

经鼻高流量氧疗在临床麻醉领域中的应用进展

张雨^{1*}, 邱嘉欣¹, 韩乐¹, 谢海玉^{2#}

¹赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院麻醉手术中心, 江西 赣州

收稿日期: 2026年2月28日; 录用日期: 2026年3月23日; 发布日期: 2026年3月31日

摘要

HFNC作为一种新型呼吸支持技术, 因其独特的生理学优势, 正从重症监护领域扩展至临床麻醉的围术期管理, 为优化患者呼吸支持策略提供了新选择。本文系统综述了HFNC在麻醉诱导、维持、苏醒及术后恢复等关键环节的应用现状, 重点探讨了其在困难气道预氧合、无插管麻醉、术后低氧血症防治以及加速康复外科策略中的作用机制与临床证据。通过整合最新的随机对照试验和荟萃分析结果, 旨在为麻醉医师优化围术期呼吸管理、提升患者安全提供循证依据和理论指导, 并展望其未来研究方向。

关键词

经鼻高流量氧疗, 临床麻醉, 预氧合, 无插管麻醉, 术后低氧血症, 加速康复外科

Application Progress of Nasal High-Flow Oxygen Therapy in Clinical Anesthesia

Yu Zhang^{1*}, Jiabin Qiu¹, Le Han¹, Haiyu Xie^{2#}

¹The First Clinical Medical College, Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Anesthesia and Operation Center, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: February 28, 2026; accepted: March 23, 2026; published: March 31, 2026

Abstract

As a new type of respiratory support technology, high-flow nasal cannula (HFNC) is expanding from the field of intensive care to the perioperative management of clinical anesthesia due to its unique physiological advantages, providing a new option for optimizing patients' respiratory support strategies. This article systematically reviews the current application status of HFNC in key links

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张雨, 邱嘉欣, 韩乐, 谢海玉. 经鼻高流量氧疗在临床麻醉领域中的应用进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 76-84. DOI: 10.12677/acm.2026.1641227

such as anesthesia induction, maintenance, emergence, and postoperative recovery, focusing on its mechanism of action and clinical evidence in difficult airway preoxygenation, non-intubated anesthesia, prevention and treatment of postoperative hypoxemia, and enhanced recovery after surgery (ERAS) strategies. By integrating the results of the latest randomized controlled trials and meta-analyses, this review aims to provide evidence-based basis and theoretical guidance for anesthesiologists to optimize perioperative respiratory management and improve patient safety, and looks forward to its future research directions.

Keywords

High-Flow Nasal Cannula (HFNC), Clinical Anesthesia, Preoxygenation, Non-Intubated Anesthesia, Postoperative Hypoxemia, Enhanced Recovery after Surgery (ERAS)

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

经鼻高流量氧疗(High Flow Nasal Cannula, HFNC)是一种通过专用鼻导管持续提供加温加湿的空气-氧气混合物、最高可达约 60 L/min 的呼吸支持技术,其核心生理效应包括产生一定气道正压、减少解剖死腔、改善氧合情况以及提高患者舒适度[1]。这些机制的综合作用使得 HFNC 能够实现精确的氧气输送,维持呼气末肺容积,并在无呼吸的情况下提供氧合支持,从而在围术期管理中彰显出独特的优势[2]。在临床麻醉领域,传统的面罩给氧法和气管插管机械通气是围术期呼吸管理的基础。传统面罩给氧因密闭性不良,可能导致预氧合效果不佳,需要更有效的通气策略来延长安全无通气间期[3]。而气管插管虽可确保气道通畅,但可能引发咽喉刺激、气道黏膜损伤等并发症,并可能影响患者术后舒适度与肺部功能恢复[4]。相比之下, HFNC 作为一种无创通气手段,为麻醉医师提供了新的选择。随着对 HFNC 生理效应的深入研究和临床应用的不断积累,它在麻醉诱导前的预氧合、手术中的呼吸支持、麻醉苏醒期的拔管及术后呼吸并发症的预防等方面应用日渐广泛。本文就 HFNC 在困难气道预氧合、无插管麻醉、术后低氧血症防治、内镜治疗等麻醉领域中的应用进行综述,以期为临床应用提供更多思考和指导作用。

2. HFNC 在麻醉诱导前预氧合中的应用

2.1. 预氧合的重要性与 HFNC 的优势机制

麻醉诱导前充分的预氧合是气道管理的关键步骤,其核心目标是延长呼吸暂停期间的安全时间,从而有效预防低氧血症的发生。传统上,预氧合通常通过紧密贴合的面罩实施,但这种方法存在诸多局限性,例如面罩密封不严、患者不耐受或因面部解剖异常(如巨大唇部血管瘤)而无法有效实施[5]。相比之下, HFNC 通过输送高流量的加温加湿气体,可有效冲刷鼻咽部的解剖死腔,减少二氧化碳的重复吸入,并增加功能残气量中的氧储备[6]。此外,高流量气体在气道内产生的持续气道正压效应有助于维持肺泡开放,预防肺不张,从而优化整体的氧合效率[7]。在患者体验方面, HFNC 的优势尤为突出。它允许患者在预氧合期间自由交谈,显著提高了舒适度,这对于焦虑或患有幽闭恐惧症的患者特别有益,从而有助于实现从清醒状态到麻醉诱导的无缝过渡[8]。一项针对头颈癌患者的研究显示,与使用简单面罩相比,使用 HFNC 进行预氧合直至呼吸暂停期,能够使患者在插管后即刻获得更高的动脉氧分压,证明了其在优化氧合方面的潜力[9]。

