

经鼻高流量湿化氧疗在无痛胃肠镜应用的临床意义

施飞云, 张茂荷*, 罗荣新, 孙燕南

大理大学第一附属医院麻醉科, 云南 大理

收稿日期: 2026年4月19日; 录用日期: 2026年5月12日; 发布日期: 2026年5月21日

摘要

无痛胃肠镜作为现代消化内镜诊疗的核心技术, 极大提高了患者的舒适度和诊疗精准度。然而, 在传统氧疗支持下, 由于患者处于深度镇静镇痛状态, 自主呼吸功能受限, 低氧血症, 高碳酸血症等并发症风险突出。传统氧疗方式如鼻导管(Nasal Cannula, NC)或普通面罩因氧流量有限(通常 < 15 L/min), 不能提供稳定吸入氧浓度(FiO₂)等缺陷, 难以满足深度镇静下的氧合需求。经鼻高流量氧疗(High-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC)作为一种新型氧疗方式, 通过输送高达80 L/min的加温加湿气体, 在成人及儿童患者中显示出良好的临床效果。近年来, 经鼻高流量氧疗(HFNC)作为一种新兴的呼吸供氧支持技术, 通过其独特的作用机制在无痛胃肠镜检查中逐渐显露优势。本文将重点阐述HFNC的定义、HFNC的生理机制, 包括生理死腔冲刷作用、产生气道正压, 增加呼气末肺容积、降低气道阻力等, 并基于现有证据评价其临床意义。

关键词

经鼻湿化高流量氧疗, 低氧血症, 无痛胃肠镜检查, 预充氧, 肥胖

The Clinical Significance of High-Flow Nasal Cannula Humidified Oxygen Therapy in Painless Gastrointestinal Endoscopy

Feiyun Shi, Maohe Zhang*, Rongxin Luo, Yannan Sun

Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Dali University, Dali Yunnan

Received: April 19, 2026; accepted: May 12, 2026; published: May 21, 2026

*通讯作者。

文章引用: 施飞云, 张茂荷, 罗荣新, 孙燕南. 经鼻高流量湿化氧疗在无痛胃肠镜应用的临床意义[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 1751-1758. DOI: 10.12677/acm.2026.1651978

Abstract

Painless gastrointestinal endoscopy, as a crucial technique in modern digestive endoscopy, significantly enhances patient comfort and diagnostic quality. However, under traditional oxygen therapy, patients in deep sedation and analgesia often experience restricted spontaneous respiration, leading to complications such as hypoxemia and hypercapnia. Conventional oxygen delivery methods like the nasal cannula (NC) or simple face masks, limited by low flow rates (typically <math><15\text{ L/min}</math>) and unstable fraction of inspired oxygen (FiO_2), struggle to meet oxygenation demands during deep sedation. High-flow nasal cannula oxygen therapy (HFNC), an innovative oxygenation approach, delivers heated and humidified gas at rates up to 80 L/min and has demonstrated favorable clinical outcomes in both adult and pediatric patients. In recent years, HFNC has emerged as a promising respiratory support technology in painless gastrointestinal endoscopy, showcasing distinct advantages due to its unique mechanisms. This article focuses on elucidating the definition of HFNC, its physiological mechanisms-including dead space flushing, positive airway pressure generation, increased end-expiratory lung volume, and reduced airway resistance-and evaluates its clinical significance based on current evidence.

Keywords

High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy, Hypoxemia, Painless Gastrointestinal Endoscopy, Preoxygenation, Obesity

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. 经鼻高流量氧疗的定义

HFNC 是一种效率高且相对安全无创的通气供氧手段,具有可调控相对恒定的吸氧浓度(21%~100%)、湿度、流量(8~80 L/min)和温度(31℃~37℃)。该设备包含空气/氧气混合器、主动加温加湿器、单加热回路和鼻插管[1]。

2. HFNC 的生理效应

2.1. 高流量加温加湿给氧

提升舒适性和耐受性: 传统的供氧方法提供未经加温加湿气体会使上呼吸道干燥, 引发粘膜纤毛功能障碍, 导致肺不张, 最终降低患者的舒适性和耐受性。Chanques 等[2]研究发现高流量氧治疗的患者使用加热加湿器, 有助于缓解干燥症状, 改善整体舒适度, 这类创新疗法为提升患者耐受性提供了新思路。

