

Oxigênio de Alto Fluxo em Anestesia e Terapia Intensiva

Dr Paul Crofts¹, Dr. Fui Yong², Dr Mark Smith³, Dr. Shaun McMahon⁴

¹Residente em anestesia, Barnsley Hospital, Reino Unido

² Residente sênior em anestesia, Royal Victoria Hospital, Newcastle, Reino Unido

³Consultor em Anestesia e Medicina Intensiva, Rotherham General Hospital, Reino Unido

⁴Consultor em Anestesia, Freeman Hospital, Reino Unido

Editor ATOW: Dr Alison Jackson, Anestesiologista, Waikato Hospital, Hamilton, Nova Zelândia

E-mail de correspondência: paulcrofts@nhs.net

Publicado em 8 de dezembro de 2020



Tradução e supervisão pela Comissão de Educação Continuada / Sociedade Brasileira de Anestesiologia

PONTOS CHAVE

- Oxigênio de alto fluxo aporta oxigênio em taxas iguais ou maiores que as do pico de fluxo inspiratório dos pacientes, normalmente 40-70L/min
- A pressão positiva das vias aéreas é alcançada através das altas taxas de fluxo com aumento de aproximadamente 1cmH₂O para cada taxa de fluxo de 10L/min acima de 30L/min
- O aumento do dióxido de carbono durante a apneia é menor com fluxos elevados (40-70L/min) do que com a oxigenação convencional durante a apneia
- O tempo de apneia pode ser estendido com segurança utilizando oxigênio nasal de alto fluxo (CNAF) por 22 minutos
- Oxigênio de alto fluxo tem um papel na insuficiência respiratória hipoxêmica no manejo de terapia intensiva

INTRODUÇÃO

A administração de oxigênio aos pacientes é feita convencionalmente através de máscara facial ou cânula nasal. Normalmente elas fornecem um baixo fluxo de oxigênio não umidificado de até 15 L/min, muitas vezes sem uma concentração da fração inspirada de oxigênio (FiO₂) definida. Estes dispositivos convencionais de administração de oxigênio não fornecem oxigênio em taxas de fluxo suficientemente altas para alcançar o pico de fluxo inspiratório do paciente. O paciente, portanto, entra em ar ambiente na inspiração e não recebe a concentração de oxigênio desejada (1,2).

O oxigênio nasal de alto fluxo (HFNO) é administrado através de cânula nasal especial e pode atingir uma taxa de fluxo de até 70 L/min e FiO₂ perto de 100% (1). Seu uso na terapia intensiva para pacientes com respiração espontânea está bem estabelecido e novos usos estão surgindo na anestesia. Estudos apoiando sua aplicação neste campo incluem o estudo THRIVE (*Transnasal Umidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange*) em pacientes apneicos e o STRIVE Hi (*SponTaneous Respiration using IntraVenous anaesthesia and High-flow nasal oxygen*) em pacientes com respiração espontânea sob anestesia (3,4).

Tem sido demonstrado que o uso combinado de cânula nasal de baixo fluxo e máscara facial para oxigenação em apneia aumenta o tempo para dessaturação durante as tentativas de intubação. (Figura 1, 2). Esta continua sendo uma técnica importante, especialmente em locais com recursos limitados onde equipamentos para alto fluxo podem não estar disponíveis.

Este tutorial visa fornecer uma visão geral resumida sobre o uso atual de oxigênio nasal de alto fluxo em anestesia e terapia intensiva.

Um exame online está disponível para educação médica continuada auto-direcionada (self-directed continuous medical education - CME). O tempo estimado de realização do exame é 01 (uma) hora. Favor registrar o tempo gasto e relatar ao seu órgão credenciador se desejar obter pontos de CME. Será emitido um certificado ao passar no exame. Ver política de credenciamento aqui [here](#).