2.2. 在预计困难气道患者中的应用

对于已知或预计存在困难气道的患者,实施有效的“窒息氧合”或“呼吸暂停期间氧合”至关重要,这能为气管插管操作争取更长的安全时间窗。HFNC 能在患者呼吸暂停期间持续提供高流量氧气,因此被视为实现这一目标的理想工具。多项随机对照试验和荟萃分析为此提供了证据支持。在肥胖患者这一高危人群中,研究显示,尽管带有呼气末正压的面罩预氧合在达到特定呼气末氧浓度方面可能更优,但 HFNC 能为所有受试者提供充足的预氧合,且显著延长安全窒息时间[6] [10]。一项网络荟萃分析进一步指出,在气管插管过程中,与常规氧疗相比,使用 HFNC 进行预氧合能显著延长患者的呼吸暂停时间[11]。快速顺序诱导(Rapid Sequence Induction, RSI)常用于存在反流误吸高风险的患者(如食管裂孔疝患者)在此过程中, HFNC 的应用至关重要。一例 90 岁食管裂孔疝患者的病例报告证实,在 HFNC 支持下进行 RSI,患者血氧饱和度(Oxygen Saturation, SpO₂)在约 2 分钟的窒息期内始终维持在 99% 以上,且未发生胃内容物反流,凸显了其在高风险患者诱导期的安全性[12]。在急诊科同样需要进行 RSI 的患者中,使用 HFNC 进行预氧合和窒息氧合,与常规护理相比,虽然未能显著改善首次插管尝试期间的最低血氧饱和度,但可能延长安全窒息时间[13]。最新的临床指南和专家共识已开始推荐将 HFNC 作为困难气道管理流程中预氧合的可选或优选方案。例如,在烧伤后颈胸瘢痕挛缩等预计困难气道的患者中,结合 HFNC 预氧合的清醒视频喉镜-支气管镜插管被证明是成功的策略[14]。对于存在生理性困难气道的患者,如功能性单心室(Functional single ventricle, FSV)的儿童,其肺循环与体循环血流平衡极易被麻醉诱导期间的生理变化所扰乱,导致快速脱氧和心血管衰竭。在此类患者的麻醉诱导中, HFNC 可作为理想的氧补充工具。病例显示,在保留自主呼吸的情况下,使用 HFNC 进行预充氧和持续给氧,能够支持患者在无面罩通气的环境下顺利完成气管插管,避免了低氧血症的发生[15]。还有病例报告显示,对于术前存在喉软化症的婴儿患者,在进行腹股沟疝手术时采用 HFNC 进行持续氧合,也能够有效的防止在困难气管插管过程中血氧饱和度下降情况的发生, HFNC 可以为成功建立气道争取宝贵时间[16]。此外,对于因巨大下唇血管瘤而无法使用传统面罩的患者, HFNC 被证明是确保预氧合和顺利插管的有用工具[5]。这些证据共同表明,特别是在无法进行有效面罩通气或面临插管失败风险的情况下, HFNC 为困难气道管理提供了重要的安全保障。

3. HFNC 在无插管麻醉中的应用

3.1. 在择期手术无插管麻醉中的应用

在保留自主呼吸的麻醉技术中,经鼻高流量氧疗(HFNC)已成为首选的呼吸支持方式,其核心价值在于为患者提供充分的氧合与通气支持,同时对抗手术操作带来的生理干扰。HFNC 通过输送高流量、加温加湿的氧气,有效支持患者的自主呼吸。更重要的是,其产生的呼气末正压(Positive end-expiratory pressure, PEEP)效应,对于需要建立人工气胸的手术(如非插管胸腔镜手术)至关重要。这种 PEEP 能够有效对抗因手术侧肺萎陷导致的通气/血流比例失调,维持单肺通气期间的血氧饱和度,从而为手术创造稳定的生理条件[17]。临床实践表明, HFNC 支持下的无插管麻醉在多种短小手术中安全可行。例如,在胸腔镜肺楔形切除术或纵隔肿瘤活检等操作中,应用 HFNC 可以避免传统气管插管带来的气道损伤、术后咽喉痛、声带损伤等并发症,有利于患者术后快速康复[18]。此外,对于存在阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(Obstructive sleep apnea syndrome, OSAS)等高危因素的患者,在全身静脉麻醉下进行前列腺靶向穿刺活检等操作时,与常规鼻导管给氧相比, HFNC 能提供更充分的氧合,显著降低术中低氧血症、呛咳和体动的发生率,从而改善气道管理质量[19]。此外, HFNC 还能改善术后恢复质量,一项针对老年患者行输尿管镜钬激光碎石术的研究发现,与喉罩辅助全麻相比,静脉麻醉联合 HFNC 能显著提高术后第一天的恢

