

引用格式:雷超,尤小雪,李冲,等.气道压力释放通气对急性中毒合并ARDS患者预后的影响[J].巴楚医学,2026,9(3):108-115. DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2026.03.017

Cite as: Lei Chao, You Xiaoxue, Li Chong, et al. Influence of Airway Pressure Release Ventilation on the Prognosis of Patients with Acute Poisoning Complicated with ARDS[J]. Bachu Medical Journal, 2026, 9(3): 108-115. DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2026.03.017

气道压力释放通气对急性中毒合并 ARDS 患者预后的影响

雷超¹ 尤小雪² 李冲¹ 陈兴¹ 郑霞霞¹
吴文¹ 黄磊¹ 瞿星光¹ 张朝辉¹ 周高生¹

(1. 三峡大学附属中心人民医院[宜昌市中心人民医院]重症医学科,湖北宜昌 443003; 2. 宜昌市中心人民医院枝江分院[枝江市人民医院]重症医学科,湖北枝江 443200)

摘要:目的:探讨气道压力释放通气(APRV)对急性中毒合并急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者预后的影响。方法:收集2020年6月—2025年6月就诊于宜昌市中心人民医院重症医学科的急性中毒合并ARDS患者的临床数据,根据通气模式分为APRV组($n=54$)和小潮气量(LVT)组($n=59$)。记录两组患者机械通气72 h前后生命体征、动脉血气分析指标、呼吸力学指标,同时记录两组患者疾病转归以及30天生存情况。结果:机械通气72 h,APRV组动脉氧分压[(113.96±24.46) mmHg vs (97.93±16.71) mmHg]、氧合指数[(321.10±170.03) mmHg vs (200.80±61.44) mmHg]和肺顺应性[(53.82±11.80) mL/cmH₂O vs (41.16±7.33) mL/cmH₂O]明显高于LVT组(均 $P<0.05$);气道峰压[(15.46±4.81) cmH₂O vs (21.12±3.75) cmH₂O]以及气道平均压[(10.15±2.89) cmH₂O vs (14.26±2.44) cmH₂O]明显低于LVT组(均 $P<0.05$)。APRV组咪达唑仑用药总量[(170.09±36.77) mg vs (266.93±84.53) mg]以及瑞芬太尼用药总量[(5.38±2.21) mg vs (10.39±2.49) mg]明显低于LVT组(均 $P<0.05$)。APRV组机械通气时间[(4.82±1.78) d vs (7.70±3.44) d]和住ICU时间[(6.14±2.21) d vs (9.51±5.00) d]明显低于LVT组(均 $P<0.05$)。两组患者并发症发生情况和30天生存情况比较均无统计学差异(均 $P>0.05$)。结论:在急性中毒合并ARDS患者中,APRV能够显著改善患者氧合、缩短机械通气时间和住ICU时间以及减少镇静镇痛药物使用,但对患者并发症以及30天生存结局没有影响。

关键词:急性呼吸窘迫综合征; 气道压力释放通气; 急性中毒; 预后

中图分类号: R563.8

文献标志码: A

文章编号: 2096-6113(2026)03-0108-08

Influence of Airway Pressure Release Ventilation on the Prognosis of Patients with Acute Poisoning Complicated with ARDS

Lei Chao¹ You Xiaoxue² Li Chong¹ Chen Xing¹ Zheng Xiaxia¹
Wu Wen¹ Huang Lei¹ Qu Xingguang¹ Zhang Zhaohui¹ Zhou Gaosheng¹

(1. Department of Critical Care Medicine, Yichang Central People's Hospital, Affiliated Central People's Hospital, China Three Gorges University, Yichang 443003, China; 2. Department of Critical Care Medicine, Zhijiang People's Hospital, Zhijiang Branch of Yichang Central People's Hospital, Zhijiang 443200, China)

基金项目:北京危重症超声研究会专项科研项目(2023-CCUSG-A-03);宜昌市医疗卫生科研项目(A24-2-011);健康促进项目-吸附工程学木建设项目-危重症科研与学术促进项目(QS-xfgcjwzz-0049)