[TAKE ONLINE TEST](#)



Figura 1. A janela de apneia pode ser estendida fornecendo 15 L/min através de máscara facial e cânula nasal durante a pré-oxigenação. O uso da cânula nasal pode também ser combinado com oxigenoterapia por máscara facial via equipamento anestésico ou circuitos de respiração (por ex. Mapleson C ou F). Imagem reproduzida com permissão de <https://epmonthly.com/article/no-desat/>

ADMINISTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DE ALTO FLUXO

Oxigênio de alto fluxo é comumente administrado através de cânula nasal de alto fluxo (CNAF) de grande calibre. O sistema de administração utiliza um medidor de alto fluxo calibrado e, em alguns dispositivos, um sistema de controle para determinar a concentração de oxigênio inspirado (Figura 3 e 4).

A variável FiO_2 é obtida através de um conector em Y e dois medidores de fluxo ou misturadores com válvula com proporções calibradas (2). A umidificação e o aquecimento do oxigênio é um componente chave para permitir que taxas de fluxo tão altas sejam toleradas pelos pacientes. Vários fabricantes têm formas diferentes de conseguir isso, mas uma umidade relativa de 95-100% e temperatura do gás de 33-43° C são possíveis (1). A umidificação é fornecida através de cartuchos de vapor, umidificadores de bolhas ou placas aquecidas. A tubulação que conecta o controle de fluxo ao paciente pode ser aquecida para evitar condensação no interior. As conexões inspiratórias têm 15 mm ou 22mm de diâmetro, permitindo a conexão com traqueostomia, se indicado. Drogas nebulizadas podem ser administradas através de dispositivos aerossóis integrados ao sistema de CNAF (1).

BENEFÍCIOS FISIOLÓGICOS DA CÂNULA NASAL DE ALTO FLUXO

Aumento no tempo de apneia e *clearance* de dióxido de carbono

Anestesiologistas podem estender o tempo seguro de apneia através da pré-oxigenação; no entanto, sem ventilação os pacientes dessaturam em poucos minutos. A Troca Ventilatória por Insuflação Rápida Transnasal (THRIVE) via CNAF descreve uma técnica de oxigenação em apneia e seu uso ampliou com sucesso a janela de apneia em até 65 minutos, reduzindo a taxa de aumento de dióxido de carbono (4). Isso também tem se provado útil no manejo de pacientes com vias aéreas difíceis (5). O estudo THRIVE incluiu 31 pacientes com tempo médio de apneia de 22,5 minutos. O intervalo de tempo de apneia foi de 11 a 33 minutos com cirurgia concluída com sucesso em 30 pacientes. Um paciente foi posteriormente submetido à ventilação por jato após preencher os critérios de descontinuação ($PaCO_2 > 80$ mmHg).



Figura 2. Oxigênio continua a ser administrado via cânula nasal no período de apneia durante a intubação. Reproduzido com permissão de [https:// epmonthly.com/article/no-desat/](https://epmonthly.com/article/no-desat/)



Figura 3. Cânula nasal de alto fluxo conectada ao paciente. Reproduzido com permissão de <https://www.armstrongmedical.net/product/point-blender/>

