

• 论著 •

经面罩无创正压通气与经鼻高流量湿化氧疗对病毒性肺炎所致急性呼吸窘迫综合征患者气管插管率的影响

申洁 韦存兄 武雪 万秋风 李婧文 王彩霞 郭志金 才开·莎热丽 徐思成

新疆医科大学第一附属医院呼吸与危重症医学中心 RICU, 乌鲁木齐 830054

通信作者: 徐思成, Email: xu_sicheng@126.com

【摘要】 目的 对比经面罩无创正压通气(NPPV)与经鼻高流量湿化氧疗(HFNC)对病毒性肺炎所致急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者气管插管率的影响。**方法** 采取回顾性研究方法,选择2023年1月1日至2024年12月31日于新疆医科大学第一附属医院呼吸加强医疗病房(RICU)诊治的病毒性肺炎所致ARDS患者,按初始呼吸支持方式分为NPPV组和HFNC组,并对中重度ARDS患者数量进行匹配。气管插管是终点指标,比较两组患者入院时人口学、生命体征、病情严重程度、基础疾病以及感染病毒种类等基线资料,并比较两组治疗24 h、72 h呼吸支持指标变化量、相关并发症、气管插管率、RICU住院时间及病死率等。**结果** 205例患者纳入最终分析,其中NPPV组104例, HFNC组101例。两组性别、年龄、生命体征、病情严重程度、基础疾病以及感染病毒种类等指标差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),表明两组具有可比性。与HFNC组相比, NPPV组治疗24 h、72 h心率(HR)、呼吸频率(RR)下降更显著[24 h、72 h HR变化量(Δ HR,次/min): $-29.00(-42.00, -16.00)$ 比 $-23.00(-37.00, -6.00)$, -36.83 ± 19.06 比 -28.29 ± 19.53 ; RR变化量(Δ RR,次/min): -7.6 ± 5.8 比 -5.0 ± 4.8 , $-9.5(-13.0, -5.0)$ 比 $-8.0(-10.0, -4.0)$], 氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)升高更明显[$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 变化量($\Delta \text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa): $43.0(5.0, 76.0)$ 比 $23.0(-2.0, 46.0)$, 60.6 ± 77.7 比 38.7 ± 67.6], 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与HFNC组相比, NPPV组气管插管率显著降低[25.0%(26/104)比38.6%(39/101), $P<0.05$], 其中 ≥ 65 岁患者气管插管率降低更显著[27.8%(20/72)比45.2%(33/73), $P<0.05$]。NPPV组误吸、腹胀、鼻面部皮损、不耐受等并发症发生率较HFNC组显著升高[30.8%(32/104)比5.9%(6/101), $P<0.05$], RICU住院时间显著缩短[d: $10.0(7.0, 14.5)$ 比 $14.0(9.0, 20.0)$, $P<0.05$], 但病死率差异无统计学意义[13.5%(14/104)比16.8%(17/101), $P>0.05$]。**结论** 对于病毒性肺炎所致ARDS患者,与HFNC相比, NPPV可显著降低气管插管率,尤其在高龄患者中更明显,但并不降低病死率。

【关键词】 病毒性肺炎; 急性呼吸窘迫综合征; 无创正压通气; 面罩; 经鼻高流量湿化氧疗**基金项目:** 新疆维吾尔自治区临床重点专科建设项目(2016-56)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250611-00564

Effect of noninvasive positive pressure ventilation by face mask versus nasal high-flow humidified oxygen therapy on the rate of endotracheal intubation in patients with acute respiratory distress syndrome due to viral pneumonia

Shen Jie, Wei Cunxiong, Wu Xue, Wan Qiufeng, Li Jingwen, Wang Caixia, Guo Zhijin, Caikai Shareli, Xu Sicheng

Department of Respiratory Intensive Care Unit, Pulmonary and Critical Care Medical Center, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urmqi 830054, China

Corresponding author: Xu Sicheng, Email: xu_sicheng@126.com

【Abstract】 Objective To compare the impact of noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) by face mask versus high-flow nasal cannula (HFNC) oxygen therapy on the endotracheal intubation rate in patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) caused by viral pneumonia. **Methods** A retrospective study was conducted. ARDS patients with viral pneumonia were treated in the respiratory intensive care unit (RICU) of the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from January 1, 2023 to December 31, 2024, and they were divided into NPPV group and HFNC group according to initial respiratory support methods, with matching for the number of patients with moderate-to-severe ARDS. The primary endpoint was endotracheal intubation. Baseline data including demographic characteristics, vital signs, disease severity, underlying diseases, and types of infecting viruses at admission were compared between the two groups. Changes in respiratory support indicators at 24 hours and 72 hours of treatment, related complications, endotracheal intubation rate, the length of RICU stay and mortality were also compared. **Results** A total of 205 patients were enrolled, with 104 in the NPPV group and 101 in the HFNC group. There were no statistically significant differences in gender, age, vital signs, disease severity, underlying diseases, and types of infecting viruses between the two groups (all $P>0.05$), indicating that the two groups were comparable. Compared to the HFNC group, the NPPV group showed more significant reductions in heart rate (HR) and respiratory rate (RR) at both 24 hours and 72 hours of treatment [change in HR (Δ HR, bpm) at 24 hours, 72 hours: $-29.00(-42.00, -16.00)$ vs. $-23.00(-37.00,$

