

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.12.003

文章编号: 1005-8982 (2026) 12-0014-06

呼吸窘迫综合征专题·论著

氮氧通气与氦氧通气在中重度急性呼吸窘迫综合征患者中应用效果的对比研究*

刘庭, 李月红, 赖小燕, 李永顺, 林胜阳, 杜鑫杰

(福建医科大学附属龙岩第一医院 重症医学科, 福建 龙岩 364000)

摘要: **目的** 比较氮氧通气与氦氧通气在中重度急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 患者中的应用效果。**方法** 选取2023年6月—2025年1月福建医科大学附属龙岩第一医院收治的112例中重度ARDS患者, 通过随机数字表法分为对照组和观察组, 各56例。对照组接受氮氧通气, 观察组接受氦氧通气。比较两组机械通气时间、总住院时间、住院费用、炎症因子水平 [C反应蛋白 (CRP)、白细胞介素-6 (IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)]、血气指标 [动脉血二氧化碳分压 (PaCO₂)、动脉血氧分压 (PaO₂)]、短期预后 (并发症及28 d病死率)。**结果** 观察组机械通气时间、总住院时间均短于对照组, 住院费用低于对照组 ($P < 0.05$)。观察组与对照组通气前、通气后第1和3天BALF中CRP、IL-6、TNF- α 水平比较, 结果: ①不同时间点CRP、IL-6、TNF- α 水平比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。②观察组与对照组BALF中CRP、IL-6、TNF- α 水平比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组BALF中CRP、IL-6、TNF- α 水平均低于对照组。③观察组与对照组BALF中CRP、IL-6、TNF- α 水平变化趋势比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。观察组通气后第3天PaCO₂水平低于对照组, PaO₂水平高于对照组 ($P < 0.05$)。两组通气后第3天PaCO₂水平均低于通气前, PaO₂水平均高于通气前 ($P < 0.05$)。观察组与对照组低血压、低血氧发生率比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。观察组28 d病死率低于对照组 ($P < 0.05$)。**结论** 相较于氮氧通气, 氦氧通气可有效降低中重度ARDS患者气道压力、减轻肺部炎症反应, 改善血气指标, 降低28 d病死率, 整体治疗效果更佳。

关键词: 中重度急性呼吸窘迫综合征; 氮氧通气; 氦氧通气

中图分类号: R563.8

文献标识码: A

Effects of nitrogen-oxygen ventilation versus heliox ventilation in patients with moderate-to-severe acute respiratory distress syndrome*

Liu Ting, Li Yue-hong, Lai Xiao-yan, Li Yong-shun, Lin Sheng-yang, Du Xin-jie

(Department of Critical Care Medicine, Longyan First Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Longyan, Fujian 364000, China)

Abstract: Objective To compare the effects of nitrogen-oxygen ventilation versus heliox ventilation in patients with moderate-to-severe acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** A total of 112 patients with moderate-to-severe ARDS admitted to the Longyan First Hospital Affiliated to Fujian Medical University between June 2023 and January 2025 were selected. Using a random number table, they were divided into a control group and an observation group, each comprising 56 patients. The control group received nitrogen-oxygen ventilation, whilst the observation group received heliox ventilation. The two groups were compared in terms of the duration of mechanical ventilation, total length of hospital stay, hospital costs, levels of inflammatory markers [C-reactive