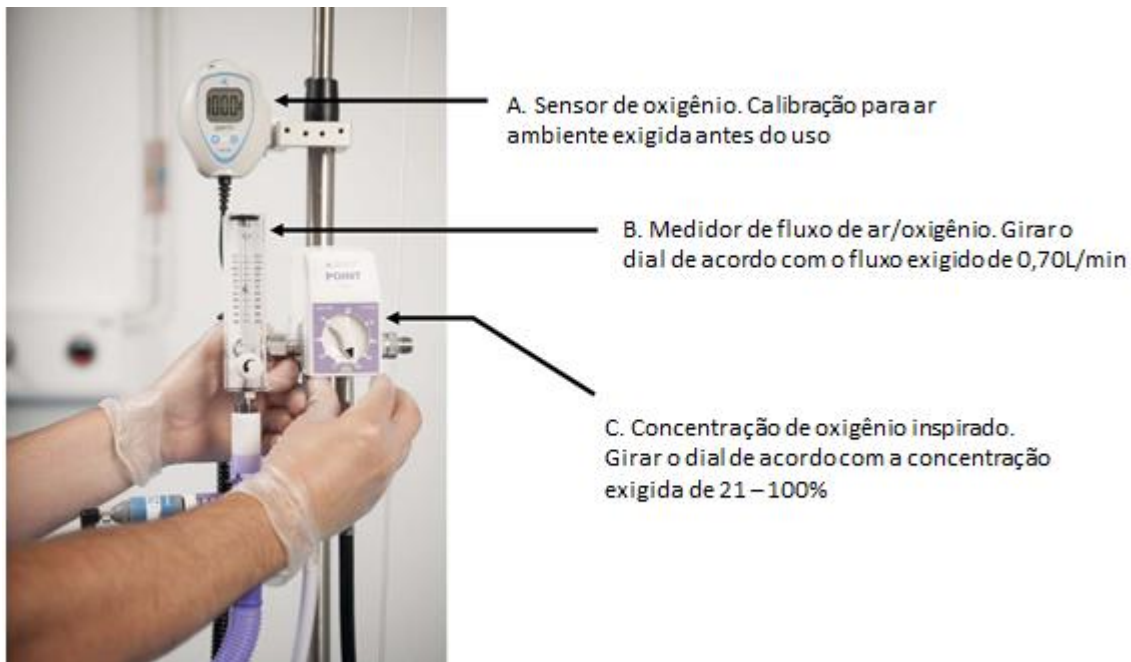


Figura 4. Medidor de alto fluxo calibrado além de dial de controle para controlar a concentração de oxigênio inspirado. Reproduzido com permissão de <https://www.armstrongmedical.net/product/point-blender/>

A oxigenação em apneia descreve o processo de fluxo de massa de oxigênio ventilatório sem respiração espontânea ou ventilação mecânica. O oxigênio é levado para os pulmões pelo gradiente de pressão negativo criado pela diferença entre a remoção de oxigênio alveolar e a expulsão de dióxido de carbono (4,6). A oxigenação pode ser alcançada por qualquer forma de dispositivo de administração de oxigênio, desde que uma via aérea patente seja mantida.

O *clearance* de dióxido de carbono, a acidose subsequente e arritmias fatais permanecem um problema se forem usados dispositivos de administração de fluxo mais baixos. O mecanismo exato de *clearance* de dióxido de carbono através do THRIVE não é claro, mas acredita-se que a turbulência supraglótica gerada pela CNAF e as oscilações cardiogênicas desempenhem um papel nisso (7).

Condicionamento do gás: aquecimento e umidificação

A CNAF aquece e umidifica os gases de tal forma que o alto fluxo seja mais tolerável para os pacientes acordados e em respiração espontânea (8). Aquecendo e umidificando o gás, os sistemas de alto fluxo reduzem o custo metabólico da respiração (9). A umidificação dos gases auxilia a evitar que as secreções sequem, o que poderia reduzir a função ciliar e levar a obstrução por muco, atelectasias e hipóxia (10).

Administração de FiO₂ fixa e *washout* do espaço morto

A oxigenoterapia convencional alcança taxas de fluxo de gás muito inferiores aos picos de fluxos inspiratório devido à entrada de ar ambiente e, por consequência, diluição da FiO₂. Estudos demonstraram que a FiO₂ medida na nasofaringe é muito mais próxima da FiO₂ alcançada em pacientes que recebem oxigênio nasal de alto fluxo, implicando entrada mínima de ar ambiente (2,11). A concentração de oxigênio alcançada também pode ser melhorada pelo *washout* do gás do espaço morto, criando assim um reservatório de oxigênio dentro do paciente (1,2).

Pressão Positiva na Via Aérea

A árvore respiratória da nasofaringe até os alvéolos fornece uma certa resistência ao fluxo de gás. A nasofaringe gera uma resistência variável ao fluxo de gás, que aumenta na inspiração, à medida que as paredes das narinas são sugadas. A pressão contínua positiva das vias aéreas (CPAP) supera essa resistência, fornecendo uma pressão de distensão que a CNAF pretende replicar (9). Como resultado, a redução da atelectasia e do colapso lobar melhora a relação

ventilação/perfusão (V/Q) (2).

