

急诊成人经鼻高流量氧疗临床应用专家共识

中国医师协会急诊医师分会 中华医学会急诊医学分会 中国急诊专科医联体
北京急诊医学学会

通信作者: 徐军, Email: xujunfree@126.com; 韩小彤, Email: 74495365@qq.com;
朱华栋, Email: zhuhudong1970@126.com; 赵晓东, Email: zxd63715@126.com; 吕传柱,
Email: lvchuanzhu677@126.com; 于学忠, Email: yxz@medmail.com.cn

基金项目: 江苏省卫生健康委科研项目 (M2020014); 湖南省科技创新重点工程 (2020SK1011)

指南共识注册编号: IPGRP-2021CN095

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2021.09.001

经鼻高流量氧疗 (high-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC) 是一种通过无需密封的导管经鼻输入经过加温湿化的高流量混合气体的呼吸治疗方法。大量研究表明 HFNC 可有效缓解呼吸困难, 对轻中度呼吸衰竭患者有良好的临床疗效, 且操作简便, 具有良好的患者耐受性, 临床应用越来越广泛。目前, HFNC 已与传统氧疗 (conventional oxygen therapy, COT)、无创正压通气 (noninvasive ventilation, NIV) 及有创机械通气 (invasive mechanical ventilation, IMV) 共同成为急诊常用的呼吸治疗方式。

2019 年中华医学会呼吸病学分会发布了《成人经鼻高流量湿化氧疗临床规范应用专家共识》^[1], 2020 年欧洲重症医学学会发布了《经鼻高流量氧疗作为成人呼吸支持策略的作用: 临床实践指南》^[2]。上述指南/共识对急诊 HFNC 临床应用有一定指导作用, 但国内急诊具有其自身特点, 且随着国内外新的临床研究的不断报道, 部分推荐内容有调整的需要。为促进国内急诊成人患者 HFNC 合理和规范使用, 本专家组参照国内外相关文献, 结合国内急诊实际情况达成本共识, 以为为急诊成人应用 HFNC 提供基本指导。

本共识着重解答以下几个问题: ① HFNC 在急诊成人使用时适应证和禁忌证有哪些? ② HFNC 在急诊如何使用 (参数设置调整、使用流程等)? ③使用 HFNC 时如何监测? 如何预测 HFNC 治疗失败?

本共识英文文献检索以 Pubmed, MEDLINE 和 Cochrane 数据库为基础, 检索词“HFNC”“High Flow Nasal Cannula”“Humidified High Flow Nasal Cannula”“Humidified High Flow Oxygen Therapy”与“ED (Emergency Department)”, 以 AND、OR 进行组合。中文文献检索以中国知网、万方数据库、维普数据库为基础, 使用“经鼻高流量湿化氧疗”“高流量氧疗”进行补充检索。剔除动物实验研究以及与检索不相关的研究。根据证据质量, 本共识结合风险利弊、结论可

推广性、适宜性和资源利用等方面, 借鉴 GRADE 指南意见^[3], 形成证据等级和推荐等级意见 (表 1)。

表 1 本共识推荐内容证据等级与推荐等级说明

等级	说明
证据等级	
I (高等级)	高质量的随机对照临床研究 (RCT)、权威指南以及高质量系统综述和 Meta 分析
II (中等级)	有一定研究局限性的 RCT 研究 (如无隐藏分组、未设盲、未报告失访)、队列研究、病例系列研究及病例对照研究
III (低等级)	病例报道、专家意见
推荐等级	
A (强推荐)	该方案大多数患者、医生和政策制定者都会采纳
B (中度推荐)	该方案多数人都会采纳, 但仍有部分人不采纳, 要结合患者具体情况作出体现其价值观和意愿的决定
C (弱推荐)	证据不足, 需要患者、医生和政策制定者共同讨论决定

1 HFNC 结构介绍及生理学效应

1.1 HFNC 结构介绍

HFNC 设备由空气氧气 (空氧) 混合器装置、主动加温装置、加热导丝单回路管路和鼻导管组成 (图 1), 通过专用的连接管亦可用于气管切开的患者。早期 HFNC 设备的空气氧气混合器装置和加温加湿系统 (一般为 MR850 加湿器) 为分离式设置, 后发展为空氧混合器和加温加湿系统一体化设计。此外, 部分品牌呼吸机在有创通气的基础上配备了 HFNC 功能, 实现了呼吸支持一体化。

1.2 HFNC 生理学效应

多项临床及基础研究证实 HFNC 具有下列生理学效应:

①可控性精准给氧。HFNC 可提供高达 60~75 L/min 的气体流量, 即使呼吸窘迫的患者亦可最大限度避免吸气时空气的混入, 从而保证精确的吸入氧体积分数 (FiO₂)^[4]。需要注意的是, 张口呼吸会降低 HFNC 实际 FiO₂。

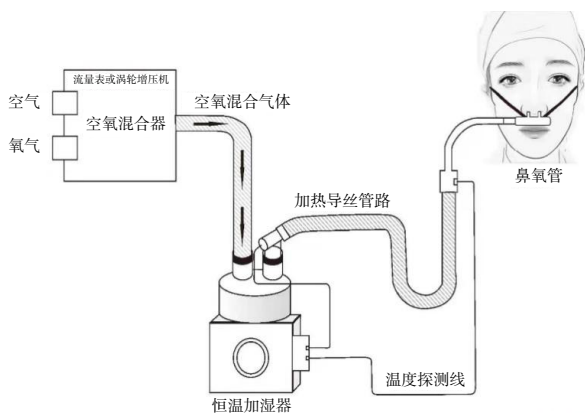


图 1 经鼻高流量氧疗设备结构示意图

②充分加温湿化，防止黏膜干燥。HFNC 可提供最高 37℃ 及绝对湿度 44 mg H₂O/L (相对湿度 100%) 的加温湿化能力。通过充分加温湿化以增加黏膜湿度，促进分泌物清除，避免上皮损伤，保护黏膜及纤毛功能，改善患者舒适性^[5]。

③减少解剖死腔。HFNC 高流量气体持续冲刷鼻咽部解剖死腔，减少呼出气体再吸入，增加肺泡有效通气量，从而提高呼吸效率，改善氧合，缓解呼吸困难，降低呼吸频率^[6]。

④产生一定的气道正压。HFNC 治疗时，鼻咽部及气道对高流量气体的阻力，形成了一定的呼气末正压 (positive end-expiratory pressure, PEEP)，且与气体流量呈正相关。在一项针对健康志愿者的研究中，闭口呼吸时流量在 10、20、40 和 60 L/min 时，平均气道压力分别为 1.7、2.9、5.5 和 7.7 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa)^[7]。张口呼吸时，上述流量产生的 PEEP 大约下降 1 cmH₂O。

⑤增加呼气末肺容积和跨肺压。有研究利用电阻抗成像发现全肺及局部呼气末肺容积随着 HFNC 流量增加而增加，提示呼气末肺容积和跨肺压的增加^[8]。

⑥降低呼吸功。HFNC 可减轻吸气肌肉的负担，从而减少吸气努力。研究表明与 COT 相比，HFNC 可使食管压力波动和吸气压力时间乘积降低^[9]。HFNC 还可以通过改善动态肺顺应性和气道阻力来减少吸气努力^[9-10]。

⑦改善气体分布。HFNC 可以通过减少吸气努力，复张塌陷的肺泡来缓解患者自主呼吸诱导的肺损伤^[11]。研究显示 HFNC 较 NIV 和 COT 更能降低跨肺驱动压和总体通气的不均一性^[9]。

HFNC 被认为是一种介于 COT 和 NIV 之间的一种新型氧疗和呼吸支持方式。HFNC 具有普通鼻导管氧疗和面罩给氧所不具备的加温湿化、产生气道正压等效应，且输送氧体积分数更精确稳定。文丘里是可提供精确氧体积分数的高流量系统，但无加温湿化功能。与 NIV 相比，HFNC 产生的气道正压不能直接获取数值，亦不具备 NIV 所具有