降低机体代谢成本: 上呼吸道, 特别是鼻腔, 在控制通气和支气管舒张方面起着关键作用。冷干燥气体, 可激活粘膜冷受体或渗透受体, 诱导保护性支气管收缩[3]。HFNC 输送的加温加湿气体不仅提高了患者的舒适性, 降低寒冷干燥气体引起的支气管收缩效应。同时其呼气末正压(PEEP)效应, 能够减少呼气末肺泡的塌陷, 进一步降低吸气阻力, 降低呼吸能耗[4]。此外, 鼻腔对吸入气体的加温加湿过程本身消耗大量能量, HFNC 直接提供 31℃~37℃、100%相对湿度的气体, 大幅减少机体能量消耗。

避免空气稀释效应: 普通低流量吸氧时, 患者会吸入大量室内空气, 使吸入氧气的浓度被稀释, 最

终导致实际吸入的氧浓度不稳定[5]。HFNC 通过特制的高流量鼻塞为患者提供可以调控并相对恒定吸氧浓度(21%~100%)的吸入气体,氧疗效果显著优于传统方式。

改善黏膜纤毛清除功能:呼吸道干燥易由吸入干燥冷空气引起,进而损伤黏膜纤毛功能,削弱其清除气道异物的能力[6]。若吸入 31℃~37℃且相对湿度 100%的气体则可有效保持气道湿润,保护黏膜完整,强化纤毛清除效率,同时降低因干燥导致的分泌物滞留及肺不张风险[7],黏液纤毛清除系统作为人体呼吸道的首要防御屏障,能通过黏液吸附外来病原体与颗粒物,再借助纤毛规律摆动将其排出,构成一道高效的物理屏障。气道表面黏液层同时具备化学屏障作用,可阻止病原体释放的有害物质破坏上皮细胞。Chidekel 等[8]的细胞实验证实,高湿度环境(RH > 90%)有助于维持气道上皮细胞活力与形态,减少 IL-6、IL-8 等炎症介质分泌,组织学观察发现,干燥组上皮细胞损伤随时间推移而加重,表明低湿度环境会加剧上皮细胞功能下降及炎症反应,湿化治疗有助于保持细胞结构稳定、改善细胞状态。并缓解气道上皮炎症,Barbet 等[9]的动物实验显示,呼吸干燥空气会损伤气道黏膜并引发局部炎症,而湿化气体则能有效避免此类问题,另有研究指出干燥空气会令气道疏松结缔组织及气管血管外水(Extravascular Water, EVW)急剧降低,并增强对组胺的最大反应程度[10]。总之,吸入温热湿化气体能保护气道黏膜,促进纤毛运动,加速异物清除,减少肺不张发生,改善通气/血流比例,进而提升氧合效果。

2.2. 呼气末正压(PEEP)效应

HFNC 所提供的加温加湿高流量气体,可产生生理性 PEEP,有效防止肺泡塌陷[11]。研究显示,与传统面罩预充氧相比 HFNC 在 35 L/min 流量,患者闭口状态下,鼻咽平均气道压为 2.7 cmH₂O [12]。高流量产生的呼气末咽部气压与张口和闭口密切相关,且咽部压力随流量呈线性增长:当流量为 10 L/min、20 L/min、40 L/min、60 L/min 时闭口产生的呼气末咽部正压分别为 1.7、2.9、5.5、7.4 cmH₂O,而张口情况下每增加 10 L/min,仅额外获得 0.5 cmH₂O 的正气道压力[13]。

