutes avec des extrêmes allant de 11 à 33 minutes, pour des chirurgies accomplies avec succès chez 30 patients. Un patient a dû avoir une jet ventilation après arrêt de la technique à cause de la survenue de l'un des critères d'arrêt ( $PaCO_2$ : 11kPa).



Figure 2. L'oxygène continue à être délivré à travers la canule nasale pendant la période d'apnée durant l'intubation. Reproduit après permission de <https://epmonthly.com/article/no-desat/>



Figure 3. Canule nasale à haut débit connectée au patient.  
Reproduit après permission de <https://www.armstrongmedical.net/product/point-blender/>

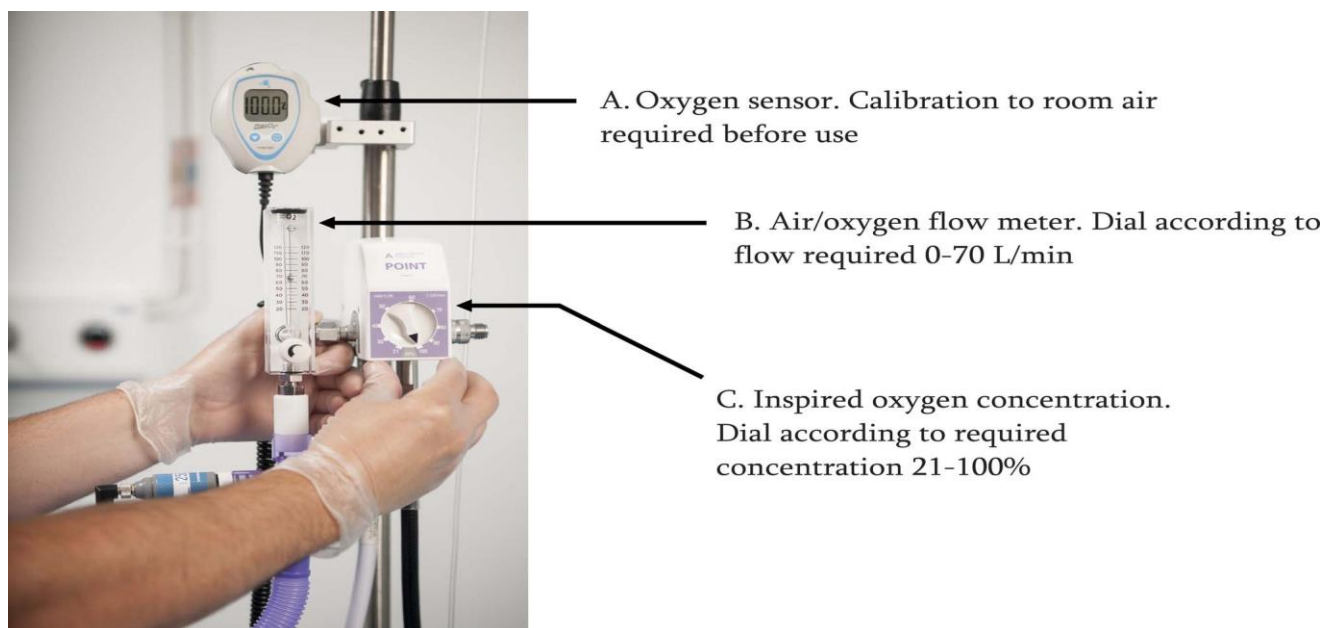


Figure 4. Débitmètre calibré pour haut débit en plus d'un système de contrôle de la concentration inspirée d'oxygène.  
Reproduit après permission de <https://www.armstrongmedical.net/product/point-blender/>

L'oxygénation apnéique correspond à l'arrivée d'un flux ventilatoire d'oxygène en l'absence de respiration spontanée ou de ventilation mécanique. L'oxygène est conduit dans les poumons par le gradient de pression négative créé par la différence entre l'extraction alvéolaire de l'oxygène et l'excrétion de CO<sub>2</sub> (4,6). L'oxygénation peut être assurée par n'importe quel système d'administration d'oxygène tant que la liberté des voies aériennes est maintenue.

Une élimination suffisante du CO<sub>2</sub>, l'acidose secondaire et les arythmies fatales demeurent un problème si des systèmes à bas débit sont utilisés. Le mécanisme exact de l'élimination du CO<sub>2</sub> dans l'essai THRIVE est imprécis, mais la turbulence supra glottique générée par l'oxygénation à haut débit à travers la canule nasale et les oscillations cardiogéniques jouent probablement un rôle dans ceci (7).