收稿日期: 2026-04-08

* 基金项目: 福建省自然科学基金 (2025J01318); 龙岩市科技计划项目 (2022LYF17100)

protein (CRP), interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor- α (TNF- α), blood gas parameters [partial pressure of carbon dioxide in arterial blood (PaCO₂), partial pressure of oxygen in arterial blood (PaO₂)], short-term prognosis (complications and the 28-day mortality rate). **Results** The duration of mechanical ventilation and the total length of hospital stay were shorter, and the hospital costs were lower in the observation group than in the control group ($P < 0.05$). Comparison of CRP, IL-6 and TNF- α levels in bronchoalveolar lavage fluid (BALF) between the observation group and the control group before mechanical ventilation and on days 1 and 3 of ventilation showed that there were statistically significant differences in CRP, IL-6 and TNF- α levels across the time points ($P < 0.05$) and between the groups ($P < 0.05$), with their levels in the observation group being lower than those in the control group. A comparison of the change trends of CRP, IL-6 and TNF- α levels in BALF between the observation group and the control group revealed statistically significant differences ($P < 0.05$). On day 3 of mechanical ventilation, PaCO₂ in the observation group was lower than that in the control group, whilst PaO₂ was higher in the observation group ($P < 0.05$). On day 3 of mechanical ventilation, PaCO₂ was lower and PaO₂ was higher in both groups compared with pre-ventilation values ($P < 0.05$). There was no statistically significant difference in the incidence of hypotension or hypoxemia between the observation group and the control group ($P > 0.05$). The 28-day mortality rate in the observation group was lower than that in the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** Compared with nitrogen-oxygen ventilation, heliox ventilation effectively reduces airway pressure, alleviates pulmonary inflammatory responses, improves blood gas parameters, and lowers the 28-day mortality rate in patients with moderate-to-severe ARDS, resulting in better overall therapeutic outcomes.

Keywords: moderate-to-severe acute respiratory distress syndrome; nitrogen-oxygen ventilation; heliox ventilation

急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 是临床常见的危重症综合征, 多种致病因素导致肺毛细血管通透性增高、非心源性肺水肿, 继而出现顽固性低氧血症、肺泡塌陷、通气功能障碍及脱机困难等临床表现^[1-2]。ARDS 常伴随局部及全身炎症反应亢进、凝血功能紊乱, 病情进展迅速且病死率较高。机械通气是中重度 ARDS 的核心支持手段, 但常规通气模式易诱发肺损伤, 加重炎症反应, 影响预后^[3]。传统氮氧通气使用的混合气体在气道内多呈湍流状态, 气道阻力较大, 显著增加呼吸做功, 甚至导致气压伤, 使部分重症患者选择治疗方式受限^[4]。而氦氧通气是以氦气为主要惰性气体组分, 其密度仅为氮气的 1/7, 可有效降低混合气体密度, 减少湍流并促进层流形成, 从而降低气道阻力与气道压力, 改善氧弥散与二氧化碳排出, 减轻呼吸负荷, 同时抑制炎症因子释放, 减轻肺组织炎症损伤^[5]。目前, 氦氧通气已应用于哮喘、慢性阻塞性肺疾病等呼吸危重症治疗, 动物实验也证实其可改善肺顺应性、减轻肺部炎症^[6], 但与传统氮氧通气相比, 对中重度 ARDS 患者炎症控制、血气改善、通气时长及短期预后等方面的影响仍需进一步评估。因此, 本研究通过比较两种通气方式的应用效果, 探讨氦氧通气在中重度 ARDS 治疗中的应用价值,

为临床优化通气策略、改善疾病预后提供可靠依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2023 年 6 月—2025 年 1 月福建医科大学附属龙岩第一医院收治的 112 例中重度 ARDS 患者, 通过随机数字表法分为对照组和观察组, 各 56 例。对照组接受氮氧通气, 观察组接受氦氧通气。对照组与观察组性别构成、年龄、体质量指数、氧合指数和病因构成比较, 经 χ^2/t 检验, 差异均无统计学意义 ($P < 0.05$)。两组资料有可比性 (见表 1)。本研究经医院医学伦理委员会批准 (LYREC2023-k052-01), 患者及家属均知情同意。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①符合《急性呼吸窘迫综合征患者机械通气指南 (试行)》^[7] 中重度 ARDS 的诊断标准; ②生命体征相对稳定, 可耐受机械通气治疗; ③对本研究所用通气相关气体及配套治疗无过敏反应; ④临床资料完整, 能够配合完成各项指标检测及随访。