的压力支持 (pressure support) 功能。

2 HFNC 急诊成人临床应用推荐

2.1 急性 I 型呼吸衰竭

I 型呼吸衰竭引起的呼吸困难、呼吸频率加快及低氧是急诊患者最常见的就诊原因之一。近年来越来越多的研究证实了 HFNC 对急性 I 型呼吸衰竭患者的疗效。截止目前，有 9 项随机对照研究 (RCT) 对比了 HFNC 和 COT 对 I 型呼吸衰竭的疗效。其中 4 项研究针对呼吸困难和低氧血症的急诊患者^[12-15]。针对上述 RCT 的 Meta 分析显示^[16]，HFNC 较 COT 可以降低气管插管率 ($RR=0.85$, 95%CI: 0.74~0.99) 和呼吸支持升级需求 ($RR=0.71$, 95%CI: 0.51~0.98)，且 HFNC 不增加并发症发生的风险；两组间病死率、重症监护病房 (ICU) 及总住院时间等差异无统计学意义。另外两项包括术后和气管拔管后等多种原因导致急性 I 型呼吸衰竭的 Meta 分析均显示 HFNC 较 COT 可以降低气管插管率，而病死率等差异无统计学意义^[17-18]。

目前，比较 HFNC 和 NIV 在 I 型呼吸衰竭中应用疗效的 RCT 较少。Doshi 等^[19]发现 HFNC 治疗急诊 I 型呼吸衰竭的气管插管率 (7%) 非劣效于 NIV (13%，风险差为 -6%，95%CI: -14%~2%)，两种方法治疗失败率、生命体征及血气分析改善无明显差别。Frat 等^[20]观察了 HFNC、COT 及 NIV 对 ICU 内无需紧急气管插管的 I 型呼吸衰竭 [氧合指数 <300 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)] 患者的疗效，发现三组间 28 d 气管插管率差异无统计学意义，HFNC 组 28 d 内未使用呼吸机天数显著多于 COT 和 NIV 组。事后分析显示，对于氧合指数 ≤ 200 mmHg 的患者，HFNC 组气管插管率显著低于另外两组。两项纳入多种原因导致急性 I 型呼吸衰竭 (包括术后和气管拔管后) 的 Meta 分析显示，HFNC 与 NIV 在气管插管率、住院时间及病死率等方面均差异无统计学意义^[17-18]。由于多项研究证实 HFNC 耐受性和舒适性明显优于 NIV^[20-21]，提示在 NIV 不耐受人群中 HFNC 可作为 NIV 的替代治疗措施。

推荐意见 1: 对于急性 I 型呼吸衰竭患者，推荐使用 HFNC 替代 COT 以降低气管插管率和呼吸支持升级需求 (证据等级 I，推荐强度 A)。目前尚无足够证据支持 HFNC 能够替代 NIV，对于已经接受 NIV 的急性 I 型呼吸衰竭患者，若对 NIV 不耐受，可在密切监测下尝试 HFNC 治疗。(证据等级 II，推荐强度 B)

2.2 II 型呼吸衰竭

近年来，探索 HFNC 在急性 II 型呼吸衰竭或慢性 II 型呼吸衰竭急性加重中的研究 [如慢性阻塞性肺疾病急性发作 (acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, AECOPD) 等] 逐渐增多。一项回顾性研究发现，HFNC

较 COT 显著降低急诊科高碳酸血症患者的 PaCO_2 ^[22]。Yuste 等^[23]发现 30 例不耐受 NIV 的急性中度 II 型呼吸衰竭患者在接受 HFNC 治疗后 pH 得到改善,呼吸频率亦有一定程度下降,治疗无反应率仅有 13.3%。RCT 显示对于合并中度 II 型呼吸衰竭 ($7.25 < \text{pH} < 7.35$) AECOPD 患者, HFNC 可有效缓解膈肌疲劳^[24],且与 NIV 有类似的降低 PaCO_2 的作用^[25]。两项队列研究发现 HFNC 与 NIV 有类似的气管插管率和 30 d 病死率,而 HFNC 需要更少的气道护理干预,具有更低的皮损发生率,及更好的治疗耐受性^[26-27]。亦有研究发现,在 COPD 患者 NIV 治疗间歇期应用 HFNC 较 COT 可以降低呼吸频率,缩短呼吸支持时间及 ICU 住院时间,改善 NIV 间歇期二氧化碳潴留及呼吸困难^[21,28]。

推荐意见 2: 对于 COPD 合并轻中度高碳酸血症 ($\text{pH} > 7.25$) 的患者, HFNC 可作为初始呼吸支持的选择之一。对于不耐受 NIV 的 COPD 合并中度高碳酸血症 ($7.25 < \text{pH} < 7.35$) 的患者,建议使用 HFNC 治疗。对于 $\text{pH} < 7.25$ 的高碳酸血症患者,不建议使用 HFNC 治疗。(证据等级 II, 推荐强度 B)

2.3 机械通气拔管后

预防机械通气拔管后呼吸衰竭和再插管是拔管后患者管理的核心之一。目前有多项研究对比了 HFNC 和 COT 及 HFNC 和 NIV 在拔管后患者中的应用^[2]。虽然这些研究中对于拔管后再插管的高危因素的定义有所不同,但比较公认的高危因素有: 65 岁以上、充血性心力衰竭、中重度 COPD、APACHE II 评分 > 12 分、体质量指数 (BMI) $> 30 \text{ kg/m}^2$ 、存在气道通畅问题或咳痰无力、脱机困难、两种及以上合并症、机械通气时间超过 7 d^[29]。对于不具备上述高危因素的拔管后患者,一项大型 RCT 显示 HFNC 较 COT 可以降低 72 h 内的再插管率和拔管后呼吸衰竭发生率^[30]。Di mussi 等^[31]发现在 COPD 合并急性 II 型呼吸衰竭患者拔管后,接受 HFNC 与 COT 相比呼吸频率、 PaCO_2 差异无统计学意义,但 HFNC 可以显著降低神经呼吸驱动(膈肌电活动)和呼吸功。对于具有上述高风险的患者, HFNC 在预防再次插管和拔管后呼吸衰竭方面不劣于 NIV,且需要终止治疗的不良反应发生率 HFNC 显著少于 NIV^[29,32]。亦有一项大型 RCT 发现 HFNC 联合 NIV 较单独使用 HFNC 可以降低高危患者再插管率^[33]。对于 COPD 有创通气拔管后患者,多项 RCT 显示 NIV 与 HFNC 再插管率、28 d 病死率、ICU 住院时间等相似,但 HFNC 具有更好的耐受性^[34-36]。

综合现有证据,拔管后使用 HFNC 较 COT 再插管率更低、拔管后呼吸衰竭发生率更低;拔管后使用 HFNC 和 NIV 再插管率和拔管后呼吸衰竭发生率差异无统计学意义;拔管后使用 HFNC 的 ICU 病死率和 ICU 住院时间与 COT 或 NIV,差异无统计学意义^[2,37]。HFNC 已成为机械通气

拔管患者替代 COT 和 NIV 的潜在选择。

推荐建议 3: 对于机械通气插管超过 24 h 且具有拔管后呼吸衰竭高危因素的患者,建议在拔管后使用 HFNC 替代 COT (证据等级 I, 推荐强度 A)。对于临床通常在机械通气拔管后序贯进行 NIV 的患者,建议继续使用 NIV; 若对 NIV 不耐受建议使用 HFNC。(证据等级 II, 推荐强度 B)