作者简介:雷超,主治医师,E-mail: leichao3088@ctgu.edu.cn

通信作者:周高生,副主任医师,E-mail: zhougaozheng3089@ctgu.edu.cn

Abstract Objective: To investigate the effect of airway pressure release ventilation (APRV) on the prognosis of patients with acute poisoning complicated with acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods:** Clinical data of patients with acute poisoning complicated with ARDS admitted to the Department of Critical Care Medicine, Yichang Central People's Hospital from June 2020 to June 2025 were collected. The patients were divided into the APRV group ($n=54$) and the low tidal volume (LVT) group ($n=59$) according to the ventilation mode adopted. Vital signs, arterial blood gas analysis indicators and respiratory mechanics indicators of the two groups were recorded before and 72 hours after mechanical ventilation. Meanwhile, disease outcomes and 30 day survival status of the two groups were documented. **Results:** At 72 hours after mechanical ventilation, the partial pressure of oxygen in artery $[(113.96 \pm 24.46) \text{ mmHg vs } (97.93 \pm 16.71) \text{ mmHg}]$, oxygenation index $[(321.10 \pm 170.03) \text{ mmHg vs } (200.80 \pm 61.44) \text{ mmHg}]$, and lung compliance $[(53.82 \pm 11.80) \text{ mL/cmH}_2\text{O vs } (41.16 \pm 7.33) \text{ mL/cmH}_2\text{O}]$ in the APRV group were significantly higher than those in the LVT group (all $P < 0.05$); the peak airway pressure $[(15.46 \pm 4.81) \text{ cmH}_2\text{O vs } (21.12 \pm 3.75) \text{ cmH}_2\text{O}]$ and mean airway pressure $[(10.15 \pm 2.89) \text{ cmH}_2\text{O vs } (14.26 \pm 2.44) \text{ cmH}_2\text{O}]$ were significantly lower than those in the LVT group (both $P < 0.05$). The total dosage of midazolam $[(170.09 \pm 36.77) \text{ mg vs } (266.93 \pm 84.53) \text{ mg}]$ and remifentanyl $[(5.38 \pm 2.21) \text{ mg vs } (10.39 \pm 2.49) \text{ mg}]$ in the APRV group were significantly lower than those in the LVT group (both $P < 0.05$). The mechanical ventilation time $[(4.82 \pm 1.78) \text{ d vs } (7.70 \pm 3.44) \text{ d}]$ and the length of stay in the ICU $[(6.14 \pm 2.21) \text{ d vs } (9.51 \pm 5.00) \text{ d}]$ in the APRV group were significantly lower than those in the LVT group (both $P < 0.05$). There was no statistically significant difference in the occurrence of complications and the 30-day survival rate between the two groups of patients (all $P > 0.05$). **Conclusion:** For patients with acute poisoning complicated with ARDS, APRV can significantly improve oxygenation, shorten the duration of mechanical ventilation and ICU stay, and reduce the dosage of sedative and analgesic drugs, but has no effect on patient complications and 30-day survival outcomes.

Keywords acute respiratory distress syndrome (ARDS); airway pressure release ventilation (APRV); acute poisoning; prognosis

急性中毒是指人体在短时间内接触、吸入或摄入了过量有毒物质,导致身体出现急性中毒症状的一种常见的内科疾病。中毒物质的种类繁多,包括药物与非药物,如农药敌敌畏^[1]、百草枯^[2-3]、敌草快^[4]以及一氧化碳^[5]、有害工业气体^[6]、蜂毒^[7]等,常见的急性中毒原因包括自杀、意外暴露等。严重的急性中毒可以引起过敏、吸入性肺炎、急性肺损伤、急性肺水肿等,导致急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)的发生,死亡率较高^[8-11]。

机械通气是治疗急性呼吸衰竭必不可少的呼吸支持手段,常用气道压力释放通气(airway pressure release ventilation, APRV)、小潮气量(low volume ventilation, LVT)通气模式等等。目前,虽然机械通气治疗 ARDS 有一定的进展,但是由于 ARDS 患者的肺不均一性,机械通气可以导致 ARDS 患者部分肺泡过度膨胀以及塌陷,可以导致呼吸机相关性肺损伤,其死亡率仍然较高。目前理想的治疗方式是通过

机械通气打开 ARDS 患者的肺泡,同时防止患者肺泡过度膨胀和塌陷,最大限度地减少医源性肺损伤。在传统的肺保护性机械通气策略中,LVT 联合呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)通气在治疗急性呼吸衰竭中运用较为广泛。然而,在临床实际工作中如何选择最适合的 PEEP 来平衡保持肺泡开放及防止肺泡塌陷仍然是一个难以完美解决的问题^[12-13]。

有临床研究表明^[14-15],APRV 通过短暂间歇的呼吸周期,维持一定的气道压力,保持肺泡复张、防止肺泡塌陷、减轻肺损伤、缩短机械通气时间,但因缺乏大型前瞻性随机对照研究证据,其结果仍然存在一定争议。对于急性中毒合并 ARDS 患者,APRV 能否缩短机械通气时间并降低死亡率,尚不清楚。因此,本研究旨在探讨 APRV 对急性中毒合并 ARDS 患者预后的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性选取2020年6月—2025年6月就诊于宜昌市中心人民医院重症医学科的急性中毒合并ARDS患者的临床数据,患者入重症监护室(intensive care unit, ICU)后均按急性中毒中国专家共识管理,以减少继发性急性肺损伤。根据通气模式分为APRV组($n=54$)和LVT组($n=59$)。本研究已通过宜昌市中心人民医院伦理委员会审批(批号:2023-250-01)。