1.2.2 排除标准 ①合并严重心、肝、肾等重要脏器器质性病变; ②心功能 III、IV 级, 存在休克

表 1 两组一般资料比较 ($n=56$)

组别	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	体质量指数/ ($\text{kg}/\text{m}^2, \bar{x} \pm s$)	氧合指数/ ($\text{mmHg}, \bar{x} \pm s$)	病因 例(%)			
					急性胰腺炎	重症肺炎	脓毒症	其他
对照组	30/26	46.26 \pm 5.13	23.58 \pm 3.56	300.92 \pm 56.09	10(17.9)	16(28.6)	19(33.9)	11(19.6)
观察组	27/29	45.97 \pm 5.28	23.45 \pm 3.32	299.39 \pm 53.14	8(14.3)	17(30.4)	21(37.5)	10(17.9)
χ^2/t 值	0.322	0.295	0.200	0.148	0.400			
P 值	0.571	0.769	0.842	0.882	0.940			

状态；③由肺血栓栓塞、心源性肺水肿等非 ARDS 所致的急性呼吸衰竭；④合并自身免疫性疾病、先天性肺功能发育异常及肺部恶性肿瘤；⑤存在神经系统疾病或认知障碍，无法配合治疗及研究；⑥妊娠期或哺乳期女性。

1.3 治疗方法

对照组采用呼吸机（上海伟亚安医疗器械有限公司，VELA 型）行氮氧混合通气，气体配比为 60% 氮气 + 40% 氧气。患者取 30° 半卧位，予以瑞芬太尼镇痛、丙泊酚镇静，重症监护疼痛观察工具（critical-care pain observation tool, CPOT）评分为 0 分、RASS 评分为 -3 分，充分吸净气道分泌物。通气模式选用容量控制模式，潮气量设置为 8 mL/kg，呼吸频率 18 次/min，吸呼比 1:2，采用最佳氧合法滴定呼气末正压（positive end-expiratory pressure, PEEP）至 5~8 cmH₂O 并保持不变。调整吸入氧浓度至 40%，稳定通气 30 min，保持动脉血氧分压（arterial partial pressure of oxygen, PaO₂） \geq 0.95 mmHg 后，持续给予氮氧通气 3 h，全程监护患者生命体征，维持呼吸参数稳定。

观察组采用改良麻醉机呼吸回路行氮氧混合通气，气体配比为 60% 氮气 + 40% 氧气。先关闭麻醉机空气通路，将氮气接入一氧化二氮通路，使用氧浓度监测仪校准浓度；通气前以纯氧预通气 30 min 排尽回路内氮气，再导入氮氧混合气并维持总流量稳定。患者体位、镇痛镇静方案、通气模式、潮气量、呼吸频率、吸呼比及 PEEP 水平均与对照组一致，吸入氧浓度稳定至 40%，脉搏血氧饱和度（pulse oxygen saturation, SpO₂）达标后持续氮氧通气 3 h，全程严密监测患者生命体征，若出现血流动力学或血氧明显波动，则立即终止研究。

1.4 观察指标

1.4.1 临床资料 记录患者机械通气时间、总住

院时间、住院费用。

1.4.2 炎症因子水平 查看所有患者胸部 CT，确定病变肺段后，在纤维支气管镜下对该肺段支气管肺泡灌洗。经活检孔注入 1~2 mL 2% 利多卡因行局部麻醉，将纤维支气管镜顶端嵌顿于合适的支气管分支，用生理盐水进行 2 次灌洗，每次灌洗 20 mL，以低于 -100 mmHg 的负压吸引获取支气管肺泡灌洗液（bronchoalveolar lavage fluid, BALF），弃去第 1 管，留取第 2 管 BALF，分别于通气前、通气后第 1、3 天检测 C 反应蛋白（C-reactive protein, CRP）、白细胞介素 -6（Interleukin-6, IL-6）、肿瘤坏死因子 - α （tumor necrosis factor- α , TNF- α ）水平。