复质量评分,可以缩短在麻醉后监测治疗室(Post-Anesthesia Care Unit, PACU)的停留时间和首次下床活动时间,并降低术后咽痛、咳痰的发生率[20]。这些证据共同表明, HFNC 是无插管麻醉技术得以成功实施的关键保障。

3.2. 在内镜手术中的应用

HFNC 作为一种新型的非侵入性呼吸支持技术,能够在呼吸暂停时经由鼻腔输送高流量的湿化氧气,从而延长窒息和缺氧的安全时间。其通过提供呼气末正压、减少解剖死腔、减少患者的呼吸做功等作用机制[21],不仅能有效避免低氧血症发生,同时也可以凭借自身的高流速气体从气道解剖死腔中清除 CO₂,避免高碳酸血症的发生。一些研究发现, HFNC 可以降低接受支气管镜检查患者的低氧血症事件的发生率并改善氧合[22]-[24]。对于一些患有高风险因素(包括低氧血症、高碳酸血症、病态肥胖和气道狭窄)的患者,最新的一项研究发现在气道狭窄为主的高风险人群中, HFNC 显著减少了高危患者鼻支气管镜检查时的不饱和度、检查中断及治疗升级,证明了其安全性[25]。陈一丽等[26]发现在使用 HFNC 后,患者的动脉血氧分压(Partial Pressure of Arterial Oxygen, PaO₂)显著升高, (Pressure of Arterial carbon dioxide, PaCO₂)明显降低, SpO₂ 始终保持在 98% 以上,表明 HFNC 除了可以改善氧合外,也可减少 CO₂ 蓄积。

在镇静消化内镜检查中, HFNC 不仅降低了低氧血症的发生率,而且还减少了检查过程中对气道干预的需求[27]。有研究[28][29]通过随机对照实验对比分析了行 HFNC 及常规经鼻导管给氧两种不同给氧方式,证实了 HFNC 可以预防在镇静下接受 ERCP 的患者的氧饱和度下降和缺氧事件的发生。Gamal 等[30]发现, HFNC 不仅降低了接受 ERCP 的患者缺氧发生率,并且在镇静期间具有更高的平均最低血氧饱和度水平。陈超等[31]发现 HFNC 可以提供更好的气道维护、降低患者体动导致的手术操作中中断发生率。此外,裘治慧[32]等研究发现, HFNC 可降低老年患者 ERCP 手术监测麻醉中低氧血症的发生,不增加术中二氧化碳滞留风险,且安全舒适。在老年患者接受丙泊酚镇静下的胃镜检查中,使用 HFNC(无论吸入氧浓度为 50% 或 100%)均能有效预防低氧血症的发生,其发生率显著低于使用常规鼻导管的对照组[33]。一项多中心随机对照试验表明,在肥胖患者接受镇静下胃肠镜检查时,使用 HFNC 供氧可将低氧血症的发生率从 21.2% 显著降低至 2.0%,并完全避免了严重低氧血症的发生[34]。目前, HFNC 已被推荐应用在无痛内镜诊疗过程中以降低低氧血症的发生率及对呼吸道干预的需求。

HFNC 同样适用于其他内镜手术。在宫腔镜检查时,有研究认为[35],在宫腔镜手术扩张过程中,虽然接受 HFNC 和面罩吸氧的各组之间的氧饱和度水平没有明显差异。然而,接受 HFNC 的患者在手术开始和结束时的 SpO₂ 水平高于接受面罩吸氧的患者,这表明随着静脉全身麻醉时间的延长, HFNC 提供了更好的氧合。有研究[36]表明与面罩组相比, HFNC 组的非缺氧相关不良事件(如咳嗽和无意识的体动)发生率明显减少。在 HFNC 组,手术期间需要进行气道干预和辅助呼吸的发生率较面罩组也较低。在喉镜检查中,研究[37]发现,与传统组给氧相比, HFNC 组患者的术中和术后 SpO₂ 更高,且在术中的有效呼吸时间也更长,显著降低低氧血症的发生率。以上研究说明 HFNC 可以减少内镜检查中气道管理的困难,改善氧合,还积极有效地避免了术中低氧血症的发生及减少各种呼吸道损伤,提高病人的舒适度,并减少检查的中断和失败次数,提高操作的成功率,其安全性及有效性可以得到保障。

4. HFNC 在麻醉苏醒期及拔管后的应用

4.1. 预防拔管后低氧血症和再插管

拔管后早期是围术期呼吸并发症管理的关键窗口,患者因残余肌松作用、麻醉药物对呼吸中枢的抑制以及手术创伤(尤其是胸腹部手术)导致的肺功能下降,极易发生低氧血[17]。与传统氧疗(COT)相比,经鼻高流量氧疗(HFNC)在预防和治疗拔管后低氧血症方面展现出显著优势。其核心生理学机制在于能够