-6.00), -36.83 ± 19.06 vs. -28.29 ± 19.53 ; change in RR (Δ RR, bpm): -7.6 ± 5.8 vs. -5.0 ± 4.8 , -9.5 (-13.0 , -5.0) vs. -8.0 (-10.0 , -4.0), and a more marked increase in the oxygenation index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) [change in $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (Δ $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa): 43.0 (5.0, 76.0) vs. 23.0 (-2.0 , 46.0), 60.6 ± 77.7 vs. 38.7 ± 67.6], all differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Compared with the HFNC group, the NPPV group showed a significant decrease in endotracheal intubation rate [25.0% (26/104) vs. 38.6% (39/101), $P < 0.05$], so did in patients over 65 years old [27.8% (20/72) vs. 45.2% (33/73), $P < 0.05$]. The incidence of complications such as aspiration, abdominal distension, nasal and facial skin lesions, and intolerance in the NPPV group was significantly higher than that in the HFNC group [30.8% (32/104) vs. 5.9% (6/101), $P < 0.05$], and the length of RICU stay was significantly shortened [days: 10.0 (7.0, 14.5) vs. 14.0 (9.0, 20.0), $P < 0.05$], however, there was no significant difference in mortality [13.5% (14/104) vs. 16.8% (17/101), $P > 0.05$]. **Conclusion** For patients with ARDS due to viral pneumonia, NPPV significantly reduces the endotracheal intubation rate when compared with HFNC, particularly in elderly patients, but does not reduce mortality.

【Key words】 Viral pneumonia; Acute respiratory distress syndrome; Non-invasive positive pressure ventilation; Face mask; High-flow nasal cannula

Fund program: Clinical Key Specialty Construction Project in Xinjiang Uygur Autonomous Region of China (2016–56)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250611-00564

病毒性肺炎常由流感病毒、鼻病毒、腺病毒和呼吸道合胞病毒等感染引起,是医院发病率和病死率的重要原因之一^[1]。在确诊社区获得性肺炎的患儿中,病毒性肺炎的诊断率接近 60%^[2]。近 20 年报告了 3 次冠状病毒相关肺炎疫情,即严重急性呼吸综合征、中东呼吸综合征和新型冠状病毒肺炎,临床表现严重程度不等,严重者伴有急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS),病死率在 50% 以上^[3-6],严重威胁人类健康。病毒性肺炎引起的 ARDS 是由肺泡毛细血管通透性显著增高引起的急性低氧血症,病理特征主要表现为急性弥漫性肺间质渗出水肿,伴肺微小血栓形成^[7]。有创机械通气是 ARDS 救治的基石,但它存在呼吸机相关性肺损伤、呼吸机相关性膈肌功能不全和呼吸机相关性肺炎等并发症^[8-10],显著影响预后。尽管近 40 年肺保护性通气和肺开放策略成为 ARDS 机械通气的主流,但其病死率仍居高不下^[11],可能与上述有创机械通气和气管插管的并发症相关^[12]。

无创正压通气 (noninvasive positive pressure ventilation, NPPV) 和经鼻高流量湿化氧疗 (high-flow nasal cannula, HFNC) 等非侵入性方式,由于无创性,可早期使用,以避免气管插管机械通气,但在 ARDS 的应用仍有较大争议^[13-15]。由于病毒性肺炎所致 ARDS 患者有特殊的病理生理改变,病情变化急剧,这些非侵入性方式是否适合应用在临床上更是饱受质疑^[16-17]。目前仍缺乏高质量循证依据指导早期的呼吸支持治疗,避免初始治疗手段选择不当或延迟气管插管导致患者病情恶化^[18]。为此,本研究通过回顾性分析病毒性肺炎所致 ARDS 患者的临床资料,旨在比较 NPPV 与 HFNC 对患者气管插管率的影响,为临床上初始呼吸支持的选择提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象: 收集 2023 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 31 日本院呼吸加强医疗病房 (respiratory intensive care unit, RICU) 诊治的病毒性肺炎合并 ARDS 患者作为研究对象。

1.1.1 纳入标准: ① 年龄 >18 岁且 ≤ 85 岁; ② 符合病毒性肺炎诊断标准^[19], 呼吸道分泌物核酸检测阳性或宏基因组二代测序阳性; ③ 符合 ARDS 诊断标准^[20]; ④ 初始呼吸支持选择 NPPV 或 HFNC; ⑤ ARDS 发生时间 ≤ 3 d (早期 ARDS); ⑥ 多次入住 RICU 者仅纳入首次入院资料。

1.1.2 排除标准: ① 伴其他器官严重损伤、严重代谢性酸中毒 ($\text{pH} \leq 7.25$); ② 意识不清,或气道廓清能力差; ③ 补充容量后血流动力学仍不稳定,或出现致命性心律失常; ④ 有面部压伤,频繁恶心呕吐、腹胀等; ⑤ 出现致命性低氧血症; ⑥ 前 3 d 每日 NPPV 或 HFNC 使用时间不足 10 h,或者连续治疗不足 3 d; ⑦ 初始选择气管插管机械通气,或选择 Venturi 面罩; ⑧ 临床资料不全者。

