

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.12.005
文章编号: 1005-8982 (2026) 12-0027-07

呼吸窘迫综合征专题·论著

PaO₂/FiO₂及LIPS对急性呼吸窘迫综合征患者机械通气脱机失败的预测价值*

王勇¹, 惠培育²

(1. 内江市第二人民医院 急诊科, 四川 内江 641100; 2. 空军军医大学附属西京医院 超声科, 陕西 西安 710032)

摘要: **目的** 探讨膈肌超声动力学参数联合氧合指数 (PaO₂/FiO₂) 及肺损伤预测评分 (LIPS) 对急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 患者机械通气脱机失败的预测价值。**方法** 选取2023年1月—2025年1月内江市第二人民医院收治的118例接受机械通气的ARDS患者作为研究对象, 根据脱机结果分为脱机成功组 (81例) 和脱机失败组 (37例)。所有患者于脱机前24 h内行膈肌超声检测, 记录膈肌位移 (DE)、膈肌增厚分数 (DTF), 并同步采集呼吸力学参数及LIPS数据。比较两组间各指标的差异, 通过多因素一般Logistic回归模型分析, 明确脱机失败的独立危险因素, 并绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线评估联合预测模型的效能。**结果** 失败组机械通气时间长于成功组 ($P < 0.05$), LIPS评分和APACHE II评分均高于成功组 ($P < 0.05$)。成功组DE、DTF均高于失败组 ($P < 0.05$)。成功组PaO₂/FiO₂水平高于失败组 ($P < 0.05$)。两组pH值、动脉血二氧化碳分压、乳酸、呼吸频率及血氧饱和度比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。多因素一般Logistic回归分析结果显示: LIPS评分升高 [$\hat{OR} = 3.546$ (95% CI: 1.400, 8.981)] 和APACHE II评分升高 [$\hat{OR} = 1.152$ (95% CI: 1.010, 1.315)] 均为ARDS患者机械通气脱机失败的独立危险因素 ($P < 0.05$); 而DE升高 [$\hat{OR} = 0.776$ (95% CI: 0.642, 0.938)]、DTF升高 [$\hat{OR} = 0.817$ (95% CI: 0.741, 0.901)] 及PaO₂/FiO₂升高 [$\hat{OR} = 0.966$ (95% CI: 0.934, 0.999)] 均为ARDS患者机械通气脱机失败的保护因素 ($P < 0.05$)。ROC曲线结果显示, DE、DTF、PaO₂/FiO₂及LIPS评分联合检测的曲线下面积最高, 为0.936 (95% CI: 0.890, 0.982), 敏感性为83.8% (95% CI: 0.680, 0.938), 特异性为90.1% (95% CI: 0.815, 0.956)。**结论** 膈肌超声动力学参数联合PaO₂/FiO₂及LIPS评分能有效预测ARDS患者脱机失败风险, 联合模型可为临床脱机决策提供客观依据。

关键词: 急性呼吸窘迫综合征; 膈肌超声; 氧合指数; 肺损伤评分; 机械通气; 脱机失败
中图分类号: R563.8 **文献标识码:** A

Predictive value of PaO₂/FiO₂ and lung injury prediction score for weaning failure in mechanically ventilated patients with acute respiratory distress syndrome*

Wang Yong¹, Hui Pei-yu²

(1. Department of Emergency Medicine, The Second People's Hospital of Neijiang, Neijiang, Sichuan 641100, China; 2. Department of Ultrasound, Xijing Hospital, Air Force Medical University, Xi'an, Shaanxi 710032, China)

Abstract: Objective To investigate the predictive value of diaphragmatic ultrasound dynamic parameters combined with oxygenation index (PaO₂/FiO₂) and Lung Injury Prediction Score (LIPS) for weaning failure in

收稿日期: 2025-11-28

* 基金项目: 四川省科技厅重点研发计划项目 (2023YFS0700)