纳入标准:①所有患者确诊为急性中毒;②所有患者合并有ARDS,ARDS必须符合柏林定义,均在入ICU 48 h内接受了机械通气;③所有患者符合机械通气适应证;④18岁 $\leq$ 年龄 $\leq$ 80岁。

排除标准:①已知能延长机械通气时间的神经肌肉疾病患者;②孕妇以及哺乳期妇女;③短期内预计死亡患者;④已知严重肺部疾病、心肌缺血、气胸、胸廓畸形患者;⑤严重休克患者;疑似或明确有颅脑损伤患者。

1.2 研究方法

1.2.1 呼吸机设置

所有患者使用的呼吸机均为P-B840呼吸机,呼吸机均由科室呼吸治疗师管理。同时,维持所有患者气道平台压不超过30 cmH₂O、动脉血pH $\geq$ 7.30以及血氧饱和度(arterial oxygen saturation, SaO₂)为88%~95%。

APRV组:所有患者开始机械通气时,给予容量辅助控制通气模式,测量完气道平台压后转为APRV模式,根据所测得的平台压值设定气道高压相P_{high}值(P_{high} $\leq$ 30 cmH₂O),气道气压相P_{low}值为5 cmH₂O不变,初始设置气道低压相时间T_{low}为1.0~1.5倍时间常数 τ (τ =气道阻力R_{st} $\times$ 肺静态顺应性C_{st}),滴定T_{low}(0.5<呼气末流速/呼气峰流速 $\leq$ 0.75),呼吸频率为10~14次/min。

LVT组:患者接受LVT通气模式,其目标潮气量设置为6~8 mL/kg,按照ARDS机械通气方案调节相应的PEEP、呼吸频率以及潮气量^[16]。

1.2.2 镇痛镇静药物的选择以及实施

所有患者机械通气期间均使用镇痛镇静治疗,镇痛药物选择瑞芬太尼,瑞芬太尼2 mg+0.9%氯化钠注射液50 mL微泵推注,负荷量2 μ g/kg,维持5~10 μ g/(kg $\cdot$ h)。镇静药物选择咪达唑仑,咪达唑仑50 mg+0.9%氯化钠注射液50 mL微泵推注,负荷量0.05 mg/kg,维持0.1~0.2 mg/(kg $\cdot$ h)。镇痛

效果评价方法采用重症监护疼痛观察工具(critical-care pain observation tool, CPOT)^[17],评分与疼痛程度正相关,镇痛目标设定为0~2分;镇静效果评价方法采用Richmond躁动-镇静评估量表(richmond agitation-sedation scale, RASS)^[18],评分高低对应躁动程度或镇静深度,数值越高,躁动程度越严重;数值越低,镇静深度越深。采用浅镇静,镇静目标设定为-2~0分。

1.2.3 撤机

LVT组:若ARDS的诱因得到改善,终止镇静,待患者神志清楚并恢复自主呼吸后,将机械通气模式改为自主呼吸模式,呼吸机设置为压力支持7 cmH₂O, PEEP 5 cmH₂O,吸入氧浓度(fraction of Inspiration O₂, FiO₂) $\leq$ 40%,若患者3 min内呼吸频率不超过35次/min,潮气量大于5 mL/kg,手指SaO₂ $>$ 90%,患者神志清楚,无烦躁以及皮肤紫绀,呼吸机撤机筛查成功。筛查成功的患者自动进入持续30 min的自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT),选择压力支持通气法,呼吸机设置为压力支持5~7 cmH₂O, PEEP 5 cmH₂O, FiO₂ $\leq$ 40%。呼吸机撤机以及撤机拔管均由医生和呼吸治疗师共同评估。

APRV组:若ARDS的诱因得到改善,pH $\geq$ 7.3、SaO₂ $>$ 92%以及FiO₂ $\leq$ 50%,逐步下降气道高水平压力P_{high},同时降低呼吸频率1~2次/min,若P_{high} $\leq$ 20 cmH₂O,中断镇静,待患者神志清楚并恢复自主呼吸后,将机械通气模式改为自主呼吸模式,行SBT撤机筛查以及撤机拔管,方法同LVT组。

1.3 监测指标

记录两组患者一般资料:性别、年龄、体重指数、有无基础疾病、毒物种类、中毒原因、毒物暴露途径、有无院前处理、有无血液净化治疗、急性生理与慢性健康评估II(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)评分、序贯器官衰竭评估评分(sequential organ failure assessment score, SOFA)、Murray肺损伤评分及上机前住院时间。