1.4.3 血气指标 通过手持式血气分析仪检测通气前、通气后 3 d 动脉血二氧化碳分压（partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂）、PaO₂。

1.4.4 短期预后 通过复查和随访等方式记录患者并发症发生情况和 28 d 病死率。

1.5 统计学方法

数据分析采用 SPSS 26.0 统计软件。计数资料以构成比或率（%）表示，比较用 χ^2 检验；计量资料以均数 \pm 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，比较用 t 检验或配对 t 检验或重复测量设计的方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组机械通气时间、总住院时间、住院费用比较

观察组与对照组机械通气时间、总住院时间、住院费用比较，经 t 检验，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ）；观察组机械通气时间、总住院时间均短于对照组，住院费用低于对照组。见表 2。

2.2 两组通气前后 BALF 中炎症因子水平的变化

观察组与对照组通气前、通气后第 1 和 3 天

表 2 两组机械通气时间、总住院时间、住院费用比较

(n=56, $\bar{x} \pm s$)

组别	机械通气时间/d	总住院时间/d	住院费用/万元
对照组	4.81 ± 0.75	26.07 ± 4.62	4.87 ± 0.72
观察组	3.24 ± 0.59	20.13 ± 3.03	3.13 ± 0.43
t 值	12.312	8.045	15.526
P 值	0.000	0.000	0.000

BALF 中 CRP、IL-6、TNF- α 水平比较, 采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点 CRP、

IL-6、TNF- α 水平比较, 差异均有统计学意义 ($F=929.915$ 、 914.763 、 950.461 , 均 $P=0.000$)。②观察组与对照组 BALF 中 CRP、IL-6、TNF- α 水平比较, 差异均有统计学意义 ($F=64.535$ 、 55.274 、 77.363 , 均 $P=0.000$), 观察组 BALF 中 CRP、IL-6、TNF- α 水平均低于对照组。③观察组与对照组 BALF 中 CRP、IL-6、TNF- α 水平变化趋势比较, 差异均有统计学意义 ($F=69.485$ 、 34.508 、 44.954 , 均 $P=0.000$)。见表 3。

表 3 两组通气前后 BALF 中炎症因子水平比较 (n=56, $\bar{x} \pm s$)

组别	CRP/(mg/L)			IL-6/(pg/mL)			TNF- α /(pg/mL)		
	通气前	通气后第 1 天	通气后第 3 天	通气前	通气后第 1 天	通气后第 3 天	通气前	通气后第 1 天	通气后第 3 天
对照组	17.54 ± 2.72	13.11 ± 2.32	7.45 ± 1.46	20.64 ± 3.54	16.05 ± 2.64	10.67 ± 2.05	45.12 ± 5.19	36.16 ± 4.15	24.42 ± 3.09
观察组	17.21 ± 2.63	8.56 ± 1.58	4.99 ± 1.19	20.37 ± 3.30	11.96 ± 2.21	6.02 ± 1.17	44.87 ± 5.31	28.41 ± 3.20	18.02 ± 2.13

2.3 两组通气前后血气指标的变化

观察组与对照组通气前 PaCO₂、PaO₂ 水平比较, 经 t 检验, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。对照组与观察组通气后第 3 天 PaCO₂、PaO₂ 水平比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 观察组通气后第 3 天 PaCO₂ 水平低于对照组, PaO₂ 水平高于对照组。通气前与通气后第 3 天 PaCO₂、PaO₂ 水平比较, 经配对 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 两组通气后第 3 天 PaCO₂ 水平均低于通气前, PaO₂ 水平均高于通气前。见表 4。

表 4 两组通气前后血气指标比较 (n=56, mmHg, $\bar{x} \pm s$)