2.4 外科术后

随着急诊外科或创伤外科的发展,外科术后呼吸衰竭的预防亦成为急诊关注的领域之一。Chaudhuri 等^[38]纳入 11 项 RCT (10 项 RCT 将 HFNC 与 COT 进行比较,1 项 RCT 将 HFNC 与 NIV 进行比较)共 2 201 例患者进行 Meta 分析,结果提示心胸术后使用 HFNC 较 COT 可降低气管插管率和呼吸支持升级的需求,虽然病死率及住院时间等差异无统计学意义。亚组分析表明, HFNC 这一益处主要体现在肥胖和(或)高危(COPD、哮喘、重度吸烟、前 4 周内下呼吸道感染等)患者中,这在另一项 Meta 分析中亦得到验证^[39]。一项 RCT 显示肥胖患者心胸手术后, HFNC 与 NIV 具有类似的治疗失败率,但 HFNC 具有更好的耐受性,皮肤并发症少,提示在心胸手术后的肥胖患者中 HFNC 是 NIV 理想的代替措施^[40]。顾彩虹等^[41]研究提示 HFNC 较 NIV 可以改善全麻胃肠手术后急性呼吸衰竭患者的氧合,降低再插管率。但另一项多中心 RCT 显示腹部手术或胸腹联合术后的患者拔管后即刻使用 HFNC 较 COT 可以缩短患者氧疗时间,但不能降低再插管率和呼吸支持升级的需要,术后第 7 天肺部其他并发症的发生率差异亦无统计学意义^[42]。

推荐建议 4: 对于接受心脏或胸腔手术的高风险和(或)肥胖患者,推荐术后立即使用 HFNC 替代 COT,以减少再插管和呼吸支持升级需求(证据等级 I 级,推荐强度 A)。腹部手术后患者不建议常规使用 HFNC。(证据等级 II, 推荐强度 B)

2.5 气管插管预氧合

接受气管插管的急诊患者常伴有急性呼吸衰竭,在气管插管操作中及插管后发生严重低氧等不良事件的风险较大。与面罩及 NIV 等预氧合方法相比, HFNC 最大的优势是在气管插管操作时 HFNC 可以继续给氧,而普通面罩及 NIV 面罩则必须在插管操作时被移除。

目前有 10 项 RCT 研究比较了 HFNC 与 COT 或 NIV 在气管插管中的应用^[43]。其中有 5 项是在有低氧的危重患者中进行的。综合这些研究显示,与 COT 或 NIV 相比, HFNC 对气管插管时的低氧血症 ($\text{SPO}_2 < 80\%$) 发生率、窒息时间、预氧合后 PaO_2 、插管后 PaO_2 及 PaCO_2 无明显影响; 28 d 病死率、严重并发症(明显低血压、使用升压药或心脏骤停)及 ICU 住院时间等亦差异无统计学意义^[2,43]。2019 年一项多中心 RCT 显示^[44],对于急性低氧性呼吸衰

竭氧合指数 ≤ 200 mmHg 的患者, NIV 预氧合严重低氧发生率低于 HFNC。在一项随机双盲研究中, 以 60 L/min 的 HFNC 联合 NIV (吸气压力 10 cmH₂O, 呼气压力 5 cmH₂O, FiO₂ 100%) 进行预充氧较单独使用 NIV 可以改善插管期间氧合, 减少严重低氧 (SpO₂ < 80%) 的发生率^[45]。

推荐意见 5: 不推荐在气管插管预氧合时常规应用 HFNC, 对于气管插管前已接受 HFNC 治疗的患者, 预氧合及插管过程中可继续使用 HFNC。(证据等级 II, 推荐强度 B)

2.6 支气管镜检查

支气管镜检查期间, 由于镇静作用和支气管镜对气道的部分阻塞, 呼吸驱动和呼吸力学发生了变化, SPO₂ 在接受氧疗的情况下仍可能会降至 90% 以下^[46]。HFNC 可以不打扰经口操作, 近来成为预防支气管镜操作过程中低氧的新方法。

对于非低氧血症患者, 多项研究显示 HFNC 较普通鼻导管、文丘里等 COT 可以提高气管镜检查过程中的氧合, 显著降低操作过程中低氧发生率^[47-49]。急诊临床中需要解决的是对已经存在呼吸衰竭的患者如何安全地进行气管镜检查。Simon 等^[50] 发现在氧合指数 < 300 mmHg 的患者气管镜操作中随机接受 50 L/min 的 HFNC 或 NIV (吸气压力 15~20 cmH₂O, 呼气压力 3~10 cmH₂O), 两组在操作过程中具有类似的最低 SPO₂ [(92 ± 7)% vs (95 ± 5)%], 在操作前和操作过程中 NIV 组氧合指数均高于 HFNC 组, 但两组操作后气管插管率差异无统计学意义。另一项针对未氧疗下 PaO₂ < 70 mmHg 的气管镜检查患者的 RCT 发现, HFNC 和 NIV 具有类似的预防低氧血症的效果, 但对于 PaO₂ < 60 mmHg 的患者 NIV 预防效果优于 HFNC^[51]。

推荐意见 6: 对于不伴有呼吸衰竭的急诊患者, 推荐使用 HFNC 替代 COT 预防气管镜操作过程中低氧血症的发生。对于合并急性呼吸衰竭的患者, HFNC 可以作为 NIV 的替代用于气管镜操作过程中。(证据等级 II, 推荐强度 B)

2.7 HFNC 使用禁忌证

近年来, HFNC 临床适应证越来越广泛, 除了上述推荐的急诊应用外, 亦可应用于免疫抑制人群呼吸衰竭、急性心力衰竭、轻度一氧化碳中毒及舒缓治疗等情况。然而, 由于 HFNC 只经鼻输送高流量气体, 需要患者有较好的自主呼吸和气道自洁能力。因此需要紧急建立人工气道的情况均为 HFNC 的绝对禁忌证, 如呼吸心搏骤停、急性呼吸道梗阻、血流动力学显著不稳定及自主呼吸微弱等。有些临床情况可以预见 HFNC 治疗失败率较高, 或存在影响 HFNC 的正常使用情况, 则为相对禁忌证, 如严重低氧血症 (氧合指数 < 100 mmHg)、显著二氧化碳潴留 (pH < 7.25)、矛盾呼吸运动、气道分泌物多且无排痰能力、

鼻面部手术或创伤、鼻腔明显堵塞及 HFNC 不耐受等^[52]。

推荐意见 7: 急诊临床使用 HFNC 前应充分评估 HFNC 禁忌证, 对存在呼吸心搏骤停、急性呼吸道梗阻、血流动力学显著不稳定及自主呼吸微弱等情况应避免使用 HFNC; 对存在严重低氧血症 (氧合指数 < 100 mmHg)、显著二氧化碳潴留 (pH < 7.25)、矛盾呼吸运动、气道分泌物多且无排痰能力等情况应慎重使用 HFNC。(证据等级 II, 推荐强度 A)

3 HFNC 参数设置及使用流程

3.1 I 型呼吸衰竭

建议气体流量初始设置为 40~60 L/min, 为快速缓解呼吸困难和防止呼吸肌疲劳, 在患者耐受的情况下应尽量设置比较高的初始气体流量 (如 60 L/min)^[52]。初始 FiO₂ 为 100%, 初始温度设置为 37 °C。此后根据患者呼吸频率和舒适度调节气体流量, 以 SPO₂ 90%~96% 为目标调节 FiO₂。如果未达到目标呼吸频率 (< 25~30 次/min) 及目标 SPO₂, 在流量设置 < 60 L/min 时建议先上调气体流量, 每次 5~10 L/min, 因为更高的流量可减少患者空气的吸入, 并增加气道压力, 从而改善肺泡通气。如果 SPO₂ 仍未达标, 再予上调 FiO₂。根据患者舒适度和痰液黏稠度调节温度设置 (31~37 °C)。