记录两组患者机械通气0 h、72 h的生命体征、血气分析指标和呼吸力学指标以及镇静镇痛用药情况:心率、收缩压、舒张压、平均动脉血压、pH值、动脉氧分压、动脉二氧化碳分压、吸入氧浓度、氧合指数、呼吸频率、设置呼吸频率、监测潮气量、气道峰压、气道平均压、PEEP、驱动压、平台压、肺顺应性、动脉血乳酸、CPOT评分、RASS评分以及72 h咪达唑仑总量和瑞芬太尼总量。

同时,记录两组患者疾病转归指标以及30天生

存结局:机械通气时间、住 ICU 时间、总住院时间、使用维库溴铵、肺复张、俯卧位通气、气管切开、24 h 重返 ICU、呼吸机相关性肺炎发生、24 h 再次气管插管以及 30 天生存结局。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 19.0 进行数据统计分析。计量资料采用均数±标准差表示,组内比较采用配对样本 *t* 检验,组间比较采用两独立样本 *t* 检验;计数资料以例数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 有差异统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

两组患者在年龄、性别、身体质量指数、基础疾病、中毒原因、毒物种类、中毒原因、毒物暴露途径、有无院前处理、有无血液净化治疗、APACHE II 评分、SOFA 评分、Murray 肺损伤评分以及上机前住院时间方面比较,差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较[n(%),($\bar{x}\pm s$)]

指标	LVT 组(<i>n</i> =59)	APRV 组(<i>n</i> =54)	χ^2/t	<i>P</i>
男性	28(47.46)	24(44.44)	0.103	0.748
年龄/岁	53.71±15.13	52.30±16.34	0.478	0.633
身体质量指数/(kg/m ²)	25.14±3.12	24.92±3.34	0.365	0.715
基础疾病(无)	34(57.63)	32(59.26)	0.031	0.860
毒物种类(有机磷中毒)	31(52.54)	26(48.15)	0.218	0.641
中毒原因(自杀)	36(61.02)	31(57.41)	0.152	0.696
毒物暴露途径(口服)	40(67.80)	32(59.26)	0.889	0.346
院前处理(无)	16(27.12)	15(27.78)	0.006	0.937
血液净化(无)	12(20.34)	9(16.67)	0.251	0.616
APACHE II 评分/分	21.05±2.35	21.04±2.36	0.031	0.975
SOFA 评分/分	6.93±1.19	7.28±1.618	-1.302	0.196
Murray 评分/分	8.22±2.02	8.33±1.97	-0.301	0.764
上机前住院时间/h	2.16±4.38	3.19±5.42	-1.107	0.271

注:LVT:小潮气量通气;APRV:气道压力释放通气;APACHE II:急性生理与慢性健康评估 II;SOFA:序贯器官衰竭评估。

2.2 两组患者生命体征、血气分析及呼吸力学指标比较

上机 72 h 后,与 LVT 组比较,APRV 组患者心率和收缩压变化更大,但舒张压、平均动脉压变化更小,APRV 组患者氧合指数改善更加明显(均 $P<0.05$)。APRV 组氧分压[(113.96±24.46) mmHg vs (97.93±16.71) mmHg]、氧合指数[(321.10±170.03) mmHg vs (200.80±61.44) mmHg]和肺顺应性[(53.82±11.80) mL/cmH₂O vs (41.16±7.33) mL/cmH₂O]明显高于 LVT 组(均 $P<0.05$);气道峰压[(15.46±4.81) cmH₂O vs (21.12±3.75) cmH₂O]及气道平均压[(10.15±2.89) cmH₂O vs (14.26±2.44) cmH₂O]明显低于 LVT 组(均 $P<0.05$),见表 2。

2.3 两组患者镇痛镇静比较

机械通气 72 h 后,APRV 组患者 CPOT 评分和 RASS 评分均明显高于 LVT 组(均 $P<0.05$)。

APRV 组咪达唑仑注射液用药总量[(170.09±36.77) mg vs (266.93±84.53) mg]以及瑞芬太尼用药总量[(5.38±2.21) mg vs (10.39±2.49) mg]明显低于 LVT 组(均 $P<0.05$),见表 3。

2.4 两组患者疾病转归情况比较

APRV 组机械通气时间[(4.82±1.78) d vs (7.70±3.44) d]和住 ICU 时间[(6.14±2.21) d vs (9.51±5.00) d]明显低于 LVT 组(均 $P<0.05$)。两组患者总住院时间、使用维库溴铵、肺复张、俯卧位通气、气管切开、24 h 重返 ICU、呼吸机相关性肺炎发生以及 24 h 再次气管插管比较差异无统计学意义(均 $P>0.05$),两组患者均未发生气胸并发症,见表 4。