提供精确调控的吸入氧浓度(FiO_2)、产生一定的呼气末正压效应、冲刷解剖死腔以减少呼吸功,并通过对吸入气体的主动加温湿化改善黏膜纤毛清除功能[21]。这些特性使其特别适用于高危患者群体。例如,在老年患者中,一项随机对照试验表明,与鼻导管吸氧相比,拔管后使用 HFNC 可显著降低低氧血症($\text{SpO}_2 < 90\%$)的发生率(3.4% vs 11.2%),并提高动脉血氧分压和氧合指数[38]。对于接受胸科手术的患者,尽管一项荟萃分析显示预防性使用 HFNC 未能显著降低肺切除术患者的低氧血症总体发生率,但确实在拔管后 12 小时内显著改善了氧合指数[39]。在头颈肿瘤游离皮瓣重建术后的高风险患者中,立即使用 HFNC 支持,术后低氧血症发生率极低(4%),且无再插管病例,显示出良好的安全性和有效性[40]。

大型荟萃分析进一步证实,对于拔管后高风险患者(如肥胖、心胸外科术后),预防性使用 HFNC 在降低再插管率和呼吸支持升级需求方面的效果不劣于甚至优于无创通气(NIV),且患者耐受性更佳,并发症(如腹胀、误吸、面部压伤、谵妄)发生率更低[41][42]。一项针对肥胖患者的网络荟萃分析也指出,与 COT 相比, HFNC 虽未显著降低再插管率,但其与 NIV 序贯或联合使用可取得更好效果[43]。另一项研究发现,在病态肥胖患者($\text{BMI} \geq 40 \text{ kg/m}^2$)中, HFNC 在预防拔管后 96 小时内再插管方面显示出优于无创通气的趋势[44]。因此, HFNC 已成为管理拔管后呼吸功能不全,尤其是预防低氧血症和避免再插管的一线重要工具。

4.2. 在麻醉后监测治疗室中的应用策略

麻醉后监测治疗室(PACU)是围术期呼吸并发症早期识别和处理的核心理场所, HFNC 在此场景中的应用已日益广泛并趋于标准化。对于全麻拔管后转入 PACU 的患者,若出现呼吸急促、 SpO_2 下降等轻度至中度呼吸功能不全表现,但尚未达到需要无创通气(Non-invasive ventilation, NIV)的指征时, HFNC 可作为一种有效的升级治疗选择[45]其应用已超越单纯的氧疗,整合了呼吸支持与患者舒适度管理。研究表明,在 PACU 中,与普通面罩吸氧相比,使用 HFNC 的老年患者低氧血症发生率更低,苏醒时间更短,潮气量和氧合状态改善更明显[46]。在特定手术如胸腔镜手术中,术中使用 HFNC 支持的患者,其拔管时间和 PACU 停留时间均短于双腔气管插管或喉罩通气组,且术后恶心、咽痛、头晕发生率更低,早期活动能力和睡眠质量更好[18]。除了呼吸支持, HFNC 甚至展现出在 PACU 中辅助复温的潜力,一项初步研究提示其可能比传统的充气升温毯更快地使低体温患者恢复至目标体温,尽管差异未达统计学意义,但为优化 PACU 周转效率提供了新思路[47]。鉴于其多重益处,将 HFNC 的应用流程纳入 PACU 的标准操作规范至关重要。这应包括明确的启动指征(如特定手术类型、患者高危因素、出现轻度呼吸功能不全)、初始参数设置(流量、 FiO_2 、温度)以及基于客观指标的疗效动态评估。同时,必须设定清晰的转换治疗指征,以便在 HFNC 支持无效时,能及时升级至无创通气或有创机械通气。常用的评估工具包括监测氧合指数、呼吸频率氧合指数(ROX 指数)的变化趋势以及患者的临床体征[48]。通过这种结构化的应用策略, HFNC 能够帮助 PACU 医护人员更安全、高效地管理术后患者,加速康复并改善预后。

5. HFNC 局限与风险性

高流量鼻导管(HFNC)疗法在围手术期和重症监护环境中已显示出生理优势;然而,其疗效在特定人群中似乎不一致,如病态肥胖或严重缺氧血症患者。这些差异很可能反映了设备相关限制与麻醉下呼吸生理变化之间的相互作用。HFNC 能够以高达 60~80 升/分钟的流量输送加热和加湿氧气,产生流动依赖的正呼气末压(PEEP)效应,改善氧合率,同时减少呼吸工作量。然而, HFNC 属于非密闭系统,其实际吸入 FiO_2 易受吸气峰流速、口呼吸及漏气影响,在肥胖患者高耗氧与高吸气流速状态下,室气卷吸可能导致设定 FiO_2 与实际 FiO_2 存在差距,从而削弱氧合改善效果[49]。此外, HFNC 产生的 PEEP 通常约 3~5 cmH_2O ,对伴明显肺不张及分流的重度低氧患者支持有限[17]。在麻醉或深镇静状态下,呼吸驱动受抑制,