组别	PaCO ₂		PaO ₂	
	通气前	通气后第 3 天	通气前	通气后第 3 天
对照组	65.12 ± 8.14	50.52 ± 5.87 [†]	64.61 ± 6.84	80.28 ± 5.23 [†]
观察组	65.48 ± 8.29	42.34 ± 4.72 [†]	64.18 ± 6.21	86.20 ± 5.96 [†]
t 值	0.232	8.127	0.348	5.587
P 值	0.817	0.000	0.728	0.000

注: †与通气前比较, $P<0.05$ 。

2.4 两组并发症、28 d 病死率比较

观察组与对照组低血压、低血氧发生率比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。观察组 28 d 病死率比较, 经 χ^2 检验, 差异有统计学意义 ($P<0.05$); 观察组 28 d 病死率低于对照组。见表 5。

表 5 两组并发症和 28 d 病死率比较 [n=56, 例(%)]

组别	低血压	低血氧	28 d 病死率
对照组	6(10.7)	3(5.4)	20(35.7)
观察组	4(7.1)	2(3.6)	10(17.9)
χ^2 值	0.439	0.209	4.553
P 值	0.508	0.647	0.033

3 讨论

治疗 ARDS 的关键是快速改善氧合、抑制肺部炎症进展、减少肺组织进一步损伤^[8-10]。患者气道高反应性与炎症因子大量释放, 不仅加剧肺泡结构破坏, 还会增加机械通气的难度与相关肺损伤风险^[11]。机械通气方式的选择会影响 ARDS 患者预后, 临床常用的氮氧通气虽能满足基础氧合需求, 但因混合气体密度较高, 在气道内易形成湍流, 会增加呼吸肌做功, 且高气道压力易刺激气道黏膜, 不利于肺损伤修复。氮氧混合气是一种低密度混合气体, 自应用于临床以来已展现出独特优势。相较于氮氧混合气, 氮氧混合气可显著降低气道阻力、减轻呼吸肌疲劳, 还具备一定的细胞保护及抗炎作用, 能够通过减轻肺组织炎性渗出、抑制炎症反应等保护肺功能^[12-13]。本研究通过比较两种通气方式在中重度 ARDS 患者中的应用效果, 既验证了氮氧通气的临床优势, 也为明确其抗炎机制、优化临床通气策略提供了实践支撑。

本研究结果显示, 观察组与对照组均通过机械通气实现基础氧合支持, 但其临床疗效及作用机制存在显著差异。两组通气模式均采用容量控制模式, 维持相同的潮气量、呼吸频率及 PEEP 水平, 而差异在于通气气体成分。对照组采用氮氧混合气 (60% 氮气 + 40% 氧气), 观察组采用氦氧混合气 (60% 氦气 + 40% 氧气) 并实现氦气循环利用。氮氧混合气密度较高, 气道内易形成湍流, 导致气道压力增大, 不仅增加呼吸肌做功, 还会刺激气道黏膜释放 CRP、IL-6、TNF- α 等炎症因子, 加重肺组织炎症损伤^[14], 进而延长机械通气时间、住院时间及增加住院费用。而氦氧混合气具有密度低、运动黏性高的特性, 相较于氮氧通气可显著降低气道阻力及气道压力, 减少肺组织炎性渗出, 有效抑制炎症因子释放, 使通气后炎症因子水平明显低于对照组^[15]。同时有助于缓解呼吸肌疲劳、促进肺功能恢复, 从而缩短机械通气及住院时间、降低住院费用。本研究结果进一步显示, 观察组通气后 PaCO₂ 显著低于对照组, PaO₂ 明显高于对照组。中重度 ARDS 患者常存在气道炎症导致的气道重塑、分泌物黏稠等问题, 传统氮氧通气因气体密度较大, 易形成湍流, 导致气道峰压升高、气道阻力增加, 不仅阻碍氧气弥散及二氧化碳排出, 还会加重呼吸肌负荷。长期通气易引发膈肌失用性萎缩^[16-18]。而氦氧混合气具有低密度、雷诺系数小的特性, 更易形成层流运动, 在相同气道条件下可显著降低气道阻力及气道峰压。根据伯努利定律, 其所需驱动压降低, 能有效改善呼吸肌疲劳, 减轻膈肌失用性萎缩, 同时改善通气分布不均, 促进氧气向肺泡弥散及二氧化碳排出, 从而升高 PaO₂、降低 PaCO₂^[19]。此外, 氦氧通气还可通过改善肺组织弹性, 优化通气/血流比^[20]。这不仅能有效纠正低氧血症、减少二氧化碳潴留, 还能为肺组织炎症修复创造有利条件, 降低呼吸机依赖风险, 为患者顺利脱机、加快康复提供支持^[21]。任德才等^[22]研究显示, 在控制潮气量和 SpO₂ 相对不变的情况下, 氦氧通气 1 h 后气道峰压、平台压显著下降, 而氮氧通气后气道压明显上升; 同时, 氦氧通气治疗患者病变肺段 BALF 中 CRP、IL-6 水平显著低于氮氧通气患者, 且明显提升膈肌运动幅度及膈肌厚度变化率, 改善呼吸肌