## Conditionnement du Gaz : Réchauffement et Humidification

L'oxygénation nasale à haut débit réchauffe et humidifie les gaz rendant le haut débit plus tolérable pour les patients réveillés et en respiration spontanée (8). En réchauffant et humidifiant les gaz, les systèmes à haut débit réduisent le coût métabolique de la respiration (9). L'humidification des gaz aide à prévenir l'assèchement des sécrétions, ce qui peut altérer la fonction ciliaire et entraîner des bouchons de mucus, des atélectasies et une hypoxie (10).

## Administration d'une FiO<sub>2</sub> fixe et Balayage de l'Espace-Mort

Un traitement conventionnel par l'oxygène délivre des débits de gaz beaucoup plus faibles que le débit inspiratoire de pointe à cause d'un entrainement de l'air ambiant et donc il s'en suit une dilution de la FiO<sub>2</sub>. Les études ont démontré que la FiO<sub>2</sub> mesurée dans le nasopharynx est beaucoup plus proche de la FiO<sub>2</sub> délivrée chez les patients recevant une oxygénation nasale à haut débit indiquant un entrainement minimal de l'air ambiant (2,11). La concentration délivrée d'oxygène peut aussi être améliorée par le balayage de l'espace mort, créant ainsi un réservoir d'oxygène chez le patient (1,2)

## Pression Positive dans les Voies Aériennes

L'arbre respiratoire, depuis le nasopharynx jusqu'aux alvéoles, assure une certaine résistance au flux de gaz. Le nasopharynx génère une résistance variable au flux de gaz. Cette résistance augmente à l'inspiration avec l'affaissement des ailes du nez. Une CPAP conventionnelle peut vaincre cette résistance en assurant une pression de distension que l'oxygénation nasale à haut débit tente de répliquer (9). Le résultat est que la diminution des atélectasies et du collapsus lobaire améliorent le rapport ventilation/perfusion (V/Q) (2).

En 2013 Parke et al ont montré que l'oxygénation nasale à haut débit assure une pression positive dans l'airway, approximativement de 1cmH<sub>2</sub>O par 10L/min de débit. Des débits de 30L/min, 40L/min et 50L/min donnent des pressions expiratoires de pic de 3.01 cmH<sub>2</sub>O, 3.81 cmH<sub>2</sub>O et 4.86 cmH<sub>2</sub>O, respectivement. Il faut noter que, à des débits de 30L/min, quand les patients expirent, la pression dans l'airway revient à zéro et donc ce matériel ne délivre pas de pression positive durant tout le cycle respiratoire (11). Cependant, la pression de l'airway délivrée par l'oxygénation nasale à haut débit présente une variabilité durant les différentes phases du cycle respiratoire (11,12) à la différence de la CPAP qui donne une pression positive continue. C'est pourquoi il faut différencier la CPAP de l'oxygénation nasale à haut débit.

## Oxygénation Nasale à Haut Débit en Anesthésie

Il y a différentes méthodes pour appliquer l'oxygénation nasale à haut débit au moment de l'intubation. L'oxygénation nasale à haut débit peut être utilisée depuis la période de pré-oxygénation avec des débits de 40L/min alors que le patient est encore réveillé puis on augmente le débit à 70L/min, une fois anesthésié. Ceci est le protocole utilisé dans l'étude sur l'oxygénation apnéique de Gustafsson et al (5). L'oxygénation nasale à haut débit restant in situ durant la laryngoscopie et l'intubation. Une alternative à ceci est d'utiliser une méthode conventionnelle de pré-oxygénation à travers un masque et un ballon puis de switcher vers l'oxygénation nasale à haut débit au moment de la laryngoscopie. Cette méthode permet à l'anesthésiste de se sentir en sécurité car il peut ventiler le patient au masque avant l'intubation.

## Prise en Charge de l'Airway Difficile

La prise en charge de l'airway difficile est stressante. Les tentatives répétées de laryngoscopies peuvent aboutir à un traumatisme de l'airway avec un œdème et un saignement, spécialement chez les patients qui ont des tumeurs friables de l'airway ou d'autres pathologies. L'oxygénation nasale à haut débit offre le "luxe du temps" et permet de passer d'une technique à une autre pour sécuriser l'airway, tout en maintenant l'oxygénation et en diminuant la morbidité potentielle par souffrance cérébrale hypoxique, dans les cas difficiles.