2.3. 解剖死腔冲刷效应

HFNC 的高流量气体远超平静呼吸流速,可快速清除鼻腔、口腔、咽腔的呼气末残余 CO₂,减少重复吸入,清除效率与气体流速及持续时间正相关[14][15]。与仅支持氧合的低流量鼻导管和面罩不同,高流量鼻导管产生流量依赖性的 CO₂ 清除,减少解剖死腔,优化呼吸做工,降低呼吸频率,减少呼出气体的复吸入,增加肺泡有效通气量,从而改善氧合[16]。Möller 等[17]通过管模型与解剖学上气道模型实验证实:HFNC 以 15 L/min、30 L/min 和 45 L/min 流量供气时,示踪气体清除半衰期 < 1.0 s,且随着 HFNC 流量的增加而缩短,1.0 s 内可完全清除鼻腔内示踪气体。尤其在运动患者中,匹配氧浓度与负荷条件下,HFNC 可维持更高的动脉氧分压[18]。HFNC 通过高流量气体产生的物理冲刷效应在维持镇静患者通气平衡方面有着不可替代的潜在价值。

2.4. 提高呼气末肺容积

HFNC 产生的生理性 PEEP 可减少肺泡塌陷,同时加温加湿气体可以降低气道阻力,促进小气道扩张,双重作用提升呼气末肺容积。已证实,加温加湿高流量氧疗可以通过清除上呼吸道的死腔来降低通气需求,并通过高氧浓度满足患者需求的同时产生低水平的呼气末正压来改善氧合。Parke 等[19]对健康志愿者的研究显示,HFNC 流量 30~100 L/min 时可产生具有临床意义的气道正压,电阻抗断层扫描提示终末呼气肺容量增加。Riera 等[20]的队列研究则证实,无论仰卧位(呼气末肺阻抗增加 1.26 个单位),还是俯卧位(增加了 0.87 个单位),HFNC 均能显著提升呼气末肺容积,且俯卧位时呼气末肺阻抗分布更均匀。

2.5. 窒息氧合

窒息性氧合是指在不自主呼吸或机械通气状态下的氧合支持。HFNC 的出现显著延长了气道管理中的缺氧耐受时间。目前对窒息氧合过程中气体交换机制的理解及其临床应用的多样化,涵盖了在重症监护、肥胖、产科和儿科亚群中的应用[21]。Patel 等[22]对 25 例困难气道患者的研究显示, HFNC 可在全身麻醉下行咽喉/喉气管手术患者的呼吸暂停时间延长至 14 分钟, 12 名肥胖患者中 9 例伴喘鸣, 且无患者动脉血氧饱和度低于 90%。其机制源于流量依赖性死腔冲洗与持续气道正压的协同作用。为麻醉镇静场景提供了更安全的氧合保障。