功能。两项研究均证实氦氧通气相较于氮氧通气, 可有效降低患者气道压力、减轻肺部炎症反应。而本研究中, 研究对象为中重度 ARDS 患者, 观察氦氧通气对血气指标和肺功能的改善作用, 明确了其在纠正低氧血症、减少二氧化碳潴留、降低呼吸机依赖中的价值, 且患者 28 d 病死率更低, 进一步验证了氦氧通气在重症肺疾病治疗中的有效性, 为其临床应用提供了更全面的循证依据。

综上所述, 相较于氮氧通气, 氦氧通气可有效降低中重度 ARDS 患者气道压力、减轻肺部炎症反应, 改善血气指标, 降低 28 d 病死率, 整体治疗效果更佳。但应用时需严格控制氦氧混合气体配比, 全程严密监测患者生命体征及血氧饱和度, 若出现血压或 SpO₂ 明显下降, 必须立即终止。但本研究也存在一定的局限性, 如样本量仅 112 例, 且为单中心; 研究周期较短, 未进行远期预后及氦氧通气的长期安全性评价, 也未深入探究氦氧通气改善肺功能及减轻炎症反应的具体分子机制。后续可扩大样本量、开展多中心研究, 延长随访时间以明确远期疗效, 并进一步规范氦氧通气的操作流程, 为其在中重度 ARDS 患者中广泛临床应用提供更多依据。

参 考 文 献 :

- [1] GABUNIA L, KHETSURIANI S, GAMKRELIDZE N, et al. Pathogenesis and pharmacotherapy of acute respiratory distress syndrome induced by pandemic viral infections: a narrative review[J]. *Cureus*, 2026, 18(1): e101316.
- [2] JIN X, HE M. Diagnostic biomarkers and miRNAs in prognosis of acute respiratory distress syndrome[J]. *Allergol Immunopathol (Madr)*, 2025, 53(3): 194-200.
- [3] ESPER TREML R, CALDONAZO T, FILHO P H A, et al. Effect of restrictive cumulative fluid balance on 28-day survival in invasively ventilated patients with moderate to severe ARDS due to COVID-19[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 18504.
- [4] 史世杰, 黄光庆, 赵旭, 等. 吸入一氧化氮在急性呼吸窘迫综合征治疗中的作用及挑战: 从生理机制到临床应用的综述[J]. *内科急危重症杂志*, 2025, 31(5): 458-463.
- [5] SZCZAPA T, KWAPIEŃ P, MERRITT T A. Neonatal applications of heliox: a practical review[J]. *Front Pediatr*, 2022, 10: 855050.
- [6] DHANANI J, FRASER J F, CHAN H K, et al. Fundamentals of aerosol therapy in critical care[J]. *Crit Care*, 2016, 20(1): 269.
- [7] 中华医学会呼吸病学分会呼吸危重症医学学组. 急性呼吸窘迫综合征患者机械通气指南(试行)[J]. *中华医学杂志*, 2016, 96(6): 404-424.
- [8] GE R Q, WANG F Y, PENG Z Y. Advances in biomarkers for