推荐意见 8: 对于 I 型呼吸衰竭的急诊患者, 推荐 HFNC 气体流量初始设置为 40~60 L/min, 初始 FiO₂ 为 100%, 初始温度设置为 37 °C, 并根据患者呼吸频率、SPO₂ 及舒适度等进行动态调节。(证据等级 II, 推荐强度 A)

3.2 II 型呼吸衰竭

建议气体流量初始设置为 50~60 L/min, 初始 FiO₂ 以 SPO₂ 88%~92% 为目标设定 (FiO₂ 一般不超过 0.4), 初始温度设置为 37 °C^[53]。此后, 根据患者呼吸频率、舒适度和血气分析调节气体流量, 二氧化碳潴留缓解不明显可适当加大气体流量, 以 SPO₂ 88%~92% 为目标调节气体 FiO₂, 根据患者舒适度和痰液黏稠度调节温度设置 (31~37 °C)。

推荐意见 9: 对于 II 型呼吸衰竭的急诊患者, 推荐 HFNC 气体流量初始设置为 50~60 L/min, 初始 FiO₂ 以 SPO₂ 88%~92% 为目标设定, 初始温度设置为 37 °C, 并根据患者呼吸频率、SPO₂、血气分析及舒适度等进行动态调节。(证据等级 II, 推荐强度 B)

3.3 HFNC 撤离

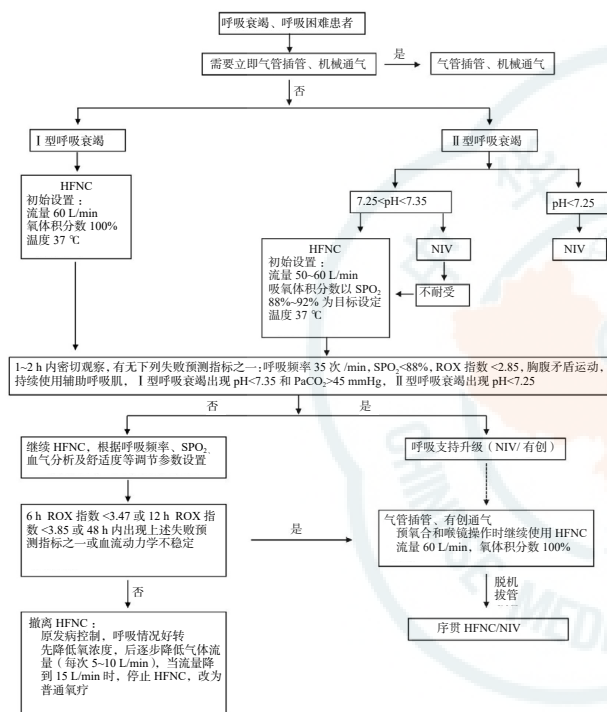
在患者原发病得到控制, 呼吸情况好转时, 可考虑逐步降低 HFNC 条件。首先逐步降低 FiO₂, 当 I 型呼吸衰竭患者 FiO₂ 降低到 0.4 以下或 II 型呼吸衰竭患者 FiO₂ 降低到 0.35 以下时, 逐步降低气体流量 (每 1~2 h 降低 5~10 L/min), 当气体流量降低到 15 L/min 时停用 HFNC, 改为

COT。在气体流量下降过程中应密切监测呼吸频率、 SPO_2 、血气分析、呼吸运动及患者呼吸困难主诉等，若上述指标恶化，则暂缓降低气体流量。

推荐意见 10：在 HFNC 撤离过程中，建议先降低 FiO_2 ，后降低气体流量，当气体流量降低到 15 L/min 时停用 HFNC，改为 COT。（证据等级 II，推荐强度 B）

3.4 HFNC 使用流程

HFNC 急诊使用流程见图 2。



HFNC：经鼻高流量氧疗；ROX 指数： $\text{SPO}_2/\text{FiO}_2$ 与呼吸频率的比值； SPO_2 ：脉搏氧饱和度

图 2 经鼻高流量氧疗急诊使用流程

4 HFNC 治疗监测

HFNC 使用中应密切监测，尽早识别出对 HFNC 治疗反应不佳的患者，以避免延迟呼吸支持升级，从而恶化临床预后。研究表明 HFNC 治疗 15 min 就可以观察到呼吸频率和 SPO_2 的改善，在 1 h 可观察到血气动脉氧分压和氧合指数的改善^[54]。在治疗开始约 1 h，HFNC 治疗失败（需要有创通气）者较 HFNC 治疗成功者具有更快的呼吸频率、更低的 SPO_2 和氧合、及更多的胸腹部矛盾运动。因此，在 HFNC 开始的 1~2 h 内应密切观察，如果出现任何一个失败预测指标（呼吸频率 >35 次/min， $\text{SPO}_2 \leq 88\%$ ，胸腹部矛盾运动或使用辅助呼吸肌），应及时进行呼吸支持升级（NIV 或有创通气）。

在 HFNC 启动 1~2 h 之后仍应观察患者临床情况。研究表明对 HFNC 反应不佳者在治疗 6 h 时氧合更低，气体

流量需求更大，且血流动力学不稳定的患者 HFNC 失败率显著升高^[55]。近年来，研究发现 ROX 指数（ $\text{SPO}_2/\text{FiO}_2$ 与呼吸频率的比值）对 HFNC 治疗肺炎导致的急性呼吸衰竭的结局具有良好的预测作用^[56]。在 HFNC 启动的第 2、6 和 12 h，ROX 指数分别 <2.85、<3.47 和 <3.85 是 HFNC 失败需要有创通气的良好预测指标，而上述任一时间点 ROX 指数 ≥ 4.88 与较低的插管风险相关^[57]。HFNC 失败的患者在初始治疗 12 h 内 ROX 指数的升高幅度较小，提示动态评估 ROX 指数亦可能有助于识别 HFNC 失败的患者。

一项研究观察了 175 例 HFNC 治疗失败后气管插管的呼吸衰竭患者，相对于早期插管（开始 HFNC 48 h 内），HFNC 治疗 48 h 后再插管的患者病死率增加 27.5%，拔管成功率降低 22.1%，机械通气天数增加 5 d^[58]。虽然还需要更多的研究来确定 HFNC 早期安全使用时限，目前倾向于将 HFNC 启动后 48 h 作为最大安全时间窗，即如果在使用 HFNC 48 h 患者呼吸情况仍无改善，或仍存在任何一个上述失败预测指标或血流动力学不稳定（心率 >140 次/min 或较基线改变超过 20%，收缩压 >180 mmHg 或 <90 mmHg 或较基线下降 >40 mmHg），此时应视为 HFNC 治疗失败，应及时进行呼吸支持升级，如有创通气。

推荐意见 11：在 HFNC 开始的 1~2 h 内应密切观察，如果出现任何一个失败预测指标（呼吸频率 >35 次/min， $\text{SPO}_2 \leq 88\%$ ，ROX 指数 <2.85，胸腹部矛盾运动或使用辅助呼吸肌等），应及时进行呼吸支持升级（NIV 或有创通气）。若使用 HFNC 48 h 呼吸情况仍无改善，仍存在任何一个上述失败预测指标，或 ROX 指数进行性下降，或血流动力学不稳定，视为 HFNC 治疗失败，建议升级为有创通气。（证据等级 II，推荐强度 B）

5 HFNC 使用其他注意事项

(1) 体位：使用前应告知患者治疗目的和注意事项，取得患者配合，建议治疗时采取半卧位。

(2) 鼻塞型号：HFNC 的专用鼻塞具有透水不透气的特点，鼻塞根据孔径有大中小型号之分，建议选择小于鼻孔内径 50% 的最大型号鼻塞。

(3) 固定：HFNC 的加热导丝单回路管路近鼻塞端可使用专用夹子固定在患者衣服或被褥等处，以避免患者体位改变时鼻塞的牵拉移位，专用鼻塞使用可调节的弹性固定带固定，使鼻塞妥善固定在位。固定带松紧应适度，过紧易压迫损伤皮肤，过松易导致鼻塞移位影响疗效。