Deux cas cliniques rapportés récemment dans le *Journal of Head and Neck Anaesthesia* décrivent des tentatives répétées par des anesthésistes et des chirurgiens pour réussir une intubation orotrachéale chez un patient présentant un airway difficile (12). Dans les deux cas, une oxygénation nasale à haut débit a permis une oxygénation adéquate jusqu'à la réalisation d'une trachéostomie en urgence. Dans un cas, le temps d'apnée total était de 30 minutes.

D'autres usages incluent l'oxygénation durant une trachéostomie urgente sur patient éveillé, l'intubation par fibroscopie sur patient éveillé (10) ou la videolaryngoscopie sur patient éveillé. Durant la trachéostomie urgente sur patient éveillé, l'oxygénation nasale à haut débit peut prolonger le temps d'apnées, assurer un certain degré de pression positive et réduire le travail respiratoire du patient. Il est important de bien connaître la pathologie de l'airway du patient car l'oxygénation nasale à haut débit ne fonctionnera pas si les voies aériennes supérieures sont complètement obstruées et un barotraumatisme est possible chez les patients qui ont une sténose significative de l'airway.

## Anesthésie Obstétricale et Prise en Charge de l'Airway chez le Patient Obèse

Les patients obèses et les patients obstétricaux ont un risque accru d'airway difficile. Les deux groupes peuvent être à risque d'inhalation, ont un temps réduit jusqu'à la désaturation et ont potentiellement une laryngoscopie difficile. Les guidelines de l'Obstetric Anaesthetists Association (UK) et de la Difficult Airway Society (UK) en 2015 recommandent d'envisager une oxygénation nasale avec 5L/min d'oxygène à travers une canule nasale simple commençant avant la pré-oxygénation. Ces guidelines mentionnent également dans le document concernant la Sécurité de l'Anesthésie Générale en Obstétrique, un rôle potentiel de l'oxygénation nasale à haut débit basé sur les preuves retrouvées dans les situations non obstétricales (13).

Son rôle chez les patients obstétricaux recevant une anesthésie générale peut potentiellement aider à éviter la morbidité chez la mère et l'enfant en réduisant l'intervalle jusqu'à la désaturation durant l'intubation. Elle peut aussi être utilisée comme un appoint pour réaliser un recrutement alvéolaire post-extubation, réduisant ainsi les incidents de ré-intubation causés par l'hypoxie (6)

## Champ Chirurgical sans Tube

Le besoin d'assurer un champ chirurgical libre tout en maintenant l'oxygénation et l'anesthésie durant les procédures ORL peut être un challenge pour l'anesthésiste, surtout si la procédure concerne le larynx et les voies aériennes supérieures (ex. biopsie des cordes vocales, traitement au Laser, dilatation au ballon ou sténose sous-glottique). L'oxygénation dans ces situations est traditionnellement maintenue par jet ventilation à travers un bronchoscope rigide, un cathéter trans-trachéal ou un cathéter de jet ventilation.

L'utilisation de l'oxygénation nasale à haut débit permet au chirurgien de réaliser une procédure ORL avec une vision non obstruée et sans interruption par la jet ventilation. Les patients peuvent respirer spontanément ou être en apnée avec une relaxation musculaire totale, alors que l'anesthésie est maintenue par voie intraveineuse exclusive (TIVA).

Il existe des publications de cas cliniques de chirurgies au Laser réalisées avec succès par oxygénation nasale à haut débit sans sonde d'intubation dans le champ opératoire. Une communication rapprochée est nécessaire entre le chirurgien et l'anesthésiste pour s'assurer que la concentration inspirée en oxygène est diminuée à 21% avant et pendant l'utilisation du Laser. Ceci limite l'utilisation de l'oxygénation nasale à haut débit, en cas d'utilisation de Laser, au matériel muni d'un système de contrôle de la concentration variable d'oxygène. Une vigilance continue de toute l'équipe est nécessaire. Les procédures standards et les check-lists pour les procédures plus complexes comme celle-ci permettent d'améliorer la sécurité en garantissant une baisse de l'oxygène administré au moment approprié.