[通信作者] 惠培育, E-mail: 13028512888@163.com

mechanically ventilated patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** A total of 118 ARDS patients receiving mechanical ventilation at The Second People's Hospital of Neijiang from January 2023 to January 2025 were enrolled and divided into a weaning success group ($n = 81$) and a weaning failure group ($n = 37$) based on outcomes. Diaphragmatic ultrasound was performed within 24 hours before weaning to record diaphragmatic excursion (DE) and diaphragmatic thickening fraction (DTF), along with respiratory mechanics parameters and LIPS scores. Differences between groups were compared, and multivariable logistic regression was used to identify independent risk factors for weaning failure. Receiver operating characteristic (ROC) curves were constructed to evaluate the predictive performance of the combined model. **Results** The duration of mechanical ventilation was significantly longer in the weaning failure group than in the weaning success group ($P < 0.05$). In addition, both the LIPS and Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II scores were significantly higher in the weaning failure group ($P < 0.05$). DE and DTF were significantly higher in the weaning success group than in the weaning failure group ($P < 0.05$). The $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ was also significantly higher in the weaning success group ($P < 0.05$). No significant differences were observed between the two groups in pH, arterial partial pressure of carbon dioxide, lactate level, respiratory rate, or oxygen saturation (all $P > 0.05$). Multivariable logistic regression analysis demonstrated that increased LIPS scores [$\hat{\text{OR}} = 3.546$ (95% CI: 1.400, 8.981)] and increased APACHE II scores [$\hat{\text{OR}} = 1.152$ (95% CI: 1.010, 1.315)] were independent risk factors for weaning failure in patients with ARDS. In contrast, increased DE [$\hat{\text{OR}} = 0.776$ (95% CI: 0.642, 0.938)], increased DTF [$\hat{\text{OR}} = 0.817$ (95% CI: 0.741, 0.901)], and increased $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ [$\hat{\text{OR}} = 0.966$ (95% CI: 0.934, 0.999)] were identified as protective factors against weaning failure in ARDS patients (all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the combination of DE, DTF, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, and LIPS scores yielded the highest area under the curve of 0.936 (95% CI: 0.890, 0.982), with a sensitivity of 83.8% (95% CI: 0.680, 0.938) and a specificity of 90.1% (95% CI: 0.815, 0.956). **Conclusion** The combination of diaphragmatic ultrasound dynamic parameters, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, and LIPS score effectively predicts weaning failure in ARDS patients, thereby providing an objective basis for clinical weaning decision-making.

Keywords: acute respiratory distress syndrome; diaphragmatic ultrasound; oxygenation index; lung injury prediction score; mechanical ventilation; weaning failure

急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 是由多种病因导致的严重呼吸衰竭, 其病理特征为弥漫性肺泡损伤和肺血管通透性增加, 临床表现为顽固性低氧血症和肺顺应性降低^[1]。机械通气是 ARDS 患者的主要治疗手段, 但脱机失败率高达 30%~40%, 可导致呼吸机相关性肺损伤和病死率显著升高^[2]。准确预测脱机结局对优化呼吸支持策略至关重要, 目前临床常用的脱机预测指标存在敏感性和特异性不足的局限性^[3]。

近年来, 床旁超声技术为呼吸肌功能评估提供了新方法, 其中膈肌超声动力学参数能客观反映膈肌收缩功能, 而肺损伤评分 (lung injury prediction score, LIPS) 可量化肺损伤程度^[4-5]。本研究拟探讨膈肌超声动力学联合氧合指数 (arterial oxygen partial pressure to fractional inspired oxygen ratio, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) 及 LIPS 评分在预测 ARDS 患者脱机失败中的临床价值, 为临床决策提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2023 年 1 月—2025 年 1 月内江市第二人民医院收治的 118 例 ARDS 行机械通气治疗的患者作为研究对象。本研究经医院伦理委员会批准 (2025RP-1127-15)。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①符合 ARDS 柏林诊断标准^[6]; ②年龄 ≥ 18 岁且预计机械通气时间 >48 h; ③入院时完成膈肌超声动力学检测及动脉血气分析; ④具有完整的临床资料和机械通气过程记录。