自主通气减少, HFNC 依赖的“死腔冲洗”和降低呼吸功机制优势减弱;若进入无通气阶段,其 CO₂ 清除能力有限,可能出现氧合暂时维持而通气不足被掩盖的情况[50]。随机对照研究亦显示,在肥胖患者气管插管或镇静操作中, HFNC 对延长安全无呼吸时间或减少低氧发生率的效果并非一致优于传统氧疗方式[34]。

HFNC 提供的通气支持有限,不能替代气管插管或无创通气(NIV)治疗严重的呼吸衰竭[51]。一项针对急性高碳酸性呼吸衰竭(Acute hypercapnic respiratory failure, AHRF)的网络荟萃分析指出,面罩 NIV 在治疗失败率、呼吸困难评分和动脉血二氧化碳分压(PaCO₂)改善方面优于 HFNC [52]。在慢性阻塞性肺疾病(COPD)急性加重期,尽管 HFNC 可预防插管并有助于早期拔管,但对于 ICU 中发生高碳酸性呼吸衰竭的患者,选择 HFNC、NIV 还是有创机械通气,需基于呼吸衰竭的严重程度、患者整体健康状况和个体特征综合决策[53]。因此,麻醉医师必须准确掌握其适应症与禁忌症。

HFNC 应用存在一定风险。虽然胃胀气发生率低,且通过加温加湿已极大改善了鼻腔干燥或不快感,但主要风险在于可能延误必要的升级治疗。例如,在 COVID-19 相关急性低氧性呼吸衰竭患者中,监测呼吸频率-氧合指数(ROX 指数)的轨迹有助于识别有治疗失败风险的患者,避免因 HFNC 失败而延迟插管[54]。因此,建立严密的监测和评估流程至关重要。此外,对于存在鼻中隔偏曲、鼻甲肥大等鼻腔解剖异常的患者, HFNC 的广泛应用存在困难,可能需要简单的装置改良才能达到目标氧饱和度[55]。

6. 结论

经鼻高流量氧疗(HFNC)通过提供高流量、加温加湿气体,创造符合生理需求的呼吸微环境,在预氧合、术中维持及拔管后支持等环节展现独特优势,尤其在困难气道处理、无插管麻醉及预防拔管后低氧血症方面,成为优化临床路径、推动加速康复外科的重要工具。其成功应用依赖麻醉医师对生理学机制的透彻理解,需个体化评估患者状态、手术类型及风险,在舒适性与压力支持间权衡,虽有局限性,但在特定场景下有效性与安全性获证据支持。未来 HFNC 技术将向智能化、集成化与精细化发展。设备智能化可实时监测参数并自动调节,实现精准闭环管理;监测集成化将其与麻醉工作站等无缝连接,构建一体化呼吸管理平台;应用场景精细化需通过更多临床研究明确不同手术和患者亚群的最佳应用指征及时机。目标是优化技术应用,与麻醉管理策略融合,提升患者舒适度,降低围术期呼吸系统并发症,改善预后,提高麻醉质量与安全。

参考文献

- [1] Roca, O., Li, J. and Mauri, T. (2024) High-Flow Nasal Cannula: Evolving Practices and Novel Clinical and Physiological Insights. *Intensive Care Medicine*, **50**, 758-761. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07386-8>
- [2] Vourc'h, M., Huard, D., Le Penndu, M., Deransy, R., Surlbled, M., Malidin, M., *et al.* (2023) High-Flow Oxygen Therapy versus Facemask Preoxygenation in Anticipated Difficult Airway Management (PREOPTI-DAM): An Open-Label, Single-Centre, Randomised Controlled Phase 3 Trial. *eClinicalMedicine*, **60**, Article 101998. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.101998>
- [3] Chiang, T., Tam, K., Chen, J., Wong, C., Yeh, C., Huang, T., *et al.* (2022) Non-Invasive Ventilation for Preoxygenation before General Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 306. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01842-y>
- [4] 王润润, 白延斌. 全麻气管插管术后手术患者咽喉痛的影响因素及治疗进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(3): 3413-3418.
- [5] Kim, J.Y., Kim, H., Heo, M.H., Kim, K.W., Lee, S., Kim, K., *et al.* (2021) Successful Anesthetic Management of a Giant Lower Lip Hemangioma Patient Using High Flow Nasal Cannula—A Case Report. *Korean Journal of Anesthesiology*, **74**, 546-551. <https://doi.org/10.4097/kja.21231>
- [6] Rosén, J., Frykholm, P. and Fors, D. (2021) High-Flow Nasal Cannula versus Face Mask for Preoxygenation in Obese Patients: A Randomised Controlled Trial. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **65**, 1381-1389.