1.1.3 伦理学: 本研究符合医学伦理学标准,并经医院伦理委员会批准 (审批号: K202403-47)。

1.2 研究分组: 依照初始呼吸支持方式将患者分为 NPPV 组和 HFNC 组,并对每组中重度 ARDS 患者数量进行匹配。

1.3 氧疗方案

1.3.1 NPPV 方法: 患者取半卧位,呼吸机采用自主呼吸/时间控制 (S/T) 自动切换模式,初始参数设置为吸气压力 8~10 cmH_2O (1 $\text{cmH}_2\text{O} = 0.098$ kPa), 呼气压力 5~8 cmH_2O 。吸入氧浓度 (fraction of inspiration oxygen, FiO_2) 为 50%; 监测呼吸频率 (respiratory rate, RR)、潮气量 (tidal volume,

VT) 和 脉 搏 血 氧 饱 和 度 (saturation of peripheral oxygen, SpO₂), 保证 VT 在 6 ~ 10 mL/kg, 根据患者适应程度、舒适度以及氧合水平调节呼吸机参数, 保持 SpO₂ ≥ 0.92。

1.3.2 HFNC 方法: 患者取高卧位, 初始吸气流量为 30 ~ 40 L/min, 最低流量不小于 15 L/min; 温度设置为 31 ~ 37 ℃, 调节氧浓度, 保持 SpO₂ 在 0.92 以上。

1.3.3 气管插管机械通气指征: ① 出现窒息、意识不清、心搏骤停、休克、血流动力学不稳定或合并危及生命的低氧血症等; ② 出现急性肾损伤伴代谢性酸中毒 (pH < 7.25); ③ 病情恶化, 出现发热、胸闷、呼吸困难、紫绀明显、RR 增快 (> 30 次/min)、SpO₂ 降低、血压升高等非一过性的临床表现; ④ 症状改善, 生命体征基本稳定, 但胸片或胸部 CT 炎症基本无吸收或有加重倾向, 动脉血氧分压无显著变化; ⑤ 不能接受面罩, 或佩戴面罩时躁动不安、痛苦不安、濒死感等; ⑥ 面部存在损伤, 难以佩戴面罩; ⑦ 有张口呼吸、舌后坠等影响通气效果者。

1.4 资料收集: 包括性别、年龄; 生命体征〔体温、心率 (heart rate, HR)、RR、平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP)〕; 病情严重程度〔急性生理学与慢性健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、社区获得性肺炎严重程度评分 (confusion, uremia, respiratory, blood pressure, age 65 years, CURB-65)〕; 基础疾病; 临床诊断; 感染病原体; 并发症 (误吸、腹胀、鼻面部皮

损、不耐受等); 呼吸支持指标〔治疗后 24 h、72 h 后 HR 变化量 (change in HR, ΔHR)、RR 变化量 (change in RR, ΔRR)、MAP 变化量 (change in MAP, ΔMAP)、氧合指数变化量 (change in oxygenation index, ΔPaO₂/FiO₂)、pH 值变化量 (change in pH, ΔpH 值)、碱剩余变化量 (change in base excess, ΔBE) 等〕; RICU 住院时间、院内感染发生率和病死率等。以气管插管作为终点指标。

1.5 统计学分析: 用 SPSS 27.0 软件整理与分析数据。符合正态分布的计量资料用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用两独立样本 *t* 检验; 不符合正态分布或方差不齐的计量资料以中位数 (四分位数) [*M* (*Q*₁, *Q*₃)] 描述, 组间比较用 Mann-Whitney *U* 检验。分类资料用率或构成比表示, 用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法分析。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结 果

2.1 一般资料: 共纳入 205 例患者, 其中男性 137 例, 女性 68 例; 中位年龄为 70 (62, 78) 岁。病原学诊断: 呼吸道分泌物核酸检测阳性 194 例, 支气管肺泡灌洗液基因组二代测序阳性 76 例。NPPV 治疗 104 例, HFNC 治疗 101 例, 两组患者性别、年龄、生命体征、病情严重程度及基础疾病等差异均无统计学意义 (均 *P* > 0.05; 表 1), 表明两组具有可比性。