1.2.2 排除标准 ①合并严重神经系统疾病或神经肌肉接头病变; ②存在严重心律失常或血流动力学不稳定; ③2周内接受过胸腹部手术或存在膈神经损伤; ④合并终末期肝病、慢性肾衰竭或多器官功能衰竭; ⑤临床资料不全或无法配合完成膈肌超声检查。

1.3 方法

1.3.1 临床资料收集 本研究通过回顾性分析患

者电子病历系统及ICU监护记录,收集所有纳入患者的基本人口学特征包括年龄和性别,详细记录基础疾病史,如糖尿病、高血压、冠心病、慢性肾病及肿瘤等并发症情况,统计ICU住院时间和机械通气持续时间等相关指标,同时整理ARDS病因分类包括脓毒症、重度肺炎、休克及其他病因构成,并从入院首次评估记录中提取LIPS和急性生理与慢性健康评分II(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)等临床评分数据。①LIPS包含7项临床危险因素和8项预测指标,涉及氧合指数、胸部影像学改变、呼吸系统顺应性等关键参数,总分0~34分,评分越高表示患者发生急性肺损伤的风险越大,反映出更严重的肺部病理生理改变^[7];②APACHE II包含12项急性生理学变量、年龄因素及慢性健康状况评估,涉及体温、平均动脉压、动脉血pH值等重要生理指标,总分0~71分,评分越高表示患者病情危重程度及死亡风险越高,能有效反映患者的整体疾病严重程度^[8]。所有指标由2名经过培训的研究人员采用双盲法独立提取并交叉核对,以确保数据准确性。

1.3.2 膈肌超声动力学指标 患者均在计划实施自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)启动前2h内完成膈肌超声检查。采用高频线阵超声探头(频率7~12MHz),使用彩色多普勒超声诊断仪(美国GE Healthcare公司, LOGIQ E9型)通过M型超声及二维超声模式检测膈肌移动度(diaphragmatic excursion, DE)和膈肌厚度变化率(diaphragmatic thickening fraction, DTF)。患者取半卧位,平静呼吸时将探头垂直于胸壁置于右侧腋中线第8~10肋间获取膈肌最佳成像,M型超声记录呼气末和吸气末膈肌顶点位移距离即为DE,二维超声测量呼气末膈肌厚度(end-expiratory diaphragm thickness, Texp)和最大吸气末膈肌厚度(end-inspiratory diaphragm thickness, Tinsp)后计算DTF, $DTF = (T_{insp} - T_{exp}) / T_{exp} \times 100\%$,所有测量由2名经验丰富的超声科医师独立完成并取平均值。为评估膈肌超声参数测量的可靠性,随机抽取部分受试者的超声图像,由上述2名医师在不知晓患者临床资料及分组信息的情况下分别独立测量DE、DTF,采用组内相关

系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评价观察者间一致性。结果显示,DE和DTF的ICC均>0.85,提示膈肌超声动力学参数具有良好的一致性和重复性。

1.3.3 呼吸力学参数 采集患者桡动脉动脉血2mL,立即注入肝素抗凝采血管并避免气泡混入,采用动脉血气分析仪(丹麦Radiometer Medical ApS公司, ABL90 FLEX型)检测动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO₂)、动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)、pH值及乳酸(Lactate, Lac)。PaO₂/FiO₂通过测得的PaCO₂除以当前吸入氧浓度计算得出。患者呼吸频率(respiratory rate, RR)及血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂)由多参数监护仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司, BeneVision N15型)连续监测记录,其中SpO₂由同一监护仪配备的脉搏血氧探头测得。所有操作严格遵循重症医学科标准操作规程,并由ICU专职医护人员完成。

1.3.4 分组 患者在终止机械通气前均接受统一的SBT。SBT采用低水平压力支持通气模式,设置压力支持水平为5~7cmH₂O,呼气末正压为5cmH₂O,吸入氧浓度(fraction of inspired oxygen, FiO₂)≤40%。自主呼吸试验持续30min,在此期间持续监测患者的呼吸频率、潮气量、心率、血压、血氧饱和度及主观呼吸窘迫情况。脱机结局判定以48h为观察窗,成功标准为持续脱离机械通气支持且无须重启无创或有创通气干预;失败标准包括观察期内需要恢复机械通气支持或发生死亡事件^[9]。经严格评估,118例ARDS患者最终分为脱机成功组与脱机失败组,分别有81、37例。