- <https://doi.org/10.1111/aas.13960>
- [7] Grensemann, J., Simon, M., Wachs, C. and Kluge, S. (2021) High-Flow Oxygen Therapy-Chances and Risks. *Der Pneumologe*, **19**, 21-26. <https://doi.org/10.1007/s10405-021-00415-z>
- [8] Tremey, B., Squara, P., De Labarre, H., Ma, S., Fischler, M., Lawkoune, J., *et al.* (2020) Hands-Free Induction of General Anesthesia: A Randomised Pilot Study Comparing Usual Care and High-Flow Nasal Oxygen. *Minerva Anestesiologica*, **86**, 1135-1142. <https://doi.org/10.23736/s0375-9393.20.14456-0>
- [9] Jo, J., Yoon, J., Jang, H., Kim, W., Ku, S. and Choi, S. (2024) Comparison of Preoxygenation with a High-Flow Nasal Cannula and a Simple Face Mask before Intubation in Patients with Head and Neck Cancer. *Acute and Critical Care*, **39**, 61-69. <https://doi.org/10.4266/acc.2022.01543>
- [10] Bright, M.R., Harley, W.A., Velli, G., Zahir, S.F. and Eley, V. (2023) High-Flow Nasal Cannula for Apneic Oxygenation in Obese Patients for Elective Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anesthesia & Analgesia*, **136**, 483-493. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000006304>
- [11] Zhong, M., Xia, R., Zhou, J., Zhang, J., Yi, X. and Yang, A. (2024) The Comparison of Preoxygenation Methods before Endotracheal Intubation: A Network Meta-Analysis of Randomized Trials. *Frontiers in Medicine*, **11**, Article ID: 1379369. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1379369>
- [12] Imai, Y., Yamamoto, T., Kishimoto, N., Tanaka, Y., Kurata, S. and Seo, K. (2025) Usefulness of Transnasal Humidified Rapid Insufflation Ventilatory Exchange during Rapid Sequence Induction for a Patient with a Hiatal Hernia. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, **25**, Article 287. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2025.25.4.287>
- [13] Chua, M.T., Ng, W.M., Lu, Q., Low, M.J.W., Punyadasa, A., Cove, M.E., *et al.* (2022) Pre- and Apnoeic High-Flow Oxygenation for Rapid Sequence Intubation in the Emergency Department (The Pre-Aerate Trial): A Multicentre Randomised Controlled Trial. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, **51**, 149-160. <https://doi.org/10.47102/annals-acadmedsg.2021407>
- [14] Rinaldi, P. (2024) Combined Awake Videolaryngo-Bronchoscopy Intubation with HFNC Preoxygenation for Predicted Difficult Airway in a Patient with Post-Burn Mentosternal Scar Contracture. *International Journal of Burns and Trauma*, **14**, 96-100. <https://doi.org/10.62347/jnpy4151>
- [15] Lee, B.A., Shin, W., Jeong, D., Choi, J.M., Gwak, M. and Song, I. (2021) Use of a High-Flow Nasal Cannula in a Child with a Functional Single Ventricle and Difficult Airway. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **35**, 2128-2131. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.08.019>
- [16] Kim, J., Bae, J., Lee, K.H., Kang, L., Kim, K.N. and Jeong, M.A. (2021) High-Flow Nasal Cannula Application in an Infant Patient with Laryngomalacia during General Anesthesia. *Medicine*, **100**, e28102. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000028102>
- [17] Liu, H., Qu, P., Liu, Q., Xiao, F., Yang, Y., Xu, L., *et al.* (2025) High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy: Physiological Basis and Clinical Applications in Anesthesia. *Frontiers in Medicine*, **12**, Article ID: 1661569. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1661569>
- [18] Long, B., Liu, Y., Lin, F., Zhang, Y., Peng, G., Yang, C., *et al.* (2026) Randomized Trial of High-Flow Nasal Cannula vs Double-Lumen Endotracheal Tube or Laryngeal Mask for Thoracoscopic Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*, **121**, 705-714. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2025.11.020>
- [19] Cao, Y.N., Xiao, Y., Mao, C.Y., *et al.* (2022) High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Prostate-Targeted Needle Biopsy in High-Risk Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome. *National Journal of Andrology*, **28**, 585-589.
- [20] Tang, L., Guo, R., Quan, Y., Zhang, H., Qian, Y., Yu, Y., *et al.* (2025) Intravenous Anesthesia with High-Flow Nasal Cannula Improves Recovery in Elderly Undergoing Ureteroscopic Lithotripsy: A Prospective Controlled Study. *BMC Anesthesiology*, **25**, Article No. 1. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02869-z>
- [21] 黄宇光, 左明章, 鲍红光, 等. 经鼻高流量氧疗临床麻醉规范应用专家共识(2023版) [J]. 临床麻醉学杂志, 2023, 39(8): 881-887.
- [22] Wang, R., Li, H., Li, X., Tang, X., Chu, H., Yuan, X., *et al.* (2021) Modified High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy versus Conventional Oxygen Therapy in Patients Undergoing Bronchoscopy: A Randomized Clinical Trial. *BMC Pulmonary Medicine*, **21**, Article No. 367. <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01744-8>
- [23] Su, C., Chiang, L., Tam, K., Chen, T. and Hu, M. (2021) High-Flow Nasal Cannula for Reducing Hypoxemic Events in Patients Undergoing Bronchoscopy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *PLOS ONE*, **16**, e0260716. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260716>
- [24] Zhang, W., Wang, J., Fu, S., Zhou, J., Zhu, Y., Cai, S., *et al.* (2022) Incidence of Oxygen Desaturation Using a High-Flow Nasal Cannula versus a Facemask during Flexible Bronchoscopy in Patients at Risk of Hypoxemia: A Randomised Controlled Trial. *BMC Pulmonary Medicine*, **22**, Article No. 389. <https://doi.org/10.1186/s12890-022-02188-4>
- [25] Qin, H., Li, J., Wang, J., Yang, Y., Jing, G., Chen, R., *et al.* (2025) Comparison of High-Flow Nasal Cannula and