2.2 NPPV 治疗前后观察指标变化情况 (表 2): 与治疗前相比, NPPV 治疗 24 h、72 h 患者 HR、RR 显著下降, SpO₂、PaO₂/FiO₂、pH 值显著升高 (均 *P* <

表 1 NPPV 组与 HFNC 组病毒性肺炎致 ARDS 患者基线资料比较

指标	NPPV 组 (<i>n</i> = 104)	HFNC 组 (<i>n</i> = 101)	$\chi^2 / Z / t$ 值	<i>P</i> 值	指标	NPPV 组 (<i>n</i> = 104)	HFNC 组 (<i>n</i> = 101)	Z / χ^2 值	<i>P</i> 值
男性 [例 (%)]	66 (63.5)	71 (70.3)	1.080	0.299	APACHE II 评分 [分, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	12 (11, 15)	12 (10, 14)	-0.717	0.474
年龄 [岁, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	69 (59, 78)	71 (63, 78)	-0.356	0.722	CURB-65 评分 [分, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	2 (1, 2)	2 (1, 2)	-0.344	0.731
年龄 ≥ 65 岁 [例 (%)]	72 (69.2)	73 (72.3)	0.230	0.632	基础疾病 [例 (%)]				
生命体征					心脑血管疾病 ^a	66 (63.5)	54 (53.5)	2.109	0.146
体温 [℃, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	37.8 (37.0, 38.2)	37.5 (37.0, 38.2)	-0.347	0.729	慢性肺疾病 ^b	45 (43.3)	36 (35.6)	1.247	0.264
HR (次/min, $\bar{x} \pm s$)	125.41 ± 15.69	121.61 ± 15.81	1.726	0.086	慢性肝、肾疾病	36 (34.6)	26 (25.7)	1.912	0.167
RR [次/min, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	32 (29, 36)	31 (29, 34)	-1.466	0.143	糖尿病	30 (28.8)	36 (35.6)	1.085	0.298
MAP [mmHg, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	93.2 (84.7, 100.2)	89.7 (82.3, 98.3)	-1.295	0.195	其他疾病 ^c	15 (14.4)	12 (11.9)	0.289	0.591
PaO ₂ /FiO ₂ [mmHg, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	133.5 (100.0, 159.5)	124.0 (101.0, 149.0)	-1.027	0.304	病毒种类 [例 (%)]			3.294	0.348
PaO ₂ /FiO ₂ 分布 [例 (%)]			0.935	0.678	新型冠状病毒	45 (43.3)	41 (40.6)		
200 mmHg ≤ PaO ₂ /FiO ₂ < 300 mmHg	6 (5.8)	3 (3.0)			流感病毒	39 (37.5)	35 (34.7)		
100 mmHg ≤ PaO ₂ /FiO ₂ < 200 mmHg	75 (72.1)	75 (74.2)			腺病毒	11 (10.6)	8 (7.9)		
PaO ₂ /FiO ₂ < 100 mmHg	23 (22.1)	23 (22.8)			其他	9 (8.7)	17 (16.8)		

注: NPPV 组为无创正压通气组, HFNC 组为经鼻高流量湿化氧疗组; ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, HR 为心率, RR 为呼吸频率, MAP 为平均动脉压, PaO₂/FiO₂ 为氧合指数, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II, CURB-65 为社区获得性肺炎严重程度评分; ^a 心脑血管疾病包括冠心病、稳定型心绞痛、心脏瓣膜病、高血压、脑梗死; ^b 慢性肺疾病包括支气管哮喘、间质性肺病、慢性阻塞性肺疾病、支气管扩张症; ^c 其他疾病包括风湿免疫性疾病、血液系统疾病; 1 mmHg = 0.133 kPa

表 2 NPPV 组与 HFNC 组病毒性肺炎致 ARDS 患者治疗前后观察指标变化比较

组别	时间	例数 (例)	HR (次/min, $\bar{x} \pm s$)	RR [次/min, $M(Q_1, Q_3)$]	MAP [mmHg, $M(Q_1, Q_3)$]	PaO ₂ /FiO ₂ [mmHg, $M(Q_1, Q_3)$]	SpO ₂ ($\bar{x} \pm s$)	pH 值 [$M(Q_1, Q_3)$]	BE [mmol/L, $M(Q_1, Q_3)$]
NPPV 组	治疗前	104	125.41 ± 15.69	32 (29, 36)	93.2 (84.7, 100.2)	133.5 (100.0, 159.5)	0.896 ± 0.029	7.33 (7.30, 7.42)	-1.40 (-4.48, 3.80)
	治疗 24 h	104	96.25 ± 14.75 ^a	25 (22, 27) ^a	91.3 (86.1, 97.3)	162.5 (121.0, 227.2) ^a	0.941 ± 0.030 ^a	7.45 (7.39, 7.47) ^a	-0.55 (-3.20, 3.90) ^a
	治疗 72 h	104	88.59 ± 11.87 ^a	23 (21, 25) ^a	91.3 (86.0, 96.0)	188.5 (139.8, 257.0) ^a	0.960 ± 0.031 ^a	7.44 (7.38, 7.47) ^a	-0.10 (-3.30, 4.65)
HFNC 组	治疗前	101	121.61 ± 15.81	31 (29, 34)	89.7 (82.3, 98.3)	124.0 (101.0, 149.0)	0.900 ± 0.033	7.34 (7.30, 7.43)	-2.40 (-4.40, 0.30)
	治疗 24 h	101	99.90 ± 11.06 ^a	27 (24, 29) ^a	89.0 (83.7, 96.3)	145.0 (121.0, 174.0) ^a	0.923 ± 0.030 ^a	7.44 (7.41, 7.48) ^a	-1.10 (-4.60, 1.60) ^a
	治疗 72 h	101	93.32 ± 10.78 ^a	24 (22, 26) ^a	90.7 (82.8, 95.5)	158.0 (110.0, 210.0) ^a	0.958 ± 0.032 ^a	7.44 (7.40, 7.46) ^a	-0.30 (-3.30, 3.15) ^a

注: NPPV 组为无创正压通气组, HFNC 组为经鼻高流量湿化氧疗组; ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, HR 为心率, RR 为呼吸频率, MAP 为平均动脉压, PaO₂/FiO₂ 为氧合指数, SpO₂ 为脉搏血氧饱和度, BE 为碱剩余; 1 mmHg=0.133 kPa; 与本组治疗前相比, ^a $P<0.05$