1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0和R3.4.3统计软件。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用t检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验;影响因素的分析采用多因素一般Logistic回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较

成功组与失败组年龄、性别构成、糖尿病、

高血压、冠心病、慢性肾病、肿瘤、ICU 住院时间和 ARDS 病因构成比较, 经 t/χ^2 检验, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。成功组与失败组机械通气时间、LIPS 评分和 APACHE II 评分比较, 经 t 检验,

差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 失败组机械通气时间长于成功组, LIPS 评分和 APACHE II 评分均高于成功组。见表 1。

表 1 两组一般资料比较

组别	<i>n</i>	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	男/女/例	糖尿病 例(%)	高血压 例(%)	冠心病 例(%)	慢性肾病 例(%)	肿瘤 例(%)
成功组	81	58.24 ± 12.37	52/29	21(25.93)	33(40.74)	18(22.22)	6(7.41)	5(6.17)
失败组	37	60.83 ± 13.62	24/13	10(27.03)	16(43.24)	9(24.32)	3(8.11)	2(5.41)
t/χ^2 值		0.944	0.005	0.016	0.066	0.064	0.018	0.027
<i>P</i> 值		0.347	0.944	0.900	0.798	0.801	0.894	0.870

组别	ICU 住院时间/ (d, $\bar{x} \pm s$)	机械通气时间/ (d, $\bar{x} \pm s$)	ARDS 病因 例(%)				LIPS 评分 ($\bar{x} \pm s$)	APACHE II 评分 ($\bar{x} \pm s$)
			脓毒症	重度肺炎	休克	其他		
成功组	10.52 ± 3.28	6.38 ± 1.57	35(43.21)	28(34.57)	12(14.81)	6(7.41)	3.15 ± 0.82	21.43 ± 4.26
失败组	11.29 ± 3.74	8.24 ± 2.03	17(45.95)	13(35.14)	5(13.51)	2(5.41)	4.07 ± 0.91	24.58 ± 5.37
t/χ^2 值	1.132	5.431			0.226		5.461	3.426
<i>P</i> 值	0.260	0.000			0.973		0.000	0.001

2.2 两组膈肌超声动力学指标比较

成功组与失败组 DE、DTF 比较, 经 t 检验, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 成功组 DE、DTF 均高于失败组。见表 2。

2.3 两组呼吸力学参数比较

成功组与失败组 PaO₂/FiO₂ 比较, 经 t 检验, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 成功组 PaO₂/FiO₂ 水平高于失败组。两组 pH 值、PaCO₂、Lac、RR 及 SpO₂

表 2 两组膈肌超声动力学指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	DE/mm	DTF/%
成功组	81	16.75 ± 4.04	38.46 ± 6.83
失败组	37	13.32 ± 3.17	26.91 ± 7.52
<i>t</i> 值		4.991	8.255
<i>P</i> 值		0.000	0.000

比较, 经 t 检验, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 3。

表 3 两组呼吸力学参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	PaO ₂ /FiO ₂ /mmHg	pH 值	PaCO ₂ /mmHg	Lac/(mmol/L)	RR/(次/min)	SpO ₂ /%
成功组	81	121.47 ± 22.68	7.44 ± 0.05	34.26 ± 5.83	4.88 ± 1.43	23.15 ± 6.47	99.01 ± 0.51
失败组	37	108.93 ± 18.42	7.42 ± 0.06	32.97 ± 5.62	5.10 ± 1.62	25.38 ± 7.12	98.84 ± 0.73
<i>t</i> 值		2.946	1.891	1.128	0.743	1.683	1.459
<i>P</i> 值		0.004	0.061	0.262	0.459	0.095	0.147