Booth et al ont montré qu'une technique de respiration spontanée sous anesthésie Intraveineuse avec une oxygénation nasale à haut débit "Spontaneous Respiration using Intravenous Anaesthesia and High flow nasal oxygen" (STRIVE-Hi) peut augmenter la marge de sécurité en l'absence d'une sonde d'intubation dans le champ opératoire. Comparé à l'essai THRIVE, qui est basé sur la ventilation apnéique, le taux d'augmentation du CO<sub>2</sub> est plus bas dans l'essai STRIVE-Hi (0.15kPa/min dans l'essai THRIVE comparé à 0.03kPa/min dans l'essai STRIVE-Hi) et l'essai STRIVE-Hi est aussi supérieur à l'essai THRIVE concernant le maintien de l'oxygénation chez les patients ayant un IMC élevé (3). Une perfusion de propofol permet de maintenir une ventilation spontanée tout en supprimant les reflexes laryngés. Ce qui permet de supporter les hauts débits d'oxygène.

Une vigilance accrue est nécessaire durant ces techniques d'oxygénation nasale à haut débit avec absence de sonde d'intubation dans le champ opératoire. Il y a une possibilité que le laryngoscope en suspension obstrue l'airway de même qu'il y a un risque d'incendie et de brûlure de l'airway si la concentration d'oxygène inspirée n'est pas diminuée au moment approprié quand l'utilisation du Laser ou de la diathermie est planifiée. L'anesthésie doit être maintenue en utilisant l'anesthésie intraveineuse totale ou TIVA et donc une bonne expérience de cette technique est nécessaire avant d'envisager l'utilisation d'une oxygénation nasale à haut débit dans cette indication. Un autre problème est l'impossibilité de monitorer l'EtCO<sub>2</sub> quand on utilise l'oxygénation nasale à haut débit.

## Support Respiratoire durant une Sédation Procédurale

Une sédation durant les procédures de bronchoscopie, gastroscopie ou colonoscopie demande souvent un apport d'oxygène à cause de l'effet dépresseur respiratoire des agents anesthésiques. Les indications d'une oxygénation nasale à haut débit pourraient s'étendre ainsi à beaucoup de domaines. De nouvelles utilisations ont même été décrites dans les craniotomies éveillées (14) et en supplément à une anesthésie locorégionale pour de nombreuses procédures chirurgicales.

L'oxygénation nasale à haut débit pourrait être une meilleure méthode d'oxygénation dans ces situations comparée aux méthodes simples et classiques. L'addition d'une petite pression positive aux voies aériennes supérieures peut être bénéfique afin de les maintenir perméables. Enfin, l'oxygénation nasale à haut débit, pourrait fournir une marge de sécurité au cas où les patients deviennent apnéiques durant la sédation.

## L'oxygénation nasale à haut débit en Réanimation

Le projet d'audit national du Royal College of Anaesthetist, le « Royal College of Anaesthetist National Audit Projects (NAP) », a pour but d'investiguer les rares complications associées à l'anesthésie au Royaume Uni. Le 4ème audit NAP a rapporté aux urgences et en réanimation, 1 évènement majeur sur 4 concernant l'airway, survenant dans les cas d'intubations urgentes compliquées d'un besoin accru en oxygène chez des patients fatigués de manière aigue (17).

Une méta-analyse de 1658 patients par Silva et al (2017) (16) a regardé des études comparatives d'une pré-oxygénation suivie par une oxygénation apnéique versus une pré-oxygénation traditionnelle durant l'intubation. Une analyse des sous groupes a été réalisée sur les patients de réanimation qui ont eu besoin d'une intubation aux urgences ou en réanimation. Une oxygénation apnéique fut réalisée dans la plupart des cas avec des systèmes d'oxygénation nasale à haut débit. Les intubations étaient réalisées par une variété d'anesthésistes en formation ou de spécialistes des voies aériennes. Le résultat de cette méta-analyse montrent que peu de patients ont dénaturé à moins de 93% quand on utilise l'oxygénation apnéique (OR 0.66). De plus, le chiffre minimum de saturation en oxygène est plus bas avec une pré-oxygénation standard comparée à l'oxygénation apnéique (16). Ces résultats encouragent l'utilisation des hauts débits d'oxygène durant l'intubation des patients fatigués de manière aigue..