表 3 NPPV 组与 HFNC 组病毒性肺炎致 ARDS 患者治疗前后呼吸支持指标变化量比较

组别	例数 (例)	ΔHR (次/min)		ΔRR (次/min)		ΔMAP (mmHg)	
		治疗 24 h [$M(Q_1, Q_3)$]	治疗 72 h ($\bar{x} \pm s$)	治疗 24 h ($\bar{x} \pm s$)	治疗 72 h [$M(Q_1, Q_3)$]	治疗 24 h ($\bar{x} \pm s$)	治疗 72 h [$M(Q_1, Q_3)$]
NPPV 组	104	-29.00 (-42.00, -16.00)	-36.83 ± 19.06	-7.6 ± 5.8	-9.5 (-13.0, -5.0)	-1.44 ± 13.82	-1.50 (-12.33, 6.58)
HFNC 组	101	-23.00 (-37.00, -6.00)	-28.29 ± 19.53	-5.0 ± 4.8	-8.0 (-10.0, -4.0)	-1.08 ± 14.17	0.01 (-10.30, 8.00)
Z/t 值		-2.777	-3.169	-3.475	-2.580	-0.182	-0.961
P 值		0.005	0.002	<0.001	0.010	0.856	0.337
组别	例数 (例)	ΔPaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)		ΔpH [M(Q ₁ , Q ₃)]		ΔBE [mmol/L, M(Q ₁ , Q ₃)]	
		治疗 24 h [M(Q ₁ , Q ₃)]	治疗 72 h ($\bar{x} \pm s$)	治疗 24 h	治疗 72 h	治疗 24 h	治疗 72 h
NPPV 组	104	43.0 (5.0, 76.0)	60.6 ± 77.7	-0.08 (-0.15, 0.01)	-0.06 (-0.15, 0.01)	0.35 (-1.20, 2.80)	0.80 (-2.00, 4.45)
HFNC 组	101	23.0 (-2.0, 46.0)	38.7 ± 67.6	-0.09 (-0.16, -0.03)	-0.08 (-0.16, 0.00)	0.60 (-0.70, 2.80)	1.80 (-0.70, 4.50)
Z/t 值		-2.560	2.149	-0.999	-0.964	-0.387	-1.268
P 值		0.010	0.033	0.318	0.335	0.698	0.205

注: NPPV 组为无创正压通气组, HFNC 组为经鼻高流量湿化氧疗组; ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, ΔHR 为心率变化量, ΔRR 为呼吸频率变化量, ΔMAP 为平均动脉压变化量, ΔPaO₂/FiO₂ 为氧合指数变化量, ΔpH 为 pH 值变化量, ΔBE 为碱剩余变化量; 1 mmHg=0.133 kPa

0.05); NPPV 治疗 24 h 患者 BE 较治疗前显著升高 ($P<0.05$); NPPV 治疗前后患者 MAP 无明显变化。

2.3 HFNC 治疗前后观察指标变化情况 (表 2): 与治疗前相比, HFNC 治疗 24 h、72 h 患者 HR、RR 显著下降, SpO₂、PaO₂/FiO₂、pH 值、BE 显著升高 (均 $P<0.05$); MAP 在 HFNC 治疗前后无明显变化。

2.4 NPPV 与 HFNC 治疗前后观察指标变化量比较 (表 3): 与 HFNC 相比, NPPV 组治疗 24 h、72 h 后 ΔHR、ΔRR、ΔPaO₂/FiO₂ 变化更显著 (均 $P<0.05$); 两组间 ΔMAP、ΔpH、ΔBE 比较差异均无统计学意义。

2.5 两组并发症比较: NPPV 组患者出现不耐受、鼻面部皮损、误吸、腹胀等并发症的发生率显著高于 HFNC 组 ($P<0.05$; 表 4)。

表 4 NPPV 组与 HFNC 组病毒性肺炎致 ARDS 患者并发症比较

组别	例数 (例)	并发症 (例)				合计 [例 (%)]
		不耐受	鼻面部皮损	腹胀	误吸	
NPPV 组	104	12	9	8	3	32 (30.8)
HFNC 组	101	3	0	2	1	6 (5.9)

注: NPPV 组为无创正压通气组, HFNC 组为经鼻高流量湿化氧疗组; ARDS 为急性呼吸窘迫综合征; 两组间比较, $\chi^2=20.918$, $P<0.001$

2.6 两组终点指标和预后指标比较 (表 5): 与 HFNC 组相比, NPPV 组气管插管率显著降低 ($P<0.05$), 其中 ≥ 65 岁患者气管插管率降低更显著 ($P<0.05$)。两组患者院内感染、脓毒性休克、肺血栓栓塞症 (pulmonary thromboembolism, PTE) 发生率差异均无统计学意义。与 HFNC 组相比, NPPV 组患者 RICU 住院时间显著缩短 ($P<0.05$), 但两组病死率差异无统计学意义。

3 讨论

病毒性肺炎所致 ARDS 有其特点, 在急性炎症高峰时病情进展急剧, 容易发生致命性低氧血症或脓毒性休克, 是患者入住重症监护病房和死亡的最常见原因^[21-22], 如初期呼吸支持方式选择不合适可能会加重病情, 或过度坚持无创性而延误气管插管, 发生严重并发症, 造成预后变差。本研究结果表明, 对于病毒性肺炎所致 ARDS 患者, 与 HFNC 组比较, NPPV 组气管插管率显著降低, 尤其是在高龄患者。