2.5 两组患者 30 天生存情况比较

两组患者 30 天生存情况比较差异无统计学意义($P=0.402$),见表 5。

表2 两组患者生命体征、血气分析及呼吸力学指标比较($\bar{x} \pm s$)

指标		LVT 组($n=59$)	APRV 组($n=54$)	t	P
心率/(次/min)	上机 0 h	99.69±15.60	98.98±14.52	0.251	0.802
	上机 72 h	86.83±11.16 ^a	72.28±11.01 ^a	6.969	<0.001
收缩压/mmHg	上机 0 h	125.37±27.05	128.85±28.87	-0.661	0.510
	上机 72 h	119.92±10.92 ^a	117.76±10.64 ^a	1.061	0.291
舒张压/mmHg	上机 0 h	78.08±13.35	78.70±14.50	-0.236	0.814
	上机 72 h	66.10±8.30 ^a	75.72±6.62	-6.772	<0.001
平均动脉压/mmHg	上机 0 h	93.85±17.12	95.42±18.34	-0.471	0.638
	上机 72 h	84.03±8.33 ^a	89.73±6.59	-4.005	<0.001
pH 值	上机 0 h	7.36±0.04	7.35±0.04	1.589	0.115
	上机 72 h	7.39±0.02	7.38±0.03	2.639	0.010
动脉氧分压/mmHg	上机 0 h	78.32±13.12	79.17±12.77	-0.498	0.630
	上机 72 h	97.93±16.71 ^a	113.96±24.46 ^a	-4.152	<0.001
动脉二氧化碳分压/mmHg	上机 0 h	38.36±3.57	39.67±4.60	-1.690	0.094
	上机 72 h	39.52±4.73	38.59±2.67	1.531	0.129
吸入氧浓度	上机 0 h	0.61±0.07	0.62±0.09	-0.957	0.341
	上机 72 h	0.52±0.10 ^a	0.41±0.13 ^a	4.793	<0.001
氧合指数/mmHg	上机 0 h	131.99±30.77	131.21±30.56	0.135	0.893
	上机 72 h	200.80±61.44 ^a	321.10±170.03 ^a	-5.085	<0.001
呼吸频率/(次/min)	上机 0 h	27.08±6.97	28.13±4.74	-0.923	0.358
	上机 72 h	19.98±1.90 ^a	20.00±1.77 ^a	-0.049	0.961
设置呼吸频率/(次/min)	上机 0 h	18.85±1.44	18.98±1.38	-0.505	0.615
	上机 72 h	17.75±1.57	16.37±1.63	4.568	<0.001
监测潮气量/mL	上机 0 h	447.37±49.64	445.96±50.00	0.150	0.881
	上机 72 h	448.51±48.36	447.44±49.49	0.116	0.908
气道峰压/cmH ₂ O	上机 0 h	24.24±5.78	24.93±6.11	-0.616	0.539
	上机 72 h	21.12±3.75 ^a	15.46±4.81 ^a	7.002	<0.001
气道平均压/cmH ₂ O	上机 0 h	17.02±3.83	17.20±3.98	-0.240	0.811
	上机 72 h	14.26±2.44 ^a	10.15±2.89 ^a	8.182	<0.001
PEEP/cmH ₂ O	上机 0 h	7.29±2.97	8.00±3.05	-1.257	0.211
	上机 72 h	6.02±1.92	4.35±2.22 ^a	4.281	<0.001
驱动压/cmH ₂ O	上机 0 h	13.76±3.33	13.44±3.46	0.507	0.613
	上机 72 h	11.20±2.27	8.85±2.64 ^a	5.093	<0.001
平台压/cmH ₂ O	上机 0 h	21.04±5.64	21.41±5.80	-0.341	0.734
	上机 72 h	17.20±3.00 ^a	13.20±4.34 ^a	5.728	<0.001
肺顺应性/(mL/cmH ₂ O)	上机 0 h	33.73±6.10	34.68±7.13	-0.764	0.446
	上机 72 h	41.16±7.33 ^a	53.82±11.80 ^a	-6.909	<0.001
动脉血乳酸/(mmol/L)	上机 0 h	2.56±1.11	2.70±1.74	-0.535	0.593
	上机 72 h	1.73±0.24	1.86±0.47	-1.815	0.072

注:LVT:小潮气量通气;APRV:气道压力释放通气;PEEP:呼吸末正压;与同组上机 0 h 相比,^a $P<0.05$ 。

表 3 两组患者镇痛镇静情况比较($\bar{x}\pm s$)