2.4 ARDS 患者机械通气脱机失败的多因素一般 Logistic 回归分析

以机械通气脱机是否失败 (否=0, 是=1) 为因变量, 以机械通气时间 (实测值)、LIPS 评分 (实测值)、APACHE II 评分 (实测值)、DE (实测值)、DTF (实测值) 和 PaO₂/FiO₂ (实测值) 为自变量, 进行多因素一般 Logistic 回归分析 (引入水准为 0.05), 结果显示: LIPS 评分升高 [$\hat{O}R=3.546$

(95% CI: 1.400, 8.981)] 和 APACHE II 评分升高 [$\hat{O}R=1.152$ (95% CI: 1.010, 1.315)] 均为 ARDS 患者机械通气脱机失败的独立危险因素 ($P<0.05$); 而 DE 升高 [$\hat{O}R=0.776$ (95% CI: 0.642, 0.938)]、DTF 升高 [$\hat{O}R=0.817$ (95% CI: 0.741, 0.901)] 及 PaO₂/FiO₂ 升高 [$\hat{O}R=0.966$ (95% CI: 0.934, 0.999)] 均为 ARDS 患者机械通气脱机失败的保护因素 ($P<0.05$)。见表 4。

表 4 ARDS 患者机械通气脱机失败的多因素一般 Logistic 回归分析参数

自变量	b	S _b	Wald χ ² 值	P 值	OR 值	95% CI	
						下限	上限
LIPS 评分	1.266	0.474	7.131	0.008	3.546	1.400	8.981
APACHE II 评分	0.142	0.067	4.411	0.036	1.152	1.010	1.315
DE	-0.253	0.097	6.870	0.009	0.776	0.642	0.938
DTF	-0.202	0.050	16.471	0.000	0.817	0.741	0.901
PaO ₂ /FiO ₂	-0.035	0.017	4.120	0.042	0.966	0.934	0.999

2.5 各指标预测 ARDS 患者机械通气脱机失败的效能

ROC 曲线结果显示, DE、DTF、PaO₂/FiO₂ 及 LIPS 评分联合检测的曲线下面积 (area under the

curve, AUC) 为 0.936, 敏感性为 83.8% (95% CI: 0.680, 0.938), 特异性为 90.1% (95% CI: 0.815, 0.956)。见表 5 和图 1。

表 5 各指标预测 ARDS 患者机械通气脱机失败的效能

指标	最佳截断值	AUC	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
LIPS 评分	3.715 分	0.772	0.678	0.865	70.3	0.530	0.841	72.8	0.618	0.821
DE	16.025 mm	0.742	0.652	0.832	83.8	0.680	0.938	58.0	0.465	0.689
DTF	30.530%	0.878	0.810	0.946	73.0	0.559	0.956	90.1	0.815	0.956
PaO ₂ /FiO ₂	123.490 mmHg	0.673	0.570	0.776	86.5	0.712	0.955	49.4	0.381	0.607
联合		0.936	0.890	0.982	83.8	0.680	0.938	90.1	0.815	0.956

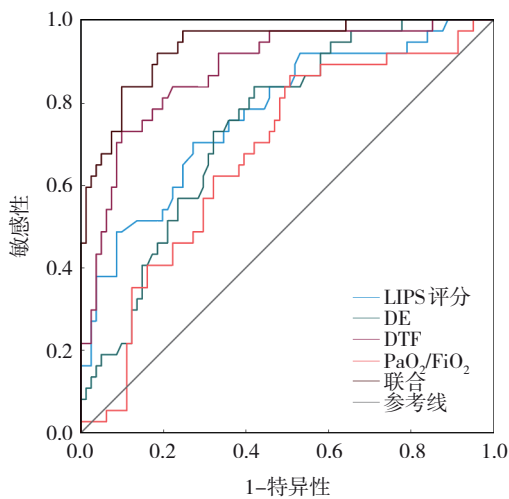


图 1 各指标预测 ARDS 患者机械通气脱机失败的 ROC 曲线

3 讨论

ARDS 是由肺内或肺外因素引发的急性弥漫性炎症性肺损伤, 其特征为顽固性低氧血症、肺顺应性降低及双肺弥漫性渗出性病变^[10]。ARDS 患者由于肺泡-毛细血管屏障破坏、肺水肿形成及表面