Une hypoxie qui ne répond pas à l'oxygénation conventionnelle conduit souvent à mettre le patient sous VNI ou CPAP afin d'éviter l'intubation. Frat et al 2015 (19) ont réalisé un 3ème bras d'étude comparant l'effet sur le recours à l'intubation en cas de défaillance respiratoire hypoxémique, entre l'oxygénation nasale à haut débit et la méthode standard ou la VNI. L'étude de 310 patients a montré que le groupe d'oxygénation nasale à haut débit avait le taux le plus bas d'intubation. De même l'oxygénation nasale à haut débit était non-inferieure a la VNI en terme de support respiratoire post-extubation ou pour prévenir la ré-intubation (17,18).

Il y a des preuves qui émergent concernant l'utilisation de l'oxygénation nasale à haut débit en cas de défaillance respiratoire hypercapnique (20). Yuste et al (2019) ont réalisé une étude prospective observationnelle évaluant l'utilisation de l'oxygénation nasale à haut débit chez les patients avec acidose respiratoire légère (pH. 7.25). 30 patients avec insuffisance respiratoire hypercapnique furent traités avec l'oxygénation nasale à haut débit. 4 patients eurent besoin de VNI ou d'intubation mais les 26 patients restants ont normalisé leur pH après 24 heures. Les patients ayant d'autres organes mis en danger par la maladie aigue initiale furent exclus, indiquant le besoin d'une sélection appropriée des patients pour une oxygénation nasale à haut débit.

## LIMITATIONS

L'oxygénation basée sur l'administration d'un haut débit d'oxygène à travers une canule nasale ne peut fonctionner en l'absence de voies aériennes libres. Une désaturation peut être le premier signe d'un airway obstrué, si la liberté de l'airway n'est pas activement maintenue. Une défaillance de l'équipement doit aussi être envisagée si une désaturation survient avec des contrôles rapides pour corriger cette défaillance. Si une oxygénation nasale à haut débit est utilisée durant une induction à séquence rapide ou pour une intubation élective, une subluxation du maxillaire inferieur doit être maintenue pendant que l'anesthésiste attend une curarisation suffisante avant de sécuriser les voies aériennes par l'intubation.

L'oxygénation apnéique par haut débit à travers une canule nasale ne prévient pas une ascension du CO<sub>2</sub> artériel des patients. La vitesse d'ascension dans l'essai THRIVE était plus faible qu'avec une oxygénation à bas débit (4). L'élévation du CO<sub>2</sub> durant une apnée peut entraîner une augmentation de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle et du débit sanguin cérébral (21). Il y a des techniques transcutanées de mesure du CO<sub>2</sub> (comme celles utilisées dans l'essai THRIVE) qui peuvent devenir de plus en plus accessibles dans le futur.

## SOMMAIRE

L'oxygénation nasale à haut débit permet une prolongation sûre du temps d'apnée tout en maintenant l'oxygénation. Le réchauffement et l'humidification semblent faciliter la tolérance du patient et réduisent aussi le travail respiratoire. L'accumulation de CO<sub>2</sub> est ralentie par rapport à d'autres formes d'oxygénation apnéique à cause des échanges massiques des molécules de gaz en l'absence de ventilation.

L'utilisation de l'oxygénation à haut débit se répand en anesthésie et en réanimation. Comme sa popularité augmente, il est important pour l'anesthésiste de comprendre les bases physiologiques de cette technique et les équipements spécifiques, pour un usage sécuritaire.