指标	LVT 组($n=59$)	APRV 组($n=54$)	t	P
CPOT 评分/分	0.14±0.35	0.67±0.61	-5.727	<0.001
RASS 评分/分	-2.17±0.95	-0.83±1.15	-6.773	<0.001
咪达唑仑用药总量/mg	266.93±84.53	170.09±36.77	7.771	<0.001
瑞芬太尼用药总量/mg	10.39±2.49	5.38±2.21	11.283	<0.001

注:LVT:小潮气量通气;APRV:气道压力释放通气;CPOT:重症监护疼痛观察工具;RASS:Richmond 躁动-镇静评估量表。

表 4 两组患者疾病转归情况比较[$(\bar{x}\pm s), n(\%)$]

指标	LVT 组($n=59$)	APRV 组($n=54$)	t/χ^2	P
机械通气时间/d	7.70±3.44	4.82±1.78	5.517	<0.001
住 ICU 时间/d	9.51±5.00	6.14±2.21	4.560	<0.001
总住院时间/d	16.37±11.68	14.28±9.87	1.025	0.308
使用维库溴铵	4(6.78)	5(9.26)	0.019 ^a	0.890
肺复张	11(18.64)	14(25.93)	0.868	0.352
俯卧位通气	4(6.78)	2(3.70)	0.095 ^a	0.758
气管切开	2(3.39)	1(1.85)	<0.001 ^a	>0.999
24 h 重返 ICU	1(1.69)	2(3.70)	0.006 ^a	0.938
呼吸机相关性肺炎发生	2(3.39)	1(1.85)	<0.001 ^a	>0.999
24 h 再次气管插管	3(5.08)	1(1.85)	0.176 ^a	0.675

注:LVT:小潮气量通气;APRV:气道压力释放通气;ICU:重症监护病房;^a卡方校正。

表 5 两组患者 30 天生存情况比较[$n(\%)$]

指标	LVT 组 ($n=59$)	APRV 组 ($n=54$)	χ^2	P
30 天存活	54(91.53)	47(87.04)	0.703	0.402

注:LVT:小潮气量通气;APRV:气道压力释放通气。

3 讨论

本研究发现,与 LVT 治疗比较,APRV 治疗可显著改善患者氧合指数以及呼吸力学指标,同时可减少镇静镇痛药物用量、机械通气时间以及住 ICU 时间,且不增加并发症的发生,但不改变 30 天生存结局。APRV 在提升治疗效率的同时,并未增加医疗风险,其安全性与传统 LVT 模式相当。

将本研究结果与国内外相关文献进行对比,可发现既有一致性,亦存在独特的创新价值。在疗效一致性方面,研究结果^[19-20]与本研究相符,APRV 通过维持气道高压相稳定肺泡开放、低压相短暂释放避免过度膨胀的独特机制,能有效改善肺氧合,改善肺顺应性、降低气道压力,这与本研究中 APRV 组气道峰压、驱动压显著低于 LVT 组,肺静态顺应性显著高于 LVT 组的结果一致。Zhou 等^[21]研究发现,APRV

并不影响患者收缩压以及平均动脉压,对血压影响较 LVT 似乎更小,这与本文研究结果也一致。此外,辛伟等^[22]临床研究显示,APRV 可缩短 ARDS 患者机械通气时间,与本研究中 APRV 组机械通气天数较 LVT 组减少的结论相互印证。王昱等^[23]荟萃研究显示 APRV 较传统机械通气模式能够缩短 ARDS 患者 ICU 住院时间以及改善 ARDS 患者氧合指数;同时,它能降低 ARDS 患者住院死亡率,但本研究并未显示 APRV 能够降低 30 天死亡率。现有研究多聚焦于感染性或创伤性 ARDS,而本研究针对急性中毒合并 ARDS 这一特殊人群,填补了临床研究的空白。急性中毒所致 ARDS 的病理生理机制具有特殊性,毒物直接损伤肺上皮细胞、引发全身炎症反应综合征及氧化应激损伤,导致肺泡毛细血管通透性增加,与传统 ARDS 的肺损伤机制存在差异^[24]。本研究发现,即使在该特殊病理状态下,APRV 仍能通过优化肺通气效率、减轻肺损伤,实现治疗周期的缩短,这一结果拓展了 APRV 在急性中毒重症患者中的应用。同时,本研究明确了 APRV 能够减少急性中毒合并 ARDS 患者镇痛镇静药物用量,这一发现尚未在同类研究中报道,可能与 APRV 模式下患者呼吸舒适度提升、自主呼吸参与度更高有关,减少了镇痛镇静需

求,为临床优化镇痛镇静方案提供了新的思路。此外,部分国外研究认为 APRV 可能增加气压伤风险^[25],但本研究中两组患者均未发生气胸,这可能与本研究严格控制气道平台压 $P_{plat} \leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、个体化滴定气道低压相时间 T_{low} 参数有关,提示规范的参数设置可有效规避相关风险,为 APRV 的安全应用提供了实践依据。