活性物质减少, 常需机械通气支持以维持氧合和通气功能^[11]。脱机失败涉及多因素机制, 膈肌因长期机械通气而发生失用性萎缩和收缩力下降; 肺部原发病变导致氧合功能障碍; 呼吸驱动与负荷失衡引发呼吸肌疲劳^[12]。在此背景下, 膈肌超声动力学参数能直接反映膈肌收缩功能, 氧合指数客观评估了肺气体交换能力, 肺损伤评分量化了肺实质损伤程度^[13]。三者联合可全面评估呼吸系统病理生理状态, 为预测脱机结局提供多维度的客观依据。本研究通过整合上述指标建立预测模型, 旨在提高脱机决策的准确性, 减少不必要的通气延长和脱机失败相关并发症。陈伟等^[14]指出, 合并慢性阻塞性肺疾病的 ARDS 患者由于长期气流受限、肺过度充气及呼吸肌力学效率下降, 呼吸储备能力明显受限, 在脱机过程中更易出现通气负荷与呼吸肌能力失衡, 从而增加脱机失败风险。与此同时, 本研究发现脱机失败组机械通气时间延长, 提示该类患者原发病情更为复杂、病程迁延。既往研究证实, 长期机械通气可诱发呼吸机

相关性膈肌功能障碍，并加重肺组织应激损伤，进一步削弱自主呼吸能力，为脱机失败埋下隐患。较高的 LIPS 评分提示失败组患者在入院早期即存在更显著的肺损伤风险和更严重的肺实质病变范围，YANG 等^[15]研究亦证实，LIPS 评分升高与 ARDS 发生及不良预后密切相关。APACHE II 评分升高则反映患者整体病情危重程度及全身炎症反应水平更高，多器官功能储备不足。程志鹏等^[16]亦报道其与 ARDS 患者预后不良显著相关。本研究结果在既往研究基础上进一步证实，基础肺功能受损、病情危重程度增加及肺损伤风险升高是脱机失败的重要临床背景因素，为后续将呼吸肌功能与肺损伤程度联合评估提供了临床依据。

失败组患者 DE 和 DTF 降低，直接反映了该组患者存在更严重的膈肌功能障碍。DE 下降表明膈肌收缩幅度不足，可能源于长期机械通气导致的失用性萎缩或神经肌肉传导异常。DTF 降低则提示膈肌收缩效率下降，可能与肌纤维结构改变、能量代谢障碍或兴奋-收缩耦联异常有关^[17]。这种膈肌力学性能的伤害使患者难以产生足够的负压来维持自主通气，特别是在合并肺部病变导致呼吸负荷增加的情况下，最终导致脱机失败。失败组患者表现出较低的 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ，这一指标综合反映肺泡通气效率和氧合功能的整合状态。 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 下降提示该组患者存在更严重的肺泡通气/血流比例失调，可能源于更广泛的肺实质损伤、肺泡塌陷或肺微循环障碍^[18]。这种病理改变导致二氧化碳排出效率降低和氧合功能障碍，即使在相同 FiO_2 条件下仍需更高的分钟通气量来维持正常 PaCO_2 水平，从而增加了呼吸肌负荷。当患者尝试脱离机械通气时，这种潜在的肺功能储备不足使其难以代偿自主呼吸状态下增加的呼吸功，最终导致脱机失败^[19]。这一发现凸显了 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 作为评估肺功能储备和预测脱机结局的特异性指标价值^[20]。

本研究中多因素一般 Logistic 回归分析结果显示，LIPS 评分升高及 APACHE II 评分升高均是脱机失败的独立危险因素，提示疾病严重程度、肺损伤风险及整体病情危重程度增加；而较高的 DE、DTF 水平及 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 为脱机失败的独立保护因素，反映膈肌收缩功能及肺气体交换能力相对保留，有利于耐受自主呼吸负荷。在此基础上构建的联