- diagnosis and treatment of ARDS[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13(21): 3296.
- [9] 庄义鸣, 张红. lncRNA 在 ALI/ARDS 中潜在治疗靶点及调控机制的研究进展[J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2024, 45(1): 92-96.
- [10] 柳小霞, 冯波, 孙小燕, 等. 基于清单管理的集束化护理策略对重症肺炎合并 ARDS 患者清醒俯卧位通气治疗护理质量的影响[J]. *国际护理学杂志*, 2024, 43(19): 3513-3517.
- [11] FENG F, WANG L J, LI J C, et al. Role of heparanase in ARDS through autophagy and exosome pathway (review) [J]. *Front Pharmacol*, 2023, 14: 1200782.
- [12] I2NEUMANN-KLIMASIŃSKA N, MERRITT T A, BECK J, et al. Effects of heliox and non-invasive neurally adjusted ventilatory assist (NIV-NAVA) in preterm infants[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 15778.
- [13] HADDAD T, MONS V, MESTE O, et al. Breathing a low-density gas reduces respiratory muscle force development and marginally improves exercise performance in master athletes[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2024, 124(2): 651-665.
- [14] MEDINA A, DEL VILLAR GUERRA P, VALLE ORTIZ J R, et al. Rheological theory applied to mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome: a new paradigm for understanding and preventing ventilator-induced lung injury[J]. *J Clin Med*, 2025, 14(18): 6544.
- [15] LEW A, MORRISON J M, K AMANKWAH E, et al. Heliox prescribing trends for pediatric critical asthma[J]. *Respir Care*, 2022, 67(5): 510-519.
- [16] PASTOR L, VERA E, MARIN J M, et al. Extracellular vesicles from airway secretions: new insights in lung diseases[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(2): 583.
- [17] SUTHERASAN Y, SONGSOMBOON C, GULAPA K, et al. The potential risk of ventilator-induced lung injury from five different PEEP titration techniques in ARDS[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2025, 12: 1642064.
- [18] 胡军军, 黄建东, 卢周晓, 等. 苯磺顺阿曲库铵辅助中重度 ARDS 患者俯卧位机械通气的临床研究[J]. *中国临床药理学杂志*, 2024, 40(6): 792-796.
- [19] YOUNG A, STEIN E, ROWLAND M, et al. Outcomes of heliox use in children with respiratory compromise: a 10-year single institution experience[J]. *Laryngoscope Investig Otolaryngol*, 2024, 9(5): e70006.
- [20] PALIKOV V A, PAVLOV N B, AMIROV R R, et al. Effect of a helium and oxygen mixture on physiological parameters of rats with cerebral arterial air embolism[J]. *Front Physiol*, 2024, 15: 1388331.
- [21] 张青青, 刘运安, 赵媛, 等. 氮氧混合气在成人呼吸系统疾病中的应用进展[J]. *中国临床实用医学*, 2019, 10(3): 67-69.
- [22] 任德才, 周丽丽, 郑承庆, 等. 氮氧机械通气对肺炎患者病变肺段炎症反应及膈肌功能的影响[J]. *中华危重病急救医学*, 2024, 36(3): 260-265.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 刘庭, 李月红, 赖小燕, 等. 氮氧通气与氦氧通气在中重度急性呼吸窘迫综合征患者中应用效果的对比研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2026, 36(12): 14-19.

Cite this article as: LIU T, LI Y H, LAI X Y, et al. Effects of nitrogen-oxygen ventilation versus heliox ventilation in patients with moderate-to-severe acute respiratory distress syndrome[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(12): 14-19.