首先, NPPV 与 HFNC 提供的呼吸支持不同。NPPV 可提供合适的压力支持和呼吸末正压, 直接改善肺泡复张和氧合, 保持氧合在较高的水平, 从而

表 5 NPPV 组与 HFNC 组病毒性肺炎致 ARDS 患者住院指标比较

组别	例数 (例)	气管插管〔例(%)〕			院内感染〔例(%)〕		脓毒性休克 〔例(%)〕	PTE 〔例(%)〕	RICU 住院时间 〔d, M(Q ₁ , Q ₃)〕	病死率 〔%(例)〕
		总体	≥65 岁	<65 岁	细菌感染 ^a	真菌感染 ^b				
NPPV 组	104	26(25.0)	20(27.8)	6(17.8)	57(54.8)	40(38.5)	21(20.2)	3(2.9)	10.0(7.0, 14.5)	13.5(14)
HFNC 组	101	39(38.6)	33(45.2)	6(21.4)	68(67.3)	34(33.7)	26(25.7)	0(0)	14.0(9.0, 20.0)	16.8(17)
χ^2/Z 值		4.386	4.747		3.375	0.511	0.893	1.295	-2.818	0.453
<i>P</i> 值		0.036	0.029		0.066	0.475	0.345	0.255	0.005	0.501

注：NPPV 组为无创正压通气组，HFNC 组为经鼻高流量湿化氧疗组；ARDS 为急性呼吸窘迫综合征，PTE 为肺动脉栓塞症，RICU 为呼吸重症监护病房；^a 细菌感染包括鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌及其他细菌感染；^b 真菌感染包括曲霉、克柔念珠菌、光滑念珠菌、毛霉、隐球菌肺炎、孢子菌

使患者最大程度地避免因急性呼吸衰竭加重而接受气管插管的可能性^[23]。而 HFNC 的优势主要在于湿化功能，有助于痰液的湿化和排出，但可提供的压力支持非常有限，一般小于 5 cmH₂O，在严重肺泡塌陷、肺顺应性显著降低或呼吸驱动力不足时，HFNC 被动通气支持难以有效打开塌陷肺泡，无法克服过高的呼吸功耗，导致病情恶化，气管插管率升高^[24]。其次，使用 NPPV 后，除了减少呼吸功耗外，还可能有助于患者排出痰液，改善心功能及尿量；而 HFNC 不具有这些功能。如果患者呼吸功耗较大，对于高龄患者初始选择 NPPV 比 HFNC 容易成功，而对于年轻患者，如 PaO₂/FiO₂ > 150 mmHg、患者呼吸功耗较小，HFNC 则容易成功^[25]。一项纳入 109 例新型冠状病毒感染患者的随机对照试验显示，NPPV 组气管插管率较 HFNC 组显著降低^[26]，与本研究结论类似。还有研究表明，HFNC 不能改善患者临床状况时，NPPV 作为挽救性治疗可减少气管插管需求，从而在一定程度上减少患者气管插管事件^[27]，进一步支持了本研究结论。但是，亦少数研究结论为两组气管插管率相似^[28-29]，甚至还有相左的研究结论，认为 HFNC 患者 28 d 气管插管率较低^[30]。结论不一致的原因可能与纳入研究对象的人口学特征、基础疾病、病情严重程度、缺氧严重程度、气道廓清能力、气管插管时机、观察窗时长以及使用 NPPV 和 HFNC 的经验和认知等因素不同有关。对于病毒性肺炎所致 ARDS，本研究以早期 ARDS 患者为研究对象，少数虽然是严重 ARDS 患者，但患者年轻，无其他器官并发症，仅表现为严重低氧血症，选择 NPPV 或 HFNC 作为一线呼吸支持方式仍可成功，这是本研究的一个特点。病毒性肺炎存在不同程度的肺间质水肿和肺泡水肿，容量负荷影响明显。由于病情变化急剧，一旦出现非一过性的病情变化，即使 PaO₂/FiO₂ ≥ 150 mmHg，也应立即停止使用 NPPV 和 HFNC，果断采取气管插管机械通气，

不主张勉强坚持使用 NPPV 或 HFNC，以很高的参数维持正常的、甚至处于边缘状态的氧合和通气功能^[31]。本研究显示，NPPV 组气管插管率较 HFNC 组降低，但未降低病死率，可能与样本量较小有关，另外，我们在机械通气并发症方面有 30 余年的管理和预防经验，尽管 HFNC 组气管插管率高，但病死率不增高，仅表现为 RICU 住院时间延长。

本研究显示，虽然 NPPV 组并发症发生率较 HFNC 组高，但并不影响病死率，与其他研究结果一致^[32-33]，HFNC 的优势在于通过合适大小的鼻导管提供足够的加热和加湿，有助于增加气道湿度，维持黏膜功能，促进分泌物清除，避免气道上皮损伤，舒适度高，本身并发症较少^[34]；NPPV 患者必须承受面罩压迫性不适，患者依从性对于 NPPV 的影响较大，少数患者可能出现不耐受。NPPV 的其他并发症也明显高于 HFNC，一旦出现较为严重的并发症，应果断终止 NPPV，并开始气管插管机械通气，故病死率不会因 NPPV 的并发症增加而升高。

选择 NPPV 和 HFNC 治疗病毒性肺炎所致 ARDS，必须严密监护，动态观察，一旦出现非一过性的危险因素，应果断决定气管插管，不可延误治疗时机，尤其在初始 72 h，病情变化快，必须严密监护。一旦度过这个时间窗口，多数患者不需要气管插管。NPPV 和 HFNC 应物尽所能，如果气管插管时机太早，容易发生院内感染；如果过度坚持无创性，延迟气管插管，有加重病情的风险，造成病死率升高^[35-36]。气管插管时机应根据患者年龄、临床表现、基础疾病、炎症指标、氧合水平及影像学改变等综合判断^[18, 37]。