本研究结果的可能解释主要有以下几个方面,首先,APRV 模式在 ARDS 治疗中展现出的临床优势,核心源于其独特的通气机制与生理调控特点^[26-29]。从肺力学角度而言,APRV 模式通过“长吸气时间+低水平 PEEP”的设置,使肺泡在吸气期充分开放并维持稳定的复张状态,减少肺泡反复塌陷与复张造成的剪切力损伤,这直接解释了本研究中 APRV 组肺静态顺应性升高、气道峰压及平台压降低的结果,同时改善肺氧合功能。同时,肺泡的有效复张增加了气体交换面积,配合患者保留的自主呼吸功能,可优化通气/血流比,进而提升氧分压并降低吸入氧浓度需求,这与 72 h 氧合指标的差异高度相关。其次,从循环与代谢调节来看,APRV 模式较 LVT 模式更低的气道平均压可减轻对胸腔内血管的压迫,降低右心后负荷,改善静脉回心血量,这也有助于解释本研究中 APRV 对血压影响不大。再次,APRV 可以通过调控 ITGB4 相关通路减轻 ARDS 肺部炎症,减轻毒物引起的继发性肺损伤^[30-31]。此外,APRV 模式中,自主呼吸的保留可减少镇静药物使用,避免过度镇静对呼吸中枢及循环系统的抑制,间接促进心率的平稳控制^[32-33]。

当然,本研究存在一定局限性。首先,本研究为单中心回顾性队列研究,样本量相对有限,可能存在选择偏倚。其次,未对不同毒物类型患者使用 APRV 的疗效进行分层分析。再次,未考虑患者个体差异对治疗效果的干扰,如年龄、基础肺功能、合并症数量等可能的混杂因素。最后,随访时间较短,仅观察至机械通气 72 h,未能评估两种通气模式对患者远期预后的影响。未来研究可采用多中心队列设计,扩大样本量并延长随访周期,结合多因素分析模型控制混杂因素,进一步明确 APRV 模式的适用人群及长期治疗价值,为其规范化临床应用提供更可靠的证据。

综上,尽管急性中毒合并 ARDS 患者病情凶险,然而通过 APRV 治疗,能够显著改善患者氧合、缩短机械通气时间和住 ICU 时间以及减少镇痛镇静药物使用,这对于优化急性中毒重症患者的诊疗流程、降低医疗资源消耗以及节省医保基金具有重要意义。

参考文献:

- [1] Ramadori G P. Organophosphorus poisoning: acute respiratory distress syndrome (ARDS) and cardiac failure as cause of death in hospitalized patients[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(7): 6658.
- [2] Dun Y, Zhang X L, Pan L, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for acute toxic inhalations: case reports and literature review[J]. *Front Med*, 2021, 8: 745555.
- [3] 田 飞, 张 蓉, 郭 庆, 等. APACHE II 和 SOFA 评分对百草枯中毒继发 ARDS 严重程度及预后预测的研究[J]. *巴楚医学*, 2019, 2(2): 33-38.
- [4] 王 猛, 张曦木. 敌草快中毒致急性呼吸窘迫综合征 2 例[J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2024, 42(4): 288-292.
- [5] Takeuchi I, Yanagawa Y. Carbon monoxide poisoning complicated by ischemic colitis: a case report and literature review[J]. *Cureus*, 2023, 15(10): e47669.
- [6] Bleifuss W, Pepin L, Lock S, et al. Chlorine gas induced acute respiratory distress syndrome due to pool shock[J]. *Am J Emerg Med*, 2025, 93: 236. e3-236. e5.
- [7] 汪 静. 重症蜂蛰伤患者的临床特征及死亡危险因素分析[J]. *巴楚医学*, 2019, 2(3): 35-40.
- [8] Wax P M, Culbreth R E, Brent J, et al. Medical toxicology consultations and mortality among patients with poisonings in the PICU[J]. *JAMA Netw Open*, 2025, 8(2): e2462139.
- [9] Jia Y J, Han N, Guo H, et al. Hyperbaric oxygen therapy for acute carbon monoxide poisoning patients with coma onset[J]. *Eur J Med Res*, 2025, 30(1): 125.
- [10] Zhang X L, Liang P F, Tong C, et al. Systemic immune-inflammatory index and systemic inflammatory response index in the assessment of multiple organ dysfunction syndrome caused by wasp stings[J]. *J Inflamm Res*, 2025, 18: 11177-11187.
- [11] 田 飞, 席祖洋, 李茶香, 等. 胃内灌注治疗急性重度有机磷中毒患者的临床疗效及预后影响因素分析[J]. *巴楚医学*, 2023, 6(4): 35-41.
- [12] Banavasi H, Nguyen P, Osman H, et al. Management of ARDS-what works and what does not[J]. *Am J Med Sci*, 2021, 362(1): 13-23.
- [13] Liang M, Chen X. Differential prognostic analysis of higher and lower PEEP in ARDS patients: systematic review and meta-analysis[J]. *J Healthc Eng*, 2022, 2022: 5399416.
- [14] Zou X J, Zhang H L, Wu Y R, et al. Physiologic