3. 临床意义

全球胃肠道恶性肿瘤发病率正逐步走高, 其中约四分之三的病例集中在发展中国家, 根据国际癌症研究机构 2020 年发布的数据, 中国作为全球最大的发展中国家, 胃癌和食管癌的发病率分别位列全球第四和第三[23][24]。与此同时, 肥胖已成为一个严峻的公共卫生问题, 对全球成人和儿童健康造成严重影响[25]。自 1990 年代以来, 中国的肥胖症患病率也呈现快速上升趋势, 按照中国标准。约半数成年人和 20% 的儿童存在超重或肥胖问题, 使中国成为全球超重和肥胖人口最多的国家, 预计到 2030 年, 成人超重和肥胖患病率将达到 65.3%, 学龄儿童和青少年中达到 31.8%, 学龄前儿童中达到 15.6%, 对应人口规模分别约为 7.89 亿、5892 万和 1819 万[26]。值得注意的是, 随着肥胖率上升, 结直肠癌的发病率也呈现增长趋势[23][24]。因此, 降低胃肠道恶性肿瘤的发生率、提高生存率和降低死亡率至关重要。胃肠镜检查是早期筛查的有效手段, 但常因引起恶心、呕吐、咽喉不适和焦虑等不良反应, 导致患者不愿接受检查[27][28], 随着内镜技术和操作水平的提升, 胃肠道内窥镜已成为多种胃肠道疾病诊断和治疗的标准方法[29][30]。在镇静状态下进行胃肠镜检查能够提高患者的舒适度, 减轻应激反应, 简化操作流程, 成为大多数患者的首选方案, 在中国, 胃肠镜检查总量庞大且持续增长, 但镇静率约为 50%。远低于其他国家, 且存在明显的地区和医院差异[31]。镇静虽然有助于提高患者舒适度和操作效率, 但相关并发症不容忽视, 主要包括心血管系统并发症(如高血压、低血压、心律失常、心肌缺血/梗死等)和呼吸系统并发症(如缺氧、呼吸抑制、气道阻塞、肺误吸等)[32]。缺氧的发生率在 1.5% 到 70% 之间, 是内镜检查中最常见的心肺并发症[33], 通常由镇静镇痛引起的呼吸抑制、气道阻塞、胸壁顺应性降低等因素导致。长期或严重的缺氧可能导致心肌缺氧、心律失常、永久性神经损伤, 甚至死亡[32]。肥胖患者由于镇静后容易发生舌后坠导致气道阻塞、胸壁顺应性降低、膈肌上抬导致肺顺应性降低等生理变化, 成为困难气道和低氧血症的高风险人群[34][35]。研究表明[36], 与体重正常者相比, 肥胖患者发生严重低氧血症的风险增加近六倍, 而在 III 级肥胖患者中风险增加到 8.5 倍; 当 BMI 超过 25 kg/m² 时, 低氧血症的发生率开始显著上升; 当 BMI 超过 30 kg/m² 时, 严重持续性低氧血症的风险进一步升高, 因此, 肥胖患者在检查过程中发生低氧血症相关并发症的风险较高, 在传统胃肠镜检查中, 通常使用面罩或鼻导管供氧, 但在预防低氧血症方面的效果有限, 对于肥胖患者尤其不足[37], 随着肥胖人口增加, 接受胃肠镜检查的肥胖患者数量不断上升, 如何预防这类患者在检查过程中发生低氧血症成为亟待解决的问题。高流量鼻导管氧疗(HFNC)最初主要用于早产儿护理, 处理呼吸窘迫综合征、早产儿呼吸暂停以及拔管后支持一线治疗[38]。近年来, HFNC 的应用范围逐渐扩展, 尤其在无痛胃肠镜中显示出独特优势, 能够在镇静或麻醉期间提供更稳定的氧合和通气支持, 降低低氧血症风险, 一项涉及 329 例患者的多中心随机对照试验表明[39], 高流量鼻氧组 SPO₂ ≤ 92% 的发生率为 9.4%, 而常规氧疗组高达 33.5%。另一项包括 2000 例患者的研究发现[40], 高流量鼻导管氧疗可将低氧血症的发生率从 8.4% 降低到 0%, 严重低氧血症的发生率从 0.6% 降低到 0%, 结果表明, 在深度镇静下行胃肠镜检查的患者中, 使用高流量鼻导管吸氧能显著降低低氧血症的发生风险, 与无痛胃肠镜相比, 支气管镜检查由于操作过程中占用患者气道, 更容易引起低氧血症,

而 HFNC 依靠其特殊的生理效应,在这种情况下同样表现出良好的防护作用。一项比较 HFNC 和常规鼻导管在支气管镜下行肺泡灌洗的对照试验显示[41], HFNC 组低氧血症的发生率为 11%,显著低于常规组的 56%,此外,常规组在支气管镜置入后、术毕和术后时期的呼气末肺阻力均较术前增加,且均高于 HFNC 组;两组膈肌位移量无显著差异,但常规组在镜检后和术毕时膈肌厚度增加率明显升高,这表明 HFNC 在改善气体交换和维持膈肌功能方面具有显著优势。因此,与常规鼻导管或面罩供氧相比, HFNC 在胃肠镜检查中展现出更佳的应用前景。

4. 禁忌症与并发症

HFNC 并无绝对禁止使用的情形,但那些不适合采用无创正压通气(NPPV)的患者也不宜使用此法[1]。包括意识障碍(严重激越)、气道阻塞、高误吸风险、面部/鼻咽外伤或近期手术史、呼吸停止、血流动力学不稳定、痰液过多等(幽闭恐惧症为 NPPV 禁忌,非 HFNC 禁忌),也有研究还将上述情况列为 HFNC 的禁忌症[42]。常见的副作用有鼻腔堵塞、管道滑脱、鼻黏膜受损、反流误吸以及一定程度的二氧化碳潴留等[43]。HFNC 在无痛胃肠镜镇静场景下应用时,常见并发症及监测、预防与处理方案如下:

1) 鼻腔堵塞与鼻黏膜损伤:多由高流量气流刺激、鼻塞压迫、黏膜干燥所致,表现为鼻塞、鼻痛、黏膜糜烂或少量出血。监测:术中观察鼻腔通气、患者面部表情与肢体反应。预防:选择合适型号鼻塞,避免过度压迫,固定管路时预留松弛度,维持 31℃~37℃、100%湿度。处理:暂停操作调整鼻塞位置,局部润滑保护,严重者更换氧疗方式。

2) 管道滑脱:由头位变动、内镜操作牵拉、固定不牢引发,可导致瞬间供氧中断。监测:持续观察管路位置,监护仪实时监测 SpO₂。预防:专用头带/固定贴双重固定,操作避免暴力牵拉,保持头部稳定。处理:立即复位鼻塞并恢复氧疗,评估氧合状态。

3) 反流误吸:镇静状态下气道保护能力下降,注气过多、腹压升高、体位不当可诱发。监测:关注呛咳、气道阻力升高、SpO₂骤降、分泌物性状改变。预防:严格术前禁食禁饮,术中适度注气、及时抽气,避免过度头低脚高位,高危患者适度抬高床头。处理:立即停止注气,头偏向一侧,充分吸引,必要时面罩加压给氧,严重者按误吸急救流程处理。

4) 二氧化碳潴留:多见于镇静过深、呼吸抑制明显患者,表现为呼吸浅慢、EtCO₂/PaCO₂升高。监测:高危患者建议实时监测 EtCO₂。预防:控制镇静深度与给药速度,保持气道通畅。处理:减浅镇静、开放气道,提高流量增强死腔冲刷,必要时改为面罩通气或气管插管。

尽管 HFNC 有不少优点,但在使用前仍需根据个人情况评估其利弊得失。

5. 未来发展

HFNC 已实现从“经验性使用”到“生理性驱动”的精准医疗转型,未来发展需结合无痛胃肠镜镇静与氧合特点,开展更具创新性与临床转化价值的研究:

1) 探索 HFNC 对镇静药物用量的影响:通过多中心随机对照研究,验证 HFNC 能否通过改善氧合、降低呼吸做功、提升患者耐受度,从而减少丙泊酚、阿片类等镇静镇痛药物用量,缩短苏醒时间,降低呼吸与循环并发症风险。

2) 开展 HFNC 联合不同镇静方案的协同效应研究:对比分析 HFNC 联合丙泊酚单药、丙泊酚 + 右美托咪定、丙泊酚 + 芬太尼等不同镇静方案在安全性、舒适性、操作条件、苏醒质量上的差异,形成“镇静 + 氧疗”一体化最优方案。

3) 研发基于实时生理参数反馈的智能调控算法:整合 SpO₂、EtCO₂、呼吸频率、气道压力、BMI、镇静深度等指标,构建流量、FiO₂、温湿度自动闭环调控系统,实现个体化、智能化呼吸支持,提升高危人群安全性。

4) 整合 EtCO₂ 实时监测与早期预警系统: 将旁流式 EtCO₂ 监测与 HFNC 设备融合, 建立高碳酸血症、呼吸抑制早期预警模型, 弥补单纯血氧监测的滞后性, 提升镇静期间通气安全。

5) 构建高风险人群定制化应用规范: 针对肥胖、老年、OSA、心肺合并症等亚组, 建立 HFNC 启动时机、参数设置、撤离指征的分层标准, 形成可推广的临床路径。

6) 扩大内镜诊疗场景应用验证: 将 HFNC 的安全应用模式拓展至支气管镜、ERCP、超声内镜等操作, 建立内镜镇静通用呼吸支持规范, 同时开展卫生经济学评价, 为指南制定与临床普及提供依据。