本研究的局限性：单中心、小样本回顾性分析可能影响结果的稳定性；此外，病毒种类和 ARDS 有较大的异质性。因此，未来需要针对单一病毒的重症患者通过大样本、多中心的随机对照试验进行验证，以提供更强的循证医学证据。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 申洁:数据采集整理、统计分析、论文撰写;韦存兄、武雪、王彩霞:数据采集、整理;万秋风、李婧文、郭志金、才开·莎热丽:实验操作;徐思成:论文选题、研究设计、论文修改

参考文献

- [1] Cavallazzi R, Ramirez JA. Influenza and viral pneumonia [J]. Infect Dis Clin North Am, 2024, 38 (1): 183–212. DOI: 10.1016/j.idc.2023.12.010.
- [2] Pagliano P, Sellitto C, Conti V, et al. Characteristics of viral pneumonia in the COVID-19 era: an update [J]. Infection, 2021, 49 (4): 607–616. DOI: 10.1007/s15010-021-01603-y.
- [3] de Wit E, van Doremalen N, Falzarano D, et al. SARS and MERS: recent insights into emerging coronaviruses [J]. Nat Rev Microbiol, 2016, 14 (8): 523–534. DOI: 10.1038/nrmicro.2016.81.
- [4] Al-Tawfiq JA, Gautret P. Asymptomatic Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) infection: extent and implications for infection control: a systematic review [J]. Travel Med Infect Dis, 2019, 27: 27–32. DOI: 10.1016/j.tmaid.2018.12.003.
- [5] Matthay MA, Zemans RL, Zimmerman GA, et al. Acute respiratory distress syndrome [J]. Nat Rev Dis Primers, 2019, 5 (1): 18. DOI: 10.1038/s41572-019-0069-0.
- [6] Halaji M, Farahani A, Ranjbar R, et al. Emerging coronaviruses: first SARS, second MERS and third SARS-CoV-2: epidemiological updates of COVID-19 [J]. Infez Med, 2020, 28 (suppl 1): 6–17.
- [7] Ma W, Tang SL, Yao P, et al. Advances in acute respiratory distress syndrome: focusing on heterogeneity, pathophysiology, and therapeutic strategies [J]. Signal Transduct Target Ther, 2025, 10 (1): 75. DOI: 10.1038/s41392-025-02127-9.
- [8] Liu YN, Cai XT, Fang RY, et al. Future directions in ventilator-induced lung injury associated cognitive impairment: a new sight [J]. Front Physiol, 2023, 14: 1308252. DOI: 10.3389/fphys.2023.1308252.
- [9] Modi AR, Kovacs CS. Hospital-acquired and ventilator-associated pneumonia: diagnosis, management, and prevention [J]. Cleve Clin J Med, 2020, 87 (10): 633–639. DOI: 10.3949/ccjm.87a.19117.
- [10] Roshdy A. Respiratory monitoring during mechanical ventilation: the present and the future [J]. J Intensive Care Med, 2023, 38 (5): 407–417. DOI: 10.1177/08850666231153371.
- [11] Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries [J]. JAMA, 2016, 315 (8): 788–800. DOI: 10.1001/jama.2016.0291. Erratum in: JAMA, 2016, 316 (3): 350. DOI: 10.1001/jama.2016.6956. Erratum in: JAMA, 2016, 316 (3): 350. DOI: 10.1001/jama.2016.9558.
- [12] Thompson BT, Chambers RC, Liu KD. Acute respiratory distress syndrome [J]. N Engl J Med, 2017, 377 (6): 562–572. DOI: 10.1056/NEJMr1608077.
- [13] Meyer NJ, Gattinoni L, Calfee CS. Acute respiratory distress syndrome [J]. Lancet, 2021, 398 (10300): 622–637. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00439-6.
- [14] Grieco DL, Maggiore SM, Roca O, et al. Non-invasive ventilatory support and high-flow nasal oxygen as first-line treatment of acute hypoxemic respiratory failure and ARDS [J]. Intensive Care Med, 2021, 47 (8): 851–866. DOI: 10.1007/s00134-021-06459-2.
- [15] Matthay MA, Thompson BT, Ware LB. The Berlin definition of acute respiratory distress syndrome: should patients receiving high-flow nasal oxygen be included? [J]. Lancet Respir Med, 2021, 9 (8): 933–936. DOI: 10.1016/S2213-2600(21)00105-3.
- [16] Cinesi Gómez C, Peñuelas Rodríguez Ó, Luján Torné M, et al. Clinical consensus recommendations regarding non-invasive respiratory support in the adult patient with acute respiratory failure secondary to SARS-CoV-2 infection [J]. Med Intensiva (Engl Ed), 2020, 44 (7): 429–438. DOI: 10.1016/j.medint.2020.03.005.
- [17] Raoof S, Nava S, Carpati C, et al. High-flow, noninvasive ventilation and awake (nonintubation) proning in patients with coronavirus disease 2019 with respiratory failure [J]. Chest, 2020, 158 (5): 1992–2002. DOI: 10.1016/j.chest.2020.07.013.
- [18] Fisher JM, Subbian V, Essay P, et al. Acute respiratory failure from early pandemic COVID-19: noninvasive respiratory support vs mechanical ventilation [J]. CHEST Crit Care, 2024, 2 (1): 100030. DOI: 10.1016/j.chstcc.2023.100030.
- [19] Metlay JP, Waterer GW, Long AC, et al. Diagnosis and treatment of adults with community-acquired pneumonia. An official clinical practice guideline of the American Thoracic Society and Infectious Diseases Society of America [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 200 (7): e45–e67. DOI: 10.1164/rccm.201908-1581ST.