- Conventional Oxygen Therapy for High Risk Patients during Bronchoscopy Examination: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Annals of the American Thoracic Society*, **22**, 1018-1026. <https://doi.org/10.1513/annalsats.202410-1109oc>
- [26] 陈一丽. 经鼻高流量氧疗在无痛纤维支气管镜检查术中的应用[J]. 中国医疗器械信息, 2019, 25(10): 1-2.
- [27] Zhang, Y., He, X., Chen, Y. and Yang, S. (2022) The Effectiveness of High-Flow Nasal Cannula during Sedated Digestive Endoscopy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Medical Research*, **27**, Article No. 30. <https://doi.org/10.1186/s40001-022-00661-8>
- [28] Lee, M., Cha, B., Park, J., Kim, J.S., Cho, S.Y., Han, J., et al. (2022) Impact of High-Flow Nasal Cannula Oxygenation on the Prevention of Hypoxia during Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography in Elderly Patients: A Randomized Clinical Trial. *Digestive Diseases and Sciences*, **67**, 4154-4160. <https://doi.org/10.1007/s10620-021-07272-z>
- [29] Chen, N., Song, D.D., Qiu, Z.H., et al. (2023) Effect of High Flow Nasal Catheter Oxygen to Prevent Hypoxemia in Endoscopic Retro-Grade Cholangiopancreatography Surgery in Aged. *National Medical Journal of China*, **103**, 3273-3278.
- [30] Gamal, M., Kamal, M.A., Abuelazm, M., Yousaf, A. and Abdelazeem, B. (2022) Meta-Analysis Comparing the Efficiency of High-Flow Nasal Cannula versus Low-Flow Nasal Cannula in Patients Undergoing Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography. *Baylor University Medical Center Proceedings*, **35**, 485-491. <https://doi.org/10.1080/08998280.2022.2062554>
- [31] 陈超, 许学兵, 顾盼, 等. 湿化高流量鼻导管通气在高龄 ERCP 手术患者全凭静脉麻醉中的应用[J]. 广东医学, 2021, 42(9): 1044-1047.
- [32] 裘治慧, 宋丹丹, 刁玉刚, 等. 经鼻高流量吸氧对老年经内镜逆行胰胆管造影手术监测麻醉中低氧血症发生率影响[J]. 临床军医杂志, 2023, 51(7): 683-687.
- [33] Zhang, W., Yin, H., Xu, Y., Fang, Z., Wang, W., Zhang, C., et al. (2022) The Effect of Varying Inhaled Oxygen Concentrations of High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy during Gastroscopy with Propofol Sedation in Elderly Patients: A Randomized Controlled Study. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 335. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01879-z>
- [34] Wang, L., Zhang, Y., Han, D., Wei, M., Zhang, J., Cheng, X., et al. (2025) Effect of High Flow Nasal Cannula Oxygenation on Incidence of Hypoxia during Sedated Gastrointestinal Endoscopy in Patients with Obesity: Multicentre Randomised Controlled Trial. *BMJ*, **388**, e080795. <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-080795>
- [35] 周礼生, 廖朝霞. 经鼻高流量吸氧在宫腔镜手术中的应用[J]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7(30): 78.
- [36] 曹媛媛, 丁可, 胡静, 等. 快充式经鼻湿化高流量通气在静脉麻醉下宫腔镜手术中的应用效果[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2021, 41(10): 1517-1520.
- [37] 姜蕾, 何双八, 孙国燕, 等. 湿化高流量鼻导管氧疗配合可视喉镜下环状关节脱位复位术[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2023, 37(1): 67-71.
- [38] Liqian, X.U., Ning, W.E.I., Meijuan, S., et al. (2021) High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy Can Reduce Occurrence of Hypoxia in Elderly Patients during Anesthesia Recovery. *Journal of Southern Medical University*, **41**, 1265-1269.
- [39] Zhang, X., Li, X., Li, Y., Wang, W. and Yu, Y. (2024) Comparison of High-Flow Nasal Cannula with Conventional Oxygen Therapy for Preventing Postoperative Hypoxemia in Patients with Lung Resection Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Thoracic Disease*, **16**, 2906-2917. <https://doi.org/10.21037/jtd-23-1758>
- [40] Pota, V., Coppolino, F., Giaccari, L.G., Barbarisi, M., Fiore, M., Santagata, M., et al. (2025) High-Flow Nasal Cannula in Weaning Patients from Mechanical Ventilation in Head and Neck Surgery: Retrospective Study. *Life*, **15**, Article 1264. <https://doi.org/10.3390/life15081264>
- [41] Chaudhuri, D., Granton, D., Wang, D.X., Burns, K.E.A., Helviz, Y., Einav, S., et al. (2020) High-Flow Nasal Cannula in the Immediate Postoperative Period: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Chest*, **158**, 1934-1946. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.06.038>
- [42] Wang, Q., Peng, Y., Xu, S., Lin, L., Chen, L. and Lin, Y. (2023) The Efficacy of High-Flow Nasal Cannula (HFNC) versus Non-Invasive Ventilation (NIV) in Patients at High Risk of Extubation Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Medical Research*, **28**, Article No. 120. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01076-9>
- [43] Pensier, J., Naudet-Lasserre, A., Monet, C., Capdevila, M., Aarab, Y., Lakbar, I., et al. (2025) Noninvasive Respiratory Support Following Extubation in Critically Ill Adults with Obesity: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *eClinicalMedicine*, **79**, Article 103002. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.103002>
- [44] Ge, Y., Li, Z., Xia, A., Liu, J. and Zhou, D. (2023) Effect of High-Flow Nasal Cannula versus Non-Invasive Ventilation after Extubation on Successful Extubation in Obese Patients: A Retrospective Analysis of the MIMIC-IV Database. *BMJ Open Respiratory Research*, **10**, e001737. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2023-001737>