6. 总结

无痛胃肠镜是消化道疾病诊疗的金标准, 传统氧疗(鼻导管、简易面罩等)存在氧流量不足、吸入氧浓度不稳定、患者耐受性差等缺陷, 难以满足深度镇静下患者的氧合需求。高流量鼻导管吸氧技术(HFNC)凭借无创舒适、氧气供应稳定、能有效清除呼吸道死腔、不影响手术操作等优点, 能显著降低低氧血症的风险, 特别适合肥胖等高风险人群, 当然, 这种技术也有一定的使用限制和潜在副作用。但多项临床试验已经证实其实临床价值, 是无痛胃肠镜检查时吸氧的首选方案, 随着技术不断进步和更多证据积累, 它在消化道内镜诊疗中的应用将更加广泛。

基金项目

项目等级: 省级;

基金项目: 云南省科技计划项目;

项目编号: 202001BA070001-086;

项目名称: 围术期血液稀释对高原高血红蛋白血症患者生命体征的影响及机制的研究。

参考文献

- [1] Nishimura, M. (2015) High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Adults. *Journal of Intensive Care*, **3**, Article No. 15. <https://doi.org/10.1186/s40560-015-0084-5>
- [2] Chanques, G., Constantin, J., Sauter, M., Jung, B., Sebbane, M., Verzilli, D., et al. (2009) Discomfort Associated with Underhumidified High-Flow Oxygen Therapy in Critically Ill Patients. *Intensive Care Medicine*, **35**, 996-1003. <https://doi.org/10.1007/s00134-009-1456-x>
- [3] Fontanari, P., Burnet, H., Zattara-Hartmann, M.C. and Jammes, Y. (1996) Changes in Airway Resistance Induced by Nasal Inhalation of Cold Dry, Dry, or Moist Air in Normal Individuals. *Journal of Applied Physiology*, **81**, 1739-1743. <https://doi.org/10.1152/jap.1996.81.4.1739>
- [4] D'Cruz, R.F., Hart, N. and Kaltsakas, G. (2020) High-Flow Therapy: Physiological Effects and Clinical Applications. *Breathe*, **16**, Article 200224. <https://doi.org/10.1183/20734735.0224-2020>
- [5] Kallstrom, T.J. (2002) AARC Clinical Practice Guideline: Oxygen Therapy for Adults in the Acute Care Facility—2002 Revision & Update. *Respiratory Care*, **47**, 717-720. <https://doi.org/10.1177/002013240204700618>
- [6] Hernández, G., Roca, O. and Colinas, L. (2017) High-Flow Nasal Cannula Support Therapy: New Insights and Improving Performance. *Critical Care*, **21**, Article No. 62. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1640-2>
- [7] 王佳林, 胡建林. 急性呼吸窘迫综合征呼吸支持治疗新进展[J]. 临床肺科杂志, 2016, 21(3): 533-536.
- [8] Chidekel, A., Zhu, Y., Wang, J., Mosko, J.J., Rodriguez, E. and Shaffer, T.H. (2012) The Effects of Gas Humidification with High-Flow Nasal Cannula on Cultured Human Airway Epithelial Cells. *Pulmonary Medicine*, **2012**, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2012/380686>
- [9] Barbet, J.P., Chauveau, M., Labbe, S. and Lockhart, A. (1988) Breathing Dry Air Causes Acute Epithelial Damage and Inflammation of the Guinea Pig Trachea. *Journal of Applied Physiology*, **64**, 1851-1857. <https://doi.org/10.1152/jap.1988.64.5.1851>
- [10] Van Oostdam, J.C., Walker, D.C., Knudson, K., Dirks, P., Dahlby, R.W. and Hogg, J.C. (1986) Effect of Breathing Dry Air on Structure and Function of Airways. *Journal of Applied Physiology*, **61**, 312-317. <https://doi.org/10.1152/jap.1986.61.1.312>