- [20] ARDS Definition Task Force. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition [J]. JAMA, 2012, 307 (23): 2526–2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.
- [21] Gosangi B, Rubinowitz AN, Iruigu D, et al. COVID-19 ARDS: a review of imaging features and overview of mechanical ventilation and its complications [J]. Emerg Radiol, 2022, 29 (1): 23–34. DOI: 10.1007/s10140-021-01976-5. Erratum in: Emerg Radiol, 2022, 29 (1): 225. DOI: 10.1007/s10140-021-01995-2.
- [22] Cillóniz C, Pericàs JM, Rojas JR, et al. Severe infections due to respiratory viruses [J]. Semin Respir Crit Care Med, 2022, 43 (1): 60–74. DOI: 10.1055/s-0041-1740982.
- [23] Cammarota G, Esposito T, Azzolina D, et al. Noninvasive respiratory support outside the intensive care unit for acute respiratory failure related to coronavirus-19 disease: a systematic review and meta-analysis [J]. Crit Care, 2021, 25 (1): 268. DOI: 10.1186/s13054-021-03697-0.
- [24] Lewis SR, Baker PE, Parker R, et al. High-flow nasal cannulae for respiratory support in adult intensive care patients [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2021, 3 (3): CD010172. DOI: 10.1002/14651858.CD010172.pub3.
- [25] Li L, Gao Y, Wu C, et al. Comparative effectiveness of noninvasive ventilation strategies in moderate-to-severe COVID-19: a network meta-analysis of randomized controlled trials [J]. J Infect Dev Ctries, 2025, 19 (2): 202–207. DOI: 10.3855/jide.19065.
- [26] COVID-ICU Gemelli Study Group. Effect of helmet noninvasive ventilation vs high-flow nasal oxygen on days free of respiratory support in patients with COVID-19 and moderate to severe hypoxemic respiratory failure: the HENIVOT randomized clinical trial [J]. JAMA, 2021, 325 (17): 1731–1743. DOI: 10.1001/jama.2021.4682.
- [27] Fu YY, Guan LL, Wu WB, et al. Noninvasive ventilation in patients with COVID-19-related acute hypoxemic respiratory failure: a retrospective cohort study [J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 638201. DOI: 10.3389/fmed.2021.638201.
- [28] Beran A, Srour O, Malhas SE, et al. High-flow nasal cannula versus noninvasive ventilation in patients with COVID-19 [J]. Respir Care, 2022, 67 (9): 1177–1189. DOI: 10.4187/respcare.09987.
- [29] 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.
- [30] Demoule A, Vieillard Baron A, Darmon M, et al. High-flow nasal cannula in critically ill patients with severe COVID-19 [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2020, 202 (7): 1039–1042. DOI: 10.1164/rccm.202005-2007LE.
- [31] López-Ramírez VY, Sanabria-Rodríguez OO, Bottia-Córdoba S, et al. Delayed mechanical ventilation with prolonged high-flow nasal cannula exposure time as a risk factor for mortality in acute respiratory distress syndrome due to SARS-CoV-2 [J]. Intern Emerg Med, 2023, 18 (2): 429–437. DOI: 10.1007/s11739-022-03186-4.
- [32] Abdelbaky AM, Elmasry WG, Awad AH, et al. The impact of high-flow nasal cannula therapy on acute respiratory distress syndrome patients: a systematic review [J]. Cureus, 2023, 15 (6): e41219. DOI: 10.7759/cureus.41219. Erratum in: Cureus, 2025, 17 (10): e336. DOI: 10.7759/cureus.e336.
- [33] Nair PR, Haritha D, Behera S, et al. Comparison of high-flow nasal cannula and noninvasive ventilation in acute hypoxemic respiratory failure due to severe COVID-19 pneumonia [J]. Respir Care, 2021, 66 (12): 1824–1830. DOI: 10.4187/respcare.09130.
- [34] Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects [J]. Respir Care, 2016, 61 (4): 529–541. DOI: 10.4187/respcare.04577.
- [35] Duan J, Chen BX, Liu XY, et al. Use of high-flow nasal cannula and noninvasive ventilation in patients with COVID-19: a multicenter observational study [J]. Am J Emerg Med, 2021, 46: 276–281. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.07.071.
- [36] Goury A, Houlla Z, Jozwiak M, et al. Effect of noninvasive ventilation on mortality and clinical outcomes among patients with severe hypoxemic COVID-19 pneumonia after high-flow nasal oxygen failure: a multicenter retrospective French cohort with propensity score analysis [J]. Respir Res, 2024, 25 (1): 279. DOI: 10.1186/s12931-024-02873-4.
- [37] 康蒙, 李婧文, 万秋风, 等. 病毒性肺炎所致急性呼吸窘迫综合征患者选择行气管插管机械通气的影响因素 [J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34 (6): 586–591. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220607-00549.

(收稿日期: 2025-06-11)
(本文编辑: 保健媛 马英)