Em 2013, Parke et al demonstraram que a CNAF fornece pressão positiva nas vias aéreas de aproximadamente 1cmH₂O por taxa de fluxo de 10L/min. As taxas de fluxo de 30L/min, 40L/min e 50L/min deram picos de pressões expiratórias de 3,01 cmH₂O, 3,81 cmH₂O e 4,86 cmH₂O, respectivamente. Em taxas de fluxo de 30L/min, quando os pacientes expiram, a pressão das vias aéreas retornou a zero e, assim o dispositivo não fornece pressão positiva ao longo do ciclo respiratório (11). No entanto, a pressão das vias aéreas fornecida pela CNAF demonstra variabilidade de pressão durante as diferentes fases do ciclo respiratório (11, 12) ao contrário do CPAP, o que dá uma pressão positiva contínua nas vias aéreas. Portanto, o sistema de administração de oxigênio por CPAP deve ser considerado separado da CNAF.

CNAF NA PRÁTICA ANESTÉSICA

Existem vários métodos para empregar CNAF próximo ao momento da intubação. A CNAF pode ser usada ao longo do período de pré-oxigenação com taxas de fluxo de 40L/min enquanto o paciente está acordado, aumentando até 70L/min uma vez anestesiado. Este foi o protocolo utilizado no estudo de Gustafsson et al sobre oxigenação em apneia (5). Assim, a CNAF permanece *in situ* durante a laringoscopia e intubação. Um método alternativo envolve o uso de métodos convencionais de pré-oxigenação via ambu, mudando em seguida para CNAF para a laringoscopia. Este método permite que o anestesista se sinta confiante de que pode ventilar o paciente por máscara antes da intubação.

Manejo de Via Aérea Difícil

Manejar vias aéreas difíceis é estressante. Tentativas repetidas de laringoscopia podem levar a trauma nas vias aéreas, edema e sangramento, especialmente em pacientes com tumor friável nas vias aéreas ou outra patologia. A CNAF oferece o "luxo do tempo" para passar para outro método de proteção das vias aéreas, mantendo a oxigenação, assim como reduz a possibilidade de morbidade por lesão cerebral por hipóxia nesses casos difíceis.

Dois relatórios de casos recentes no *Journal of Head and Neck Anaesthesia* descrevem tentativas repetidas por anestesistas e cirurgiões para garantir a intubação oral em pacientes com vias aéreas difíceis (12). Em ambos os casos, a CNAF proporcionou oxigenação até a realização da traqueostomia de emergência. Em um caso, o tempo total de apneia foi de 30 minutos.

Outros usos incluem oxigenação durante traqueostomia de emergência com paciente acordado, intubação por fibra óptica com paciente acordado (10) ou videolaringoscopia no paciente acordado. Durante a traqueostomia de emergência no paciente acordado, a CNAF pode estender a janela da apneia, fornecer uma pequena quantidade de pressão positiva nas vias aéreas e reduzir o trabalho respiratório do paciente. É importante estar atento a patologias de via aérea, pois a CNAF não funcionará se a via aérea superior estiver completamente obstruída e barotrauma é uma possibilidade naqueles pacientes com estenose significativa das vias aéreas

Anestesia obstétrica e manejo da via aérea em pacientes obesos

Pacientes obesos e pacientes obstétricos têm risco aumentado de ter vias aéreas difíceis. Ambos os grupos podem apresentar risco de aspiração, ter tempo reduzido de dessaturação e potencialmente laringoscopia difícil. As diretrizes de 2015 da Associação de Anestesiologistas Obstétricos (*Obstetric Anaesthetists Association*) (Reino Unido) e da Sociedade de Via Aérea Difícil (*Difficult Airway Society*) (Reino Unido) recomendam a consideração da oxigenação nasal com oxigênio 5L/min através de cânula nasal simples, começando antes da pré-oxigenação. A diretriz também menciona em seu documento sobre anestesia geral obstétrica segura um papel potencial de oxigenação em apneia via CNAF com base em evidências no contexto não obstétrico (13).