(4) 闭口呼吸：张口呼吸会导致气道内正压下降，影响治疗效果，应嘱患者尽量闭口呼吸。

(5) HFNC 不良反应：HFNC 治疗耐受性和舒适性较好，临床不耐受少见。少数患者可能会出现鼻出血、气流过冲、

黏膜干燥、耳鸣等不适,可根据患者耐受性调节温度、气体流量等设置。

(6)冷凝水处理:HFNC 使用过程中会出现少量冷凝水积聚在管路中,应注意及时处理。同时患者鼻塞位置高度应保持高于机器和管路水平,以防止误吸。

(7)使用后处理:HFNC 撤离后应对 HFNC 装置进行终末消毒,独立型机器使用自带的消毒回路进行仪器内部消毒。HFNC 管路、鼻导管及湿化罐为一次性物品,按医疗垃圾管理。

6 HFNC 在急诊特殊人群中的应用

6.1 免疫抑制患者

免疫抑制人群合并急性 I 型呼吸衰竭是急诊常见临床情况之一,有创机械通气有较大的呼吸机相关性肺炎发生风险,NIV 是该人群重要的呼吸支持手段之一。免疫抑制状态包括血液系统恶性肿瘤或实体瘤(活动期或缓解期少于 5 年)、实体器官移植、长期(>30 d)或大剂量[>1 mg/(kg·d)]使用类固醇,或服用任何高剂量免疫抑制药物超过 30 d 等^[59]。一项针对 ICU 内急性 I 型呼吸衰竭的免疫抑制人群的 RCT 显示, HFNC 和文丘里治疗对患者机械通气需求及舒适度等差异无统计学意义^[60]。赵凯和蔡金贞^[61]进行的 RCT 显示 HFNC 较 COT 能显著改善肝移植术后急性肺损伤患者的氧合,降低气管插管率。另一项包含 776 例免疫抑制患者的大型 RCT 显示, HFNC 较 COT(鼻导管或面罩或文丘里)可以改善氧合、降低呼吸频率,但 28 d 病死率及气管插管率等差异无统计学意义^[62]。国内一项小型 RCT 结果与该研究一致^[63]。

针对 30 例晚期肿瘤患者的一项 RCT 显示 HFNC 和 NIV 均可以缓解呼吸困难, HFNC 改善氧合优于 NIV^[64]。一项包括 8 个研究共 2 179 例免疫抑制患者的 Meta 分析显示,短期病死率方面 HFNC、COT、NIV 三者间差异无统计学意义; HFNC 较 COT 气管插管率降低,但与 NIV 差异无统计学意义; HFNC 组 ICU 住院时间短于 NIV 组,与 COT 差异无统计学意义^[65]。另一项 Meta 分析则显示 HFNC 较 COT 和 NIV 降低气管插管率,虽然生存率及住院时间等无明显获益^[66]。

推荐意见 12: HFNC 可以作为免疫抑制合并急性 I 型呼吸衰竭患者初始氧疗选择之一,使用 NIV 的患者若对 NIV 不耐受,可考虑 HFNC 替代治疗。(证据等级 II, 推荐强度 B)

6.2 急性心力衰竭

越来越多的证据表明对于充血性心力衰竭或急性心源性肺水肿, NIV 疗效优于 COT^[67]。近年来 HFNC 治疗心力衰竭合并急性呼吸衰竭的临床研究逐渐增多。在一项 128

例急性心源性肺水肿患者的单中心试验中, HFNC 与 COT 相比在 60 min 后降低了呼吸频率(主要终点),但未对其临床结局(如入院率、有创通气或病死率)产生积极影响^[14]。两项 RCT 显示 HFNC 治疗较 COT 可以显著改善急性心源性肺水肿患者的呼吸频率、SPO₂、血气分析及血乳酸水平^[68-69]。

一项将 HFNC 与正压通气进行比较的研究表明, HFNC 对氧合和患者舒适度均具有良好的作用,并且血流动力学差异无统计学意义^[70]。在一项多中心试验的亚组分析中, Haywood 等^[71]在 44 例失代偿性心力衰竭患者中发现 HFNC 与 NIV 的疗效相似,国内一项回顾性研究结果^[72]与其一致。在一项针对合并 II 型呼吸衰竭的急性心源性肺水肿患者的前瞻性观察性研究中, HFNC 治疗 1 h 后 PaCO₂ 平均下降了 7 mmHg, pH 和呼吸频率也得到了改善, NIV 治疗效果与 HFNC 类似^[73]。在一项回顾性研究中,接受面罩氧疗后仍出现进行性低氧的心力衰竭患者接受 HFNC 或有创通气治疗, HFNC 组 86.6% 的患者避免了有创通气, HFNC 组氧合改善及院内临床结局(住院时间、全因病死率等)与有创通气组差异无统计学意义,提示 HFNC 有作为急性心力衰竭患者初始氧疗选择的潜力^[74]。

推荐意见 13: HFNC 可以作为急诊心力衰竭患者初始氧疗选择之一,对于使用 NIV 的患者若不耐受可考虑 HFNC 替代治疗。(证据等级 II, 推荐强度 B)

6.3 一氧化碳中毒

氧疗可加速一氧化碳中毒患者碳氧血红蛋白(CO₂Hb)解离,增加一氧化碳的排出。指南推荐使用非重复呼吸面罩(储氧面罩或文丘里面罩)进行高流量高浓度的初始氧疗^[75]。对于急诊科轻度一氧化碳中毒的患者,两项研究发现 HFNC 治疗 1 h 后较面罩吸氧 CO₂Hb 水平降低更明显^[76-77]。Ozturan 等^[78]的研究显示,基线 CO₂Hb 水平为(22.5±8)% 的患者中,67% 的患者在 HFNC 治疗 40 min 内 CO₂Hb 水平降低了一半。近期两项回顾性研究亦均显示, HFNC 治疗 60 min 时 CO₂Hb 水平显著低于非重复面罩^[79-80]。

推荐意见 14: HFNC 可以作为轻度一氧化碳中毒患者初始氧疗选择之一。(证据等级 III, 推荐强度 B)

6.4 舒缓治疗

呼吸困难是临终患者常见不适,2017 年的 ERS/ATS 的指南支持为姑息患者提供 NIV 支持^[81]。然而,临床使用 NIV 常有一些局限性,如患者不耐受、影响患者进食及交流及增加面部压力性损伤风险等。理论上, HFNC 是避免这些局限性的有效替代方法,但支持其用于舒缓治疗的证据尚有限。数项观察性研究显示 HFNC 可以改善出现 I 型呼吸衰竭的不插管(do not intubate, DNI)意愿患者的氧合和呼吸模式^[81-82]。HFNC 治疗耐受性良好,几乎没有不良事件^[83-84]。一项针对合并 I 型呼吸衰竭的急诊 DNI 患者的

RCT 发现, HFNC 较 COT 能更好地缓解呼吸困难, 降低呼吸频率, 并减少吗啡用量^[85]。在与 NIV 比较的研究中, HFNC 可以显著改善 DNI 患者进食和交流, 降低呼吸频率, 但生存率差异无统计学意义^[86]。

推荐意见 15 : HFNC 可以作为急诊舒缓治疗患者初始氧疗选择之一, 对 NIV 不耐受的患者可尝试 HFNC 治疗。(证据等级 II, 推荐强度 B)

执笔 : 谈定玉 (江苏省苏北人民医院)、吕菁君 (武汉大学人民医院)、罗杰英 (湖南省人民医院)、吴超 (南京鼓楼医院集团宿迁医院)