合预测模型整合呼吸肌功能、肺气体交换能力及肺损伤风险等多维信息，实现了对呼吸系统状态的全面评估，其良好的预测效能证实了多参数联合评估策略的临床价值，有助于精准识别高风险患者并优化脱机决策。

近年来，床旁肺部超声评分 (lung ultrasound score, LUS) 与膈肌超声的联合模型被用于脱机结局预测，其核心逻辑在于：LUS 主要反映肺通气含气量/复张状况与间质-肺泡水肿负荷，而膈肌超声反映呼吸肌收缩储备，两者在“肺负荷-肌力供给”维度具有互补性^[21-22]。SONG 等^[23]在低水平压力支持通气 SBT 框架下发现，前外侧 LUS 升高与 DTF 降低均与脱机失败相关，提示“肺复张不足+膈肌收缩受限”的组合更易导致脱机失败。另一方面，系统性评价与 Meta 分析亦显示，LUS 对拔管/脱机失败具有较高诊断准确性，支持将其作为脱机风险分层的重要补充工具^[24]。MARQUES 等^[25]对膈肌超声评估与撤机结局的研究证据进行综述后指出，膈肌超声整体具有较好的预测效能，可作为传统指标之外的重要补充。

但本研究仍存在一定局限性：其一，为单中心回顾性研究，可能影响结论的外部效度；其二，总样本量及脱机失败组例数相对有限，多因素模型中纳入变量较多，可能在一定程度上影响模型稳定性与统计效能；其三，未能纳入镇静镇痛用药等潜在混杂因素进行分析。未来仍需开展多中心、大样本前瞻性研究，对模型的稳健性与泛化能力进行验证，并进一步优化预测模型的临界值与权重系数；同时可探索将人工智能技术应用于超声参数自动测量和模型计算，验证基于该预测模型的个体化脱机策略是否能够真正改善患者预后。

综上所述，本研究建立了基于膈肌超声动力学、氧合指数和肺损伤评分的多参数预测模型，该模型具有客观、可重复的特点，适用于各级医疗机构对 ARDS 患者脱机风险的评估。

参 考 文 献：

- [1] 马琼, 叶飞, 李臻阳, 等. 基于电阻抗断层成像技术设定呼气末正压对急性呼吸窘迫综合征患者肺功能及肺部并发症的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(19): 1-8.
- [2] 翁一如, 董绍筠, 刘盼盼, 等. 重症急性胰腺炎合并急性呼吸窘