- comparison of airway pressure release ventilation and low tidal volume ventilation in ARDS: a randomized controlled trial[J]. *Chest*, 2025, 167(2): 453-465.
- [15] Camporota L, Rose L, Andrews P L, et al. Airway pressure release ventilation for lung protection in acute respiratory distress syndrome: an alternative way to recruit the lungs[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2024, 30(1): 76-84.
- [16] Zeng C L, Zhu M, Motta-Ribeiro G, et al. Dynamic lung aeration and strain with positive end-expiratory pressure individualized to maximal compliance versus ARDSNet low-stretch strategy: a study in a surfactant depletion model of lung injury[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 307.
- [17] Lewis K, Balas M C, Stollings J L, et al. A focused update to the clinical practice guidelines for the prevention and management of pain, anxiety, agitation/sedation, delirium, immobility, and sleep disruption in adult patients in the ICU[J]. *Crit Care Med*, 2025, 53(3): e711-e727.
- [18] Thomas A G, Davis S P. Facilitators and barriers for nurses implementing delirium PADIS guidelines in the intensive care unit: an integrative review[J]. *Dimens Crit Care Nurs*, 2025, 44(6): 328-352.
- [19] Cheng J L, Ma A J, Dong M L, et al. Does airway pressure release ventilation offer new hope for treating acute respiratory distress syndrome [J]. *J Intensive Med*, 2022, 2(4): 241-248.
- [20] Lutz M R, Charlamb J, Kenna J R, et al. Inconsistent methods used to set airway pressure release ventilation in acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-regression analysis[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(9): 2690.
- [21] Zhou Y F, Jin X D, Lv Y X, et al. Early application of airway pressure release ventilation may reduce the duration of mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome[J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43(11): 1648-1659.
- [22] 辛 祎, 侯 哲. 压力释放通气模式对创伤后重度急性呼吸窘迫综合征患者动脉血气指标、肺呼吸力学指标的影响[J]. *医学理论与实践*, 2025, 38(8): 1313-1316.
- [23] 王 昱, 尹朱丹, 陆金玲, 等. 急性呼吸窘迫综合征患者应用 APRV 疗效的 Meta 分析[J]. *现代医学*, 2023, 51(3): 339-344.
- [24] 叶 俏. 肺损伤剂的毒理学机制及中毒救治[J]. *中国药理学与毒理学杂志*, 2016, 30(12): 1424-1430.
- [25] Ille A, Nilsson C, Sjödin C, et al. Airway pressure release ventilation (APRV) versus pressure support ventilation (PSV)-a prospective intervention trial comparing haemodynamic parameters in intensive care patients[J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2024, 68(7): 932-939.
- [26] Grotberg J C, Reynolds D, Kraft B D. Management of severe acute respiratory distress syndrome: a primer [J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 289.
- [27] Bitker L, Talmor D, Richard J C. Imaging the acute respiratory distress syndrome: past, present and future [J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(8): 995-1008.
- [28] Meyer N J, Gattinoni L, Calfee C S. Acute respiratory distress syndrome[J]. *Lancet*, 2021, 398(10300): 622-637.
- [29] Rose L, Camporota L, Mills G H, et al. Airway pressure release ventilation: a survey of UK practice[J]. *Br J Anaesth*, 2023, 130(1): e25-e27.
- [30] 马爱佳, 魏灿征, 董美玲, 等. 气道压力释放通气通过调控 ITGB4 相关通路减轻 ARDS 肺部炎症的机制研究 [J]. *中国临床新医学*, 2024, 17(2): 128-137.
- [31] Zhou K, Yuan L, Liu H J, et al. ITGB4 deficiency in airway epithelia enhances HDM-induced airway inflammation through hyperactivation of TLR4 signaling pathway[J]. *J Leukoc Biol*, 2023, 113(2): 216-227.
- [32] van Kaam A H. Optimal strategies of mechanical ventilation: can we avoid or reduce lung injury [J]. *Neonatology*, 2024, 121(5): 570-575.
- [33] Aldhahir A M, Alqarni A A, Almeshari M A, et al. Knowledge and practice of using airway pressure release ventilation mode in ARDS patients: a survey of physicians[J]. *Heliyon*, 2023, 9(12): e22725.

[收稿日期 2025-11-13]