Seu papel em pacientes obstétricos submetidas à anestesia geral poderia potencialmente ajudar a evitar a morbidade à mãe e ao bebê, reduzindo o tempo de dessaturação durante a intubação. Também pode ser usado como adjunto para auxiliar o recrutamento alveolar pós-extubação, reduzindo assim incidentes de reintubação causados por hipóxia (6)

Campo cirúrgico sem tubos

A necessidade de fornecer um campo cirúrgico desimpedido, mantendo a oxigenação e a anestesia durante os procedimentos de ORL, pode ser desafiadora para o anestesista, especialmente se o procedimento envolve a laringe e a via aérea superior (por exemplo, biópsia de cordas vocais, laser, dilatação por balão ou estenose subglótica). A oxigenação nesta situação é tradicionalmente mantida através da ventilação a jato usando um broncoscópio rígido, cateter transtraqueal ou cateter de ventilação a jato.

O uso da CNAF permite ao cirurgião realizar procedimentos de ORL com uma visão desobstruída e sem interrupções pela ventilação a jato. Os pacientes podem respirar espontaneamente ou estar em apneia com relaxamento muscular completo,

enquanto a anestesia é mantida com anestesia intravenosa total.

Há relatos de casos bem sucedidos de uso de laserterapia durante cirurgia de campo sem tubo com CNAF. É necessária uma comunicação afinada entre cirurgião e anestesista para garantir que a concentração de oxigênio inspirada baixe para 21% antes e durante o uso do laser. Isso limita o uso de CNAF em conjunto com lasers, a dispositivos que possuam controle de concentração variável de oxigênio administrado. A vigilância constante é necessária por parte de toda a equipe. Procedimentos cirúrgicos padronizados ou *checklists* para procedimentos complexos como este podem aumentar a segurança, garantindo que o oxigênio seja reduzido no momento apropriado.

Booth et al mostraram que a Respiração Espontânea) usando anestesia intravenosa e oxigênio nasal de alto fluxo (STRIVE-Hi) poderia aumentar a margem de segurança em cirurgias de campo operatório sem tubos. Em comparação com o THRIVE, que depende da ventilação em apneia, a taxa de aumento de CO₂ é ainda menor (1,3 mmHg/min no estudo THRIVE comparado com 0,2 mmHg /min no STRIVE-Hi) e é superior ao THRIVE na manutenção da oxigenação em pacientes com IMC elevado (3). Manter a ventilação com propofol nesta situação suprime os reflexos laringeos ao mesmo tempo em que permite altos fluxos de oxigênio.

A vigilância deve ser alta durante o uso de CNAF nas cirurgias de campo operatório sem tubo. Há a possibilidade do laringoscópio de suspensão obstruir as vias aéreas e o risco de queimar a via aérea, principalmente se a concentração de oxigênio inspirada não for reduzida a níveis apropriados quando for planejado o uso de laser ou diatermia. A anestesia precisa ser mantida utilizando anestesia intravenosa total e, portanto, experiência com esta técnica anestésica é obrigatória antes de considerar o uso de CNAF neste campo. Outro problema é a incapacidade de monitorar o volume corrente final de dióxido de carbono quando a CNAF estiver em uso.

Suporte respiratório durante sedação para procedimento

Sedação consciente durante procedimentos como broncoscopia, gastroscopia ou colonoscopia, com frequência demandam suplementação de oxigênio devido aos efeitos respiratórios depressivos dos agentes sedativos. O escopo para o uso da CNAF durante os procedimentos poderia abranger várias especialidades; novos usos para oxigenação por cânula nasal de alto fluxo foram relatados para craniotomias com paciente acordado (14) e como um adjunto à anestesia regional para uma série de procedimentos cirúrgicos.

A CNAF poderia fornecer um método melhor de oxigenação comparado a dispositivos simples, nessas situações. Adicionar uma pequena quantidade de pressão positiva na via aérea superior pode ser benéfico na manutenção da patência da via aérea. E a CNAF pode fornecer uma margem de segurança caso o paciente entre em apneia durante a sedação.