共识组专家 (按姓名拼音顺序): 曹钰、陈凤英、柴艳芬、陈锋、陈建荣、陈旭岩、邓颖、丁邦晗、窦清理、樊麦英、封启明、何小军、韩小彤、金魁、蒋龙元、吕传柱、刘丹平、刘红升、刘笑然、吕菁君、罗杰英、刘树元、李勇、李小刚、李湘民、梁显泉、陆一鸣、卢中秋、聂时南、裴俏、钱传云、孙峰、史婧、孙明、石岩、宋振举、童朝阳、谈定玉、田英平、吴超、魏捷、徐昌盛、徐峰、徐军、夏剑、邢吉红、杨建中、尹路、燕宪亮、于学忠、詹红、朱华栋、朱继红、朱建军、张茂、周平、张秋彬、周荣斌、张玮、张文武、赵晓东

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 中华医学会呼吸病学分会呼吸危重症医学学组, 中国医师协会呼吸医师分会危重症医学工作委员会. 成人经鼻高流量湿化氧疗临床规范应用专家共识 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2019, 42(2): 83-91. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2019.02.003.
- [2] Rochweg B, Einav S, Chaudhuri D, et al. The role for high flow nasal cannula as a respiratory support strategy in adults: a clinical practice guideline[J]. Intensive Care Med, 2020, 46(12): 2226-2237. DOI:10.1007/s00134-020-06312-y.
- [3] Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, et al. GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables[J]. J Clin Epidemiol, 2011, 64(4):383-394. DOI:10.1016/j.jclinepi.2010.04.026.
- [4] Mauri T, Wang YM, Dalla Corte F, et al. Nasal high flow: physiology, efficacy and safety in the acute care setting, a narrative review[J]. Open Access Emerg Med, 2019, 11: 109-120. DOI:10.2147/oaem.s180197.
- [5] Boccatonda A, Groff P. High-flow nasal cannula oxygenation utilization in respiratory failure[J]. Eur J Intern Med, 2019, 64: 10-14. DOI:10.1016/j.ejim.2019.04.010.
- [6] Drake MG. High-flow nasal cannula oxygen in adults: an evidence-based assessment[J]. Ann Am Thorac Soc, 2018, 15(2): 145-155. DOI:10.1513/AnnalsATS.201707-548FR.
- [7] Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers[J]. Aust Crit Care, 2007, 20(4): 126-131. DOI:10.1016/j.aucc.2007.08.001.
- [8] Plotnikow GA, Thille AW, Vasquez DN, et al. Effects of high-flow nasal cannula on end-expiratory lung impedance in semi-seated healthy subjects[J]. Respir Care, 2018, 63(8): 1016-1023. DOI:10.4187/respcare.06031.
- [9] Mauri T, Turrini C, Eronia N, et al. Physiologic effects of high-flow nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195(9): 1207-1215. DOI:10.1164/rccm.201605-0916OC.
- [10] Delorme M, Bouchard PA, Simon M, et al. Effects of high-flow nasal cannula on the work of breathing in patients recovering from acute respiratory failure[J]. Crit Care Med, 2017, 45(12): 1981-1988. DOI:10.1097/CCM.0000000000002693.
- [11] Yoshida T, Uchiyama A, Matsuura N, et al. Spontaneous breathing during lung-protective ventilation in an experimental acute lung injury model: high transpulmonary pressure associated with strong spontaneous breathing effort may worsen lung injury[J]. Crit Care Med, 2012, 40(5):1578-1585. DOI:10.1097/CCM.0b013e3182451c40.
- [12] Bell N, Hutchinson CL, Green TC, et al. Randomised control trial of humidified high flow nasal cannulae versus standard oxygen in the emergency department[J]. Emerg Med Australas, 2015, 27(6): 537-541. DOI:10.1111/1742-6723.12490.
- [13] Jones PG, Kamona S, Doran O, et al. Randomized controlled trial of humidified high-flow nasal oxygen for acute respiratory distress in the emergency department: the HOT-ER study[J]. Respir Care, 2016, 61(3): 291-299. DOI:10.4187/respcare.04252.
- [14] Makdee O, Monsomboon A, Surabenjawong U, et al. High-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy in emergency department patients with cardiogenic pulmonary edema: a randomized controlled trial[J]. Ann Emerg Med, 2017, 70(4): 465-472.e2. DOI:10.1016/j.annemergmed.2017.03.028.
- [15] Rittayamai N, Tscheikuna J, Praphruetkit N, et al. Use of high-flow nasal cannula for acute dyspnea and hypoxemia in the emergency department[J]. Respir Care, 2015, 60(10): 1377-1382. DOI:10.4187/respcare.03837.
- [16] Rochweg B, Granton D, Wang DX, et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis[J]. Intensive Care Med, 2019, 45(5): 563-572. DOI:10.1007/s00134-019-05590-5.
- [17] Zhao H, Wang H, Sun F, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy is superior to conventional oxygen therapy but not to noninvasive mechanical ventilation on intubation rate: a systematic review and meta-analysis[J]. Crit Care, 2017, 21(1): 184. DOI:10.1186/s13054-017-1760-8.
- [18] Ni YN, Luo J, Yu H, et al. Can high-flow nasal cannula reduce

- the rate of endotracheal intubation in adult patients with acute respiratory failure compared with conventional oxygen therapy and noninvasive positive pressure ventilation? : A systematic review and meta-analysis[J]. *Chest*, 2017, 151(4): 764-775. DOI:10.1016/j.chest.2017.01.004.
- [19] Doshi P, Whittle JS, Bublewicz M, et al. High-velocity nasal insufflation in the treatment of respiratory failure: a randomized clinical trial[J]. *Ann Emerg Med*, 2018, 72(1): 73-83.e5. DOI:10.1016/j.annemergmed.2017.12.006.
- [20] Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(23): 2185-2196. DOI:10.1056/NEJMoa1503326.
- [21] Longhini F, Pisani L, Lungu R, et al. High-flow oxygen therapy after noninvasive ventilation interruption in patients recovering from hypercapnic acute respiratory failure[J]. *Crit Care Med*, 2019, 47(6): e506-e511. DOI:10.1097/ccm.0000000000003740.
- [22] Jeong JH, Kim DH, Kim SC, et al. Changes in arterial blood gases after use of high-flow nasal cannula therapy in the ED[J]. *Am J Emerg Med*, 2015, 33(10): 1344-1349. DOI:10.1016/j.ajem.2015.07.060.
- [23] Yuste ME, Moreno O, Narbona S, et al. Efficacy and safety of high-flow nasal cannula oxygen therapy in moderate acute hypercapnic respiratory failure[J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2019, 31(2): 156-163. DOI:10.5935/0103-507x.20190026.
- [24] 杨圣强, 张贵真, 刘贞, 等. 经鼻高流量氧疗对慢性阻塞性肺疾病急性加重患者膈肌功能的影响: 一项前瞻性随机对照研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2019, 31(5): 551-555. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.05.006.
- [25] Cortegiani A, Longhini F, Madotto F, et al. High flow nasal therapy versus noninvasive ventilation as initial ventilatory strategy in COPD exacerbation: a multicenter non-inferiority randomized trial[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 692. DOI:10.1186/s13054-020-03409-0.
- [26] Lee MK, Choi J, Park B, et al. High flow nasal cannulae oxygen therapy in acute-moderate hypercapnic respiratory failure[J]. *Clin Respir J*, 2018, 12(6): 2046-2056. DOI:10.1111/crj.12772.
- [27] 谈定玉, 凌冰玉, 孙家艳, 等. 经鼻高流量氧疗与无创正压通气比较治疗慢性阻塞性肺疾病合并中度呼吸衰竭的观察性队列研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2018, 27(4): 361-366. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.04.005.
- [28] 谈定玉, 徐艳, 王云云, 等. 经鼻高流量氧疗在慢性阻塞性肺疾病急性加重无创正压通气间歇期应用的探索性研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(8): 1046-1052. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.08.005.
- [29] Hernández G, Vaquero C, Colinas L, et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs noninvasive ventilation on reintubation and postextubation respiratory failure in high-risk patients: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2016, 316(15): 1565-1574. DOI:10.1001/jama.2016.14194.
- [30] Hernández G, Vaquero C, González P, et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on reintubation in low-risk patients: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2016, 315(13): 1354-1361. DOI:10.1001/jama.2016.2711.
- [31] Di Mussi R, Spadaro S, Stripoli T, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy decreases postextubation neuroventilatory drive and work of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Crit Care*, 2018, 22(1): 180. DOI:10.1186/s13054-018-2107-9.
- [32] 夏婧, 杨婷, 李美菊, 等. 高流量氧疗降低机械通气患者拔管失败率的研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(11): 1400-1406. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.11.013.
- [33] Thille AW, Muller G, Gacouin A, et al. Effect of postextubation high-flow nasal oxygen with noninvasive ventilation vs high-flow nasal oxygen alone on reintubation among patients at high risk of extubation failure: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2019, 322(15): 1465-1475. DOI:10.1001/jama.2019.14901.
- [34] Tan D, Walline JH, Ling B, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease patients after extubation: a multicenter, randomized controlled trial[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1):489. DOI:10.1186/s13054-020-03214-9.
- [35] 张京臣, 吴逢选, 孟琳琳, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者拔管后序贯经鼻高流量氧疗的效果及安全性 [J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(2): 109-112. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.02.007.
- [36] 刘景刚, 杨圣强, 袁继印, 等. 经鼻高流量氧疗序贯治疗慢性阻塞性肺疾病机械通气患者的临床研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(4): 459-462. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.04.012.
- [37] Zhu YF, Yin HY, Zhang R, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy versus conventional oxygen therapy in patients after planned extubation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 180. DOI:10.1186/s13054-019-2465-y.
- [38] Chaudhuri D, Granton D, Wang DX, et al. High-flow nasal cannula in the immediate postoperative period: a systematic review and meta-analysis[J]. *Chest*, 2020, 158(5): 1934-1946. DOI:10.1016/j.chest.2020.06.038.
- [39] Xiang GL, Wu QH, Xie L, et al. High flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy in postoperative patients at high risk for pulmonary complications: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Clin Pract*, 2021, 75(3): e13828. DOI:10.1111/ijcp.13828.
- [40] Stéphan F, Bérard L, Rézaiguia-Delclaux S, et al. High-flow nasal cannula therapy versus intermittent noninvasive ventilation in obese subjects after cardiothoracic surgery[J]. *Respir Care*, 2017, 62(9): 1193-1202. DOI:10.4187/respcare.05473.
- [41] 顾彩虹, 刘素霞, 刘克喜, 等. 高流量氧疗与无创正压通气对全麻胃肠手术后急性呼吸衰竭患者氧疗效果及预后影响的前瞻性随机对照研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(2):262-267.

- DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.02.0029.
- [42] Futier E, Paugam-Burtz C, Godet T, et al. Effect of early postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on hypoxaemia in patients after major abdominal surgery: a French multicentre randomised controlled trial (OPERA)[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(12): 1888-1898. DOI:10.1007/s00134-016-4594-y.
- [43] Chaudhuri D, Granton D, Wang DX, et al. Moderate certainty evidence suggests the use of high-flow nasal cannula does not decrease hypoxia when compared with conventional oxygen therapy in the peri-intubation period: results of a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care Med*, 2020, 48(4): 571-578. DOI:10.1097/CCM.0000000000004217.
- [44] Frat JP, Ricard JD, Quenot JP, et al. Non-invasive ventilation versus high-flow nasal cannula oxygen therapy with apnoeic oxygenation for preoxygenation before intubation of patients with acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, multicentre, open-label trial[J]. *Lancet Respir Med*, 2019, 7(4): 303-312. DOI:10.1016/s2213-2600(19)30048-7.
- [45] Jaber S, Monnin M, Girard M, et al. Apnoeic oxygenation via high-flow nasal cannula oxygen combined with non-invasive ventilation preoxygenation for intubation in hypoxaemic patients in the intensive care unit: the single-centre, blinded, randomised controlled OPTINIV trial[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(12): 1877-1887. DOI:10.1007/s00134-016-4588-9.
- [46] Maitre B, Jaber S, Maggiore SM, et al. Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoxemic patients. A randomized double-blind study using a new device[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2000, 162(3 Pt 1): 1063-1067. DOI:10.1164/ajrccm.162.3.9910117.
- [47] Lucangelo U, Vassallo FG, Marras E, et al. High-flow nasal interface improves oxygenation in patients undergoing bronchoscopy[J]. *Crit Care Res Pract*, 2012, 2012: 506382. DOI:10.1155/2012/506382.
- [48] Ben-Menachem E, McKenzie J, O'Sullivan C, et al. High-flow nasal oxygen versus standard oxygen during flexible bronchoscopy in lung transplant patients[J]. *J Bronchol Interv Pulmonol*, 2020, 27(4): 259-265. DOI:10.1097/lbr.0000000000000670.
- [49] Irfan M, Ahmed M, Breen D. Assessment of high flow nasal cannula oxygenation in endobronchial ultrasound bronchoscopy: a randomized controlled trial[J]. *J Bronchology Interv Pulmonol*, 2021, 28(2): 130-137. DOI:10.1097/lbr.0000000000000719.
- [50] Simon M, Braune S, Frings D, et al. High-flow nasal cannula oxygen versus non-invasive ventilation in patients with acute hypoxaemic respiratory failure undergoing flexible bronchoscopy: a prospective randomised trial[J]. *Crit Care*, 2014, 18(6): 712. DOI:10.1186/s13054-014-0712-9.
- [51] Saksitthichok B, Petnak T, So-Ngern A, et al. A prospective randomized comparative study of high-flow nasal cannula oxygen and non-invasive ventilation in hypoxemic patients undergoing diagnostic flexible bronchoscopy[J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(5): 1929-1939. DOI:10.21037/jtd.2019.05.02.
- [52] Ischaki E, Pantazopoulos I, Zakynthinos S. Nasal high flow therapy: a novel treatment rather than a more expensive oxygen device[J]. *Eur Respir Rev*, 2017, 26(145): 170028. DOI:10.1183/16000617.0028-2017.
- [53] Pantazopoulos I, Daniil Z, Moylan M, et al. Nasal high flow use in COPD patients with hypercapnic respiratory failure: treatment algorithm & review of the literature[J]. *COPD*, 2020, 17(1): 101-111. DOI:10.1080/15412555.2020.1715361.
- [54] Sztrymf B, Messika J, Bertrand F, et al. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: a prospective pilot study[J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(11): 1780-1786. DOI:10.1007/s00134-011-2354-6.
- [55] Rello J, Pérez M, Roca O, et al. High-flow nasal therapy in adults with severe acute respiratory infection: a cohort study in patients with 2009 influenza A/H1N1v[J]. *J Crit Care*, 2012, 27(5):434-439. DOI:10.1016/j.jcrc.2012.04.006.
- [56] Roca O, Messika J, Caralt B, et al. Predicting success of high-flow nasal cannula in pneumonia patients with hypoxemic respiratory failure: The utility of the ROX index[J]. *J Crit Care*, 2016, 35: 200-205. DOI:10.1016/j.jcrc.2016.05.022.
- [57] Roca O, Caralt B, Messika J, et al. An index combining respiratory rate and oxygenation to predict outcome of nasal high-flow therapy[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(11): 1368-1376. DOI:10.1164/rccm.201803-0589OC.
- [58] Kang BJ, Koh Y, Lim CM, et al. Failure of high-flow nasal cannula therapy may delay intubation and increase mortality[J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41(4): 623-632. DOI:10.1007/s00134-015-3693-5.
- [59] Lemiale V, Mokart D, Resche-Rigon M, et al. Effect of noninvasive ventilation vs oxygen therapy on mortality among immunocompromised patients with acute respiratory failure: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2015, 314(16): 1711-1719. DOI:10.1001/jama.2015.12402.
- [60] Lemiale V, Mokart D, Mayaux J, et al. The effects of a 2-h trial of high-flow oxygen by nasal cannula versus Venturi mask in immunocompromised patients with hypoxemic acute respiratory failure: a multicenter randomized trial[J]. *Crit Care*, 2015, 19: 380. DOI:10.1186/s13054-015-1097-0.
- [61] 赵凯, 蔡金贞. 经鼻高流量氧疗在肝移植术后急性肺损伤患者中的应用 [J]. *中华肝胆外科杂志*, 2019, 25(9): 645-648. DOI:10.3760/cma.j.issn.1007-8118.2019.09.002.
- [62] Azoulay E, Lemiale V, Mokart D, et al. Effect of high-flow nasal oxygen vs standard oxygen on 28-day mortality in immunocompromised patients with acute respiratory failure: the HIGH randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2018, 320(20): 2099-2107. DOI:10.1001/jama.2018.14282.