- 迫综合征患者撤机结局预测指标的价值分析[J]. 浙江医学, 2024, 46(22): 2366-2372.
- [3] 郭闯, 储蕴, 张凤香, 等. 膈肌增厚分数与肺部超声评分预测老年急性呼吸窘迫综合征患者撤机结局的可行性分析[J]. 中华急诊医学杂志, 2025, 34(5): 723-728.
- [4] 宝凌云, 李明盼. 肺部超声评分、膈肌超声联合常规指标预测小儿重症肺炎并发 ARDS 的价值[J]. 昆明医科大学学报, 2025, 46(3): 110-116.
- [5] 冯帆, 冀志红, 孟庆庆, 等. 肺损伤预测评分联合红细胞分布宽度预测急性呼吸窘迫综合征预后[J]. 中国临床研究, 2023, 36(4): 553-557.
- [6] ARDS Definition Task Force, RANIERI V M, RUBENFELD G D, et al. Acute respiratory distress syndrome: the berlin definition[J]. JAMA, 2012, 307(23): 2526-2533.
- [7] BAUMAN Z M, GASSNER M Y, COUGHLIN M A, et al. Lung injury prediction score is useful in predicting acute respiratory distress syndrome and mortality in surgical critical care patients[J]. Crit Care Res Pract, 2015, 2015: 157408.
- [8] SHANG X K, WANG Y G. Comparison of outcomes of high-flow nasal cannula and noninvasive positive-pressure ventilation in patients with hypoxemia and various Apache II scores after extubation[J]. Ther Adv Respir Dis, 2021, 15: 17534666211004235.
- [9] 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.
- [10] BOUMANS M M A, AERTS W, PISANI L, et al. Diagnostic accuracy of lung ultrasound in diagnosis of ARDS and identification of focal or non-focal ARDS subphenotypes: a systematic review and meta-analysis[J]. Crit Care, 2024, 28(1): 224.
- [11] 朱红燕, 张莹, 刘红红, 等. 氧合指数、功能残气量及最佳呼气末正压水平与 ARDS 患者机械通气预后的关系和预测价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2025, 24(4): 376-380.
- [12] 周倩, 徐颖, 顾勤, 等. 基于心脏、肺、膈肌超声多模态参数预测危重症患者机械通气脱机结局[J]. 中华超声影像学杂志, 2024, 33(7): 573-579.
- [13] 赵峰, 沈子渊, 杨翠, 等. LIPS 评分联合 APACHEII 评分和氧合指数预测 ARDS 发生模型的建立和验证[J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34(10): 1048-1054.
- [14] 陈伟, 宋立强. 肺源性急性呼吸窘迫综合征患者预后影响因素研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2020, 28(1): 43-48.
- [15] YANG J, WEI A, WU B, et al. Predictive value of combination of lung injury prediction score and receptor for advanced glycation end-products for the occurrence of acute respiratory distress syndrome[J]. Exp Ther Med, 2024, 27(1): 4.
- [16] 程志鹏, 陈镜伊, 刘雯丽, 等. 细胞分布宽度与白蛋白比值对重症肺炎所致急性呼吸窘迫综合征预后的预测价值[J]. 解放军医学院学报, 2024, 45(4): 357-361.
- [17] 邱显鹏, 黄小勇, 汪飞. 肺部超声评分联合膈肌超声评估 ARDS 患者病情严重程度及预测预后的价值分析[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2024, 19(9): 1160-1165.
- [18] 周峰, 尹其翔, 魏法星, 等. 血清水通道蛋白 1 水平联合血管外肺水指数对脓毒症致急性呼吸窘迫综合征的价值[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(17): 2483-2488.
- [19] 王瑶, 王俊, 赵小东, 等. 肺部超声联合下腔静脉呼吸变异率对有创机械通气脱机指征评估的临床应用[J]. 四川医学, 2025, 46(3): 312-315.
- [20] 李志昂, 蒋一领, 李佩芳, 等. 根据呼吸力学设定呼吸机参数对非 ARDS 机械通气患者的临床指导价值[J]. 中国急救医学, 2025, 45(5): 438-443.
- [21] 李天远, 田影, 龙鼎德, 等. 基于床旁肺与膈肌超声构建可解释机器学习模型对胃肠道肿瘤手术患者术前肺功能的预测价值[J]. 实用医学杂志, 2025, 41(24): 3929-3939.
- [22] 曾娟利, 蒋润梅, 谢燕芝. 肺联合膈肌超声在预测有创机械通气撤离中的价值[J]. 国际呼吸杂志, 2022, 42(21): 1641-1646.
- [23] SONG J, LUO Q C, LAI X L, et al. Combined cardiac, lung, and diaphragm ultrasound for predicting weaning failure during spontaneous breathing trial[J]. Ann Intensive Care, 2024, 14(1): 60.
- [24] ZHANG Z Y, GUO L, WANG H W, et al. Diagnostic accuracy of lung ultrasound to predict weaning outcome: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Med (Lausanne), 2024, 11: 1486636.
- [25] MARQUES M R, PEREIRA J M, PAIVA J A, et al. Ultrasonography to assess diaphragm dysfunction and predict the success of mechanical ventilation weaning in critical care: a narrative review[J]. J Ultrasound Med, 2024, 43(2): 223-236.

(李科 编辑)

本文引用格式: 王勇, 惠培育. PaO₂/FiO₂及LIPS对急性呼吸窘迫综合征患者机械通气脱机失败的预测价值[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(12): 27-33.

Cite this article as: WANG Y, HUI P Y. Predictive value of PaO₂/FiO₂ and lung injury prediction score for weaning failure in mechanically ventilated patients with acute respiratory distress syndrome[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(12): 27-33.