Oxigênio Nasal de Alto Fluxo na Terapia Intensiva

O projeto de auditoria nacional do Royal College (*Royal College of Anaesthetist National Audit Projects*) (NAP) tem como objetivo investigar complicações raras associadas à anestesia no Reino Unido. O 4º NAP relatou que 1 em cada 4 eventos graves relacionados à via aérea aconteceu no Pronto Atendimento ou na Terapia Intensiva quando uma intubação de emergência é muitas vezes complicada em um paciente agudamente grave com alta demanda metabólica de oxigênio (17)

Uma metanálise de 1.658 pacientes por Silva et al (2017) (16) analisou estudos comparativos de pré-oxigenação seguidos de oxigenação em apneia, *versus* pré-oxigenação tradicional somente, durante a intubação. A análise de subgrupo foi realizada no grupo de pacientes graves que necessitaram de intubação no Pronto Atendimento e Terapia Intensiva. A oxigenação em apneia foi fornecida na maioria dos casos através de dispositivos de oxigênio de alto fluxo e foram realizadas intubações por vários residentes e especialistas experientes em via aérea. O resultado da metanálise mostrou que menos pacientes dessaturaram a menos de 93% quando oxigenados em apneia (OR 0,66). Além disso, a saturação de oxigênio mais baixa registrada foi menor na pré-oxigenação padrão comparada com a oxigenação em apneia (16). Esses achados apoiam o uso de oxigênio de alto fluxo durante a intubação de pacientes agudamente graves.

A hipóxia sem resposta à oxigenoterapia convencional resulta classicamente em pacientes colocados em ventilação não invasiva (VNI) ou CPAP como método para evitar a necessidade de intubação. Frat et al 2015 (19) realizaram um estudo de 3 braços comparando CNAF com terapia padrão ou VNI, na redução das taxas de intubação em pacientes com insuficiência respiratória hipoxêmica. O estudo de 310 pacientes mostrou que o grupo da CNAF apresentou a menor taxa de intubação. A CNAF tem se mostrado não inferior à VNI em termos de suporte respiratório pós-extubação ou na prevenção da reintubação (17,18).

Há evidências emergentes de que a CNAF também é útil em insuficiência respiratória com hipercapnia (20). Yuste et al (2019) realizaram um estudo observacional prospectivo avaliando o uso de CNAF em pacientes com acidose respiratória leve (pH >7.25). Trinta pacientes com insuficiência respiratória com hipercapnia foram tratados com CNAF. Quatro pacientes necessitaram intervenção subsequente com VNI ou intubação, no entanto os 26 pacientes restantes normalizaram o pH após 24 horas. Foram excluídos pacientes nos quais outros sistemas de órgãos fossem comprometidos pela doença aguda indicando a necessidade de seleção adequada do paciente para CNAF.

LIMITAÇÕES

A oxigenação usando CNAF em qualquer situação, não funciona sem uma via aérea patente. A dessaturação pode ser o primeiro sinal de via aérea obstruída se a patência da via aérea não for mantida ativamente. Falha do equipamento também deve ser considerada caso ocorra dessaturação, com verificações frequentes para corrigir qualquer falha. Se a CNAF for utilizada durante a indução de sequência rápida ou intubação eletiva, a mandíbula deve ser mantida posicionada para a frente enquanto o anestesista aguarda relaxamento muscular adequado antes de proteger a via aérea.

Oxigenação em apneia com CNAF não impede elevação de dióxido de carbono arterial nos pacientes. A taxa de aumento de dióxido de carbono com THRIVE é menor do que na oxigenação em apneia com oxigênio de baixo fluxo (4). O aumento dos níveis de dióxido de carbono durante a apneia pode levar a um aumento na frequência cardíaca, pressão arterial e fluxo sanguíneo cerebral (21). Existem métodos transcutâneos de medir dióxido de carbono (como usado no estudo THRIVE) que podem se tornar cada vez mais disponíveis e difundidos no futuro.

RESUMO

A CNAF permite um prolongamento seguro do tempo de apneia, mantendo a oxigenação. O aquecimento e umidificação parecem facilitar a tolerância do paciente e reduzir o trabalho respiratório. O acúmulo de dióxido de carbono é mais lento do que com outras formas de oxigenação em apneia, atribuído à troca de massa ventilatória de moléculas de gás.

O uso de oxigenação de alto fluxo está se expandindo dentro da anestesia e terapia intensiva. À medida que a popularidade aumenta, é importante que o anestesista conheça a base fisiológica desta técnica e o equipamento para uso seguro.

REFERÊNCIAS

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, Hernandez 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)
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 4th 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.