- [63] 张明明, 张琦, 舒勤琴, 等. 高流量氧疗与标准氧疗对免疫功能低下 AHRF 患者的生存获益分析 [J]. 中国医药导报, 2020, 17(1): 110-114.
- [64] Hui D, Morgado M, Chisholm G, et al. High-flow oxygen and bilevel positive airway pressure for persistent dyspnea in patients with advanced cancer: a phase II randomized trial[J]. J Pain Symptom Manage, 2013, 46(4): 463-473. DOI:10.1016/j.jpainsymman.2012.10.284.
- [65] Wang Y, Ni Y, Sun J, et al. Use of high-flow nasal cannula for immunocompromise and acute respiratory failure: a systematic review and meta-analysis[J]. J Emerg Med, 2020, 58(3): 413-423. DOI:10.1016/j.jemermed.2020.01.016.
- [66] Cheng LC, Chang SP, Wang JJ, et al. The impact of high-flow nasal cannula on the outcome of immunocompromised patients with acute respiratory failure: a systematic review and meta-analysis[J]. Medicina (Kaunas), 2019, 55(10):693. DOI: 10.3390/medicina55100693.
- [67] Masip J, Peacock WF, Price S, et al. Indications and practical approach to non-invasive ventilation in acute heart failure[J]. Eur Heart J, 2018, 39(1): 17-25. DOI:10.1093/eurheartj/ehx580.
- [68] Ko DR, Beom J, Lee HS, et al. Benefits of high-flow nasal cannula therapy for acute pulmonary edema in patients with heart failure in the emergency department: a prospective multi-center randomized controlled trial[J]. J Clin Med, 2020, 9(6): 1937. DOI:10.3390/jcm9061937.
- [69] 薛翔, 杨敬辉, 贾凌, 等. 经鼻高流量氧疗在急性左心衰竭中的疗效观察 [J/CD]. 中华危重症医学杂志 (电子版), 2019, 12(1): 25-30. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2019.01.005.
- [70] Roca O, Pérez-Terán P, Masclans JR, et al. Patients with New York Heart Association class III heart failure may benefit with high flow nasal cannula supportive therapy: high flow nasal cannula in heart failure[J]. J Crit Care, 2013, 28(5): 741-746. DOI:10.1016/j.jcrc.2013.02.007.
- [71] Haywood ST, Whittle JS, Volakis LI, et al. HVNI vs NIPPV in the treatment of acute decompensated heart failure: Subgroup analysis of a multi-center trial in the ED[J]. Am J Emerg Med, 2019, 37(11): 2084-2090. DOI:10.1016/j.ajem.2019.03.002.
- [72] 袁小丽, 张蕴. 经鼻高流量氧疗与无创正压通气在急性心力衰竭患者中的应用效果观察 [J]. 中国医刊, 2020, 55(7): 761-764. DOI:10.3969/j.issn.1008-1070.2020.07.021.
- [73] Marjanovic N, Flacher A, Drouet L, et al. High-flow nasal cannula in early emergency department management of acute hypercapnic respiratory failure due to cardiogenic pulmonary edema[J]. Respir Care, 2020, 65(9): 1241-1249. DOI:10.4187/respcare.07278.
- [74] Kang MG, Kim K, Ju S, et al. Clinical efficacy of high-flow oxygen therapy through nasal cannula in patients with acute heart failure[J]. J Thorac Dis, 2019, 11(2): 410-417. DOI:10.21037/jtd.2019.01.51.
- [75] 高春锦, 葛环, 赵立明, 等. 一氧化碳中毒临床治疗指南 (一) [J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2012, 19(2): 127-128, 封 3. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-6906.2012.02.024.
- [76] Tomruk O, Karaman K, Erdur B, et al. A new promising treatment strategy for carbon monoxide poisoning: high flow nasal cannula oxygen therapy[J]. Med Sci Monit, 2019, 25: 605-609. DOI:10.12659/MSM.914800.
- [77] Kim YM, Shin HJ, Choi DW, et al. Comparison of high-flow nasal cannula oxygen therapy and conventional reserve-bag oxygen therapy in carbon monoxide intoxication: a pilot study[J]. Am J Emerg Med, 2020, 38(8): 1621-1626. DOI:10.1016/j.ajem.2019.158451.
- [78] Ozturan IU, Yaka E, Suner S, et al. Determination of carboxyhemoglobin half-life in patients with carbon monoxide toxicity treated with high flow nasal cannula oxygen therapy[J]. Clin Toxicol (Phila), 2019, 57(7): 617-623. DOI:10.1080/15563650.2018.1540046.
- [79] Yesiloglu O, Gulen M, Satar S, et al. Treatment of carbon monoxide poisoning: high-flow nasal cannula versus non-rebreather face mask[J]. Clin Toxicol (Phila), 2021, 59(5): 386-391. DOI:10.1080/15563650.2020.1817477.
- [80] Lee P, Salhanick SD. Carbon monoxide poisoning effectively treated with high-flow nasal cannula[J]. Clin Pract Cases Emerg Med, 2020, 4(1): 42-45. DOI:10.5811/cpcem.2019.9.43618.
- [81] Rochweg B, Brochard L, Elliott MW, et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure[J]. Eur Respir J, 2017, 50(2):1602426. DOI: 10.1183/13993003.02426-2016.
- [82] Koyauchi T, Hasegawa H, Kanata K, et al. Efficacy and tolerability of high-flow nasal cannula oxygen therapy for hypoxemic respiratory failure in patients with interstitial lung disease with do-not-intubate orders: a retrospective single-center study[J]. Respiration, 2018, 96(4): 323-329. DOI:10.1159/000489890.
- [83] Zemach S, Helviz Y, Shitrit M, et al. The use of high-flow nasal cannula oxygen outside the ICU[J]. Respir Care, 2019, 64(11): 1333-1342. DOI:10.4187/respcare.06611.
- [84] Epstein AS, Hartridge-Lambert SK, Ramaker JS, et al. Humidified high-flow nasal oxygen utilization in patients with cancer at Memorial Sloan-Kettering Cancer Center[J]. J Palliat Med, 2011, 14(7): 835-839. DOI:10.1089/jpm.2011.0005.
- [85] Peters SG, Holets SR, Gay PC. High-flow nasal cannula therapy in do-not-intubate patients with hypoxemic respiratory distress[J]. Respir Care, 2013, 58(4): 597-600. DOI:10.4187/respcare.01887.
- [86] Ruangsomboon O, Dorongthom T, Chakorn T, et al. High-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy in relieving dyspnea in emergency palliative patients with do-not-intubate status: a randomized crossover study[J]. Ann Emerg Med, 2020, 75(5): 615-626. DOI:10.1016/j.annemergmed.2019.09.009.

(收稿日期: 2021-07-06)

(本文编辑: 郑辛甜)