- [11] Corley, A., Caruana, L.R., Barnett, A.G., Tronstad, O. and Fraser, J.F. (2011) Oxygen Delivery through High-Flow Nasal Cannulae Increase End-Expiratory Lung Volume and Reduce Respiratory Rate in Post-Cardiac Surgical Patients. *British Journal of Anaesthesia*, **107**, 998-1004. <https://doi.org/10.1093/bja/aer265>
- [12] Parke, R., McGuinness, S. and Eccleston, M. (2009) Nasal High-Flow Therapy Delivers Low Level Positive Airway Pressure. *British Journal of Anaesthesia*, **103**, 886-890. <https://doi.org/10.1093/bja/aep280>
- [13] Groves, N. and Tobin, A. (2007) High Flow Nasal Oxygen Generates Positive Airway Pressure in Adult Volunteers. *Australian Critical Care*, **20**, 126-131. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2007.08.001>
- [14] Möller, W., Feng, S., Domanski, U., Franke, K., Celik, G., Bartenstein, P., et al. (2017) Nasal High Flow Reduces Dead Space. *Journal of Applied Physiology*, **122**, 191-197. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00584.2016>
- [15] Frizzola, M., Miller, T.L., Rodriguez, M.E., Zhu, Y., Rojas, J., Heseck, A., et al. (2011) High-Flow Nasal Cannula: Impact on Oxygenation and Ventilation in an Acute Lung Injury Model. *Pediatric Pulmonology*, **46**, 67-74. <https://doi.org/10.1002/ppul.21326>
- [16] Drake, M.G. (2017) 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>
- [17] Möller, W., Celik, G., Feng, S., Bartenstein, P., Meyer, G., Eickelberg, O., et al. (2015) Nasal High Flow Clears Anatomical Dead Space in Upper Airway Models. *Journal of Applied Physiology*, **118**, 1525-1532. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00934.2014>
- [18] Dysart, K., Miller, T.L., Wolfson, M.R. and Shaffer, T.H. (2009) Research in High Flow Therapy: Mechanisms of Action. *Respiratory Medicine*, **103**, 1400-1405. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2009.04.007>
- [19] Parke, R.L., Bloch, A. and McGuinness, S.P. (2015) Effect of Very-High-Flow Nasal Therapy on Airway Pressure and End-Expiratory Lung Impedance in Healthy Volunteers. *Respiratory Care*, **60**, 1397-1403. <https://doi.org/10.4187/respcare.04028>
- [20] Riera, J., Pérez, P., Cortés, J., Roca, O., Masclans, J.R. and Rello, J. (2013) Effect of High-Flow Nasal Cannula and Body Position on End-Expiratory Lung Volume: A Cohort Study Using Electrical Impedance Tomography. *Respiratory Care*, **58**, 589-596. <https://doi.org/10.4187/respcare.02086>
- [21] Lyons, C. and Callaghan, M. (2019) Uses and Mechanisms of Apnoeic Oxygenation: A Narrative Review. *Anaesthesia*, **74**, 497-507. <https://doi.org/10.1111/anae.14565>
- [22] Patel, A. and Nouraei, S.A.R. (2015) Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE): A Physiologic Method of Increasing Apnoea Time in Patients with Difficult Airways. *Anaesthesia*, **70**, 323-329. <https://doi.org/10.1111/anae.12923>
- [23] Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., et al. (2021) Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **71**, 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- [24] GBD 2017 Oesophageal Cancer Collaborators (2020) The Global, Regional, and National Burden of Oesophageal Cancer and Its Attributable Risk Factors in 195 Countries and Territories, 1990-2017: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, **5**, 582-597.
- [25] Bajaj, Y., Gadepalli, C. and Knight, L.C. (2008) Securing a Nasopharyngeal Airway. *The Journal of Laryngology & Otology*, **122**, 733-734. <https://doi.org/10.1017/s0022215107001065>
- [26] Wang, Y., Zhao, L., Gao, L., Pan, A. and Xue, H. (2021) Health Policy and Public Health Implications of Obesity in China. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **9**, 446-461. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(21\)00118-2](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(21)00118-2)
- [27] Meining, A., Semmler, V., Kassem, A., Sander, R., Frankenberger, U., Burzin, M., et al. (2007) The Effect of Sedation on the Quality of Upper Gastrointestinal Endoscopy: An Investigator-Blinded, Randomized Study Comparing Propofol with Midazolam. *Endoscopy*, **39**, 345-349. <https://doi.org/10.1055/s-2006-945195>
- [28] Zheng, H.R., Zhang, X.Q., Li, L.Z., Wang, Y.L., Wei, Y., Chen, Y.M., et al. (2018) Multicentre Prospective Cohort Study Evaluating Gastroscopy without Sedation in China. *British Journal of Anaesthesia*, **121**, 508-511. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.027>
- [29] Bardou, M., Barkun, A.N. and Martel, M. (2013) Obesity and Colorectal Cancer. *Gut*, **62**, 933-947. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2013-304701>
- [30] O'Sullivan, D.E., Sutherland, R.L., Town, S., et al. (2021) Risk Factors for Early-Onset Colorectal Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, **20**, 1229-1240.e5.
- [31] Early, D.S., Lightdale, J.R., Vargo, J.J., Acosta, R.D., Chandrasekhara, V., Chathadi, K.V., et al. (2018) Guidelines for Sedation and Anesthesia in GI Endoscopy. *Gastrointestinal Endoscopy*, **87**, 327-337. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2017.07.018>
- [32] Amornytin, S. (2013) Sedation-Related Complications in Gastrointestinal Endoscopy. *World Journal of Gastrointestinal*