-
- [45] Arrivé, F., Rodriguez, M., Frat, J.-P. and Thille, A.W. (2022) Use of High-Flow Nasal Oxygen Therapy after Extubation. *Revue des Maladies Respiratoires*, **39**, 469-476. <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2022.03.014>
- [46] Liu, D., Jin, T., Li, W., Chen, L. and Xing, D. (2023) Effect of High-Flow Nasal Cannula on Patients' Recovery after Inhalation General Anesthesia. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, **39**, Article No. 687. <https://doi.org/10.12669/pjms.39.3.6638>
- [47] Petersen, K., Rice, S., Potter, K., Boylan, S., Clark, K., McCartney, M., *et al.* (2025) Heated High-Flow Nasal Cannula for the Treatment of Unintended Perioperative Hypothermia: A Feasibility Study. *Therapeutic Hypothermia and Temperature Management*. Online Ahead of Print. <https://doi.org/10.1089/ther.2025.0010>
- [48] Tsai, Y., Liu, S., Chang, H., Huang, C., Hsieh, W., Li, C., *et al.* (2025) Tailored Predictive Indicators for Weaning Success from High-Flow Nasal Cannula in Postoperative Hypoxemic Patients. *Life*, **15**, Article 312. <https://doi.org/10.3390/life15020312>
- [49] Drake, M.G. (2018) High-Flow Nasal Cannula Oxygen in Adults: An Evidence-Based Assessment. *Annals of the American Thoracic Society*, **15**, 145-155. <https://doi.org/10.1513/annalsats.201707-548fr>
- [50] Dres, M. and Demoule, A. (2017) What Every Intensivist Should Know about Using High-Flow Nasal Oxygen for Critically Ill Patients. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, **29**, 399-403. <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20170060>
- [51] Petkar, S., Wanjari, D. and Priya, V. (2024) A Comprehensive Review on High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Critical Care: Evidence-Based Insights and Future Directions. *Cureus*, **16**, e66264. <https://doi.org/10.7759/cureus.66264>
- [52] Yan, L. and Wu, G. (2025) A Comparative Analysis of Non-Invasive Respiratory Support Modalities in the Treatment of Acute Hypercapnic Respiratory Failure: A Network Meta-Analysis. *Frontiers in Medicine*, **12**, Article ID: 1594128. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1594128>
- [53] Bedih, B., Ebru, K., Gökçe, G., *et al.* (2025) Management Strategies for Hypercapnic Respiratory Failure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): A Case-Based Discussion. *Cureus*, **17**, e84717.
- [54] Weerasuriya, S., Vlachos, S., Bobo, A., Jayaprabhu, N.B., Matthews, L., Blackstock, A.R., *et al.* (2023) Evaluating the Use of the Respiratory-Rate Oxygenation Index as a Predictor of High-Flow Nasal Cannula Oxygen Failure in Covid-19. *Acute and Critical Care*, **38**, 31-40. <https://doi.org/10.4266/acc.2022.01081>
- [55] Singh, A.K., Kaur, M., Patel, N., Aggarwal, R. and Trikha, A. (2022) Simple but Significant Modifications of High-Flow Nasal Cannula. *Cureus*, **14**, e22641. <https://doi.org/10.7759/cureus.22641>