## REFERENCES

1. Ashraf-Kashani N, Kumar R. High-flow nasal oxygen therapy. *BJA Educ.* 2017;17(2): 63-67
2. Ward JJ. High-Flow Oxygen Administration by Nasal Cannula for Adult and Perinatal Patients. *Respir Care.* 2013;58(1): 98-120
3. Booth AWG, Vidhani K, Lee PK, et al. Spontaneous Respiration using IntraVenous anaesthesia and Hi-flow nasal oxygen (STRIVE Hi) maintains oxygenation and airway patency during management of the obstructed airway: an observational study. *British Journal of Anaesthesia.* 2017; 118 (3): 444-51
4. Patel A, Nouraei SAR. Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia.* 2015; 70: 323-239
5. Gustafsson IM, Lodenius A, Tunelli J et al. Apnoeic oxygenation in adults under general anaesthesia using Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE) - a physiological study. *Br J Anaesth.* 2017; 118(4): 610-617
6. Lyons C, Callaghan M. Uses and mechanisms of apnoeic oxygenation: a narrative review *Anaesthesia.* 2019; 74, 497-507
7. Hermez LA, Spence CJ, Payton MJ et. al A physiological study to determine the mechanism of carbon dioxide clearance during apnoea when using transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE). *Anaesthesia.* 2019; 74, 441-449
8. Chanques G, Riboulet F, Molinari N et al. Comparison of three high flow oxygen therapy devices: a clinical physiological study. *Minerva Anesthesiol.* 2013; 79: 1344-1355
9. Dysart K, Miller TL, Wolfson MR et al. Research in high flow therapy: Mechanisms of action. *Respir Med.* 2009; 103: 1400-1405
10. Roca O, Hemańdez G, Diaz-Lobato S, et al. Current evidence for the effectiveness of heated and humidified high flow nasal cannula supportive therapy in adult patients with respiratory failure. *Crit Care.* 2016; 20: 109-121
11. Parke RL, McGuinness SP. Pressures delivered by nasal high flow oxygen during all phases of the respiratory cycle. *Respiratory Care.* 2013, 58 (10) 1621-1624
12. Thuraiatnam R, Arora A, Mir F Use of THRIVE to maintain oxygenation during the management of an anticipated difficult airway and emergency tracheostomy. *Journal of Head and Neck Anaesthesia.* 2017 Vol 2 (2) 19-22
13. Obstetric Airway Association. Obstetric Airway Association and Difficult Airway Society Obstetric Airway Guideline 2015. *Obstetric Airway Association.* 2015 ([https://www.oaa-anaes.ac.uk/assets/\\_managed/cms/files/Clinical%20Guidelines/Guideline\\_Algorithms\\_2015.pdf](https://www.oaa-anaes.ac.uk/assets/_managed/cms/files/Clinical%20Guidelines/Guideline_Algorithms_2015.pdf))
14. Smith SC, Burbridge M, Jaffe R. High Flow Nasal Cannula, A Novel Approach to Airway Management in Awake Craniotomies. *Journal of Neurosurgical Anaesthesiology.* 2018. 30 (4) 382
15. The Royal College of Anaesthetists, The Difficult Airway Society. The 4<sup>th</sup> National Audit Project : Major Complications of Airway Management in the United Kingdom. *The Royal College of Anaesthetists.* 2011 (<https://www.rcoa.ac.uk/system/files/CSQ-NAP4-Full.pdf>)
16. Silva LOJ, Cabrera D, Barrionuevo P et al. Effectiveness of Apneic Oxygenation During Intubation: A Systematic Review and Meta- Analysis. *Ann Emerg Med.* 2017; 70: 483-494
17. Stephan F, Barrucand B, Petit P et al. High-Flow Nasal Oxygen vs Noninvasive Positive Airway Pressure in Hypoxaemic Patients After Cardiothoracic Surgery: A Randomised Clinical Trial. *JAMA.* 2015; 313(23): 2331-2339
18. Maggiore SM, Idone FA, Vaschetto R et al. Nasal high-flow versus Venturi mask oxygen therapy after extubation. Effects on oxygenation, comfort and clinical outcome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014; 190(3): 282-288
19. Frat JP, Thille AW, Mercat A et al. High Flow Oxygen through Nasal Cannula in Acute Hypoxaemic Respiratory Failure. *N Engl J Med.* 2015; 372: 2185-2196
20. Yuste ME, Narbona S, Acosta F, Penas L, Colmenero M. Efficacy and safety of high-flow nasal cannula oxygen therapy in moderate acute hypercapnia respiratory failure. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2019. 31(2) 156-163
21. Bain AR, Ainslie PN, Hoiland RL et al. Cerebral oxidative metabolism is decreased with extreme apnoea in humans; impact of hypercapnia. *J Physio.* 2016. 594 (18) 5317-5328.



This work by WFSA is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

### WFSA Disclaimer

The material and content provided has been set out in good faith for information and educational purposes only and is not intended as a substitute for the active involvement and judgement of appropriate professional medical and technical personnel. Neither we, the authors, nor other parties involved in its production make any representations or give any warranties with respect to its accuracy, applicability, or completeness nor is any responsibility accepted for any adverse effects arising as a result of your reading or viewing this material and content. Any and all liability directly or indirectly arising from the use of this material and content is disclaimed without reservation.