- Endoscopy*, **5**, Article E 527. <https://doi.org/10.4253/wjge.v5.i11.527>
- [33] Qadeer, M.A., Lopez, A.R., Dumot, J.A. and Vargo, J.J. (2011) Hypoxemia during Moderate Sedation for Gastrointestinal Endoscopy: Causes and Associations. *Digestion*, **84**, 37-45. <https://doi.org/10.1159/000321621>
- [34] 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.
- [35] Xiao, Q.S., Yang, Y.Y., Zhou, Y.B., *et al.* (2016) Comparison of Nasopharyngeal Airway Device and Nasal Oxygen Tube in Obese Patients Undergoing Intravenous Anesthesia for Gastroscopy: A Prospective and Randomized Study. *Gastroenterology Research and Practice*, **2016**, Article 2641257.
- [36] Laffin, A.E., Kendale, S.M. and Huncke, T.K. (2020) Severity and Duration of Hypoxemia during Outpatient Endoscopy in Obese Patients: A Retrospective Cohort Study. *Canadian Journal of Anesthesia*, **67**, 1182-1189. <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01737-x>
- [37] Wani, S., Azar, R., Hovis, C.E., Hovis, R.M., Cote, G.A., Hall, M., *et al.* (2011) Obesity as a Risk Factor for Sedation-Related Complications during Propofol-Mediated Sedation for Advanced Endoscopic Procedures. *Gastrointestinal Endoscopy*, **74**, 1238-1247. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2011.09.006>
- [38] Spoletini, G., Alotaibi, M., Blasi, F. and Hill, N.S. (2015) Heated Humidified High-Flow Nasal Oxygen in Adults: Mechanisms of Action and Clinical Implications. *Chest*, **148**, 253-261. <https://doi.org/10.1378/chest.14-2871>
- [39] Nay, M.A., Fromont, L., Eugene, A., Marcueyz, J., Mfam, W., Baert, O., *et al.* (2021) High-Flow Nasal Oxygenation or Standard Oxygenation for Gastrointestinal Endoscopy with Sedation in Patients at Risk of Hypoxaemia: A Multicentre Randomised Controlled Trial (ODEPHI Trial). *British Journal of Anaesthesia*, **127**, 133-142. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.03.020>
- [40] Lin, Y., Zhang, X., Li, L., Wei, M., Zhao, B., Wang, X., *et al.* (2019) High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy and Hypoxia during Gastroscopy with Propofol Sedation: A Randomized Multicenter Clinical Trial. *Gastrointestinal Endoscopy*, **90**, 591-601. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2019.06.033>
- [41] Longhini, F., Pelaia, C., Garofalo, E., Bruni, A., Placida, R., Iaquina, C., *et al.* (2021) High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy for Outpatients Undergoing Flexible Bronchoscopy: A Randomised Controlled Trial. *Thorax*, **77**, 58-64. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-217116>
- [42] Mukherjee, D. and Mukherjee, R. (2023) High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in the Management of Respiratory Failure: A Review. *Cureus*, **15**, e50738. <https://doi.org/10.7759/cureus.50738>
- [43] 胡志敏, 莫娇, 吴志勇, 等. 经鼻高流量氧疗在内镜手术麻醉中的应用进展[J]. 赣南医学院学报, 2024, 44(7): 730-735.