

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.23.021

呼吸机相关性肺炎患者预后不良的风险预测^{*}

焦戎冠¹, 顾 群^{1△}, 周 岚¹, 刘 洋¹, 陆 晶¹, 陈 健¹, 张 冲²

海军特色医学中心; 1. 重症医学科; 2. 烧伤整形外科, 上海 200052

摘 要:目的 探讨呼吸机相关性肺炎(VAP)患者预后不良的影响因素。方法 选取 2019 年 11 月至 2023 年 10 月该院收治的机械通气并发 VAP 病情持续恶化放弃治疗及死亡(预后不良)患者 80 例作为研究组。另选取与研究组住院时间相近的 240 例机械通气并发 VAP 预后良好患者作为对照组。比较 2 组临床资料。采用多因素 Logistic 回归分析 VAP 患者预后不良的影响因素。采用列线图进行随机森林机器学习算法的风险模型预测。采用受试者工作特征(ROC)曲线进行 VAP 患者预后不良风险预测模型的验证。**结果** 研究组机械通气时间长于对照组, 肠内营养支持、气管插管次数、急性生理学与慢性健康状况评价Ⅱ(APACHEⅡ)评分、肺部感染(CPIS)评分、C 反应蛋白(CRP)水平, 以及低蛋白血症、意识障碍的发生情况患者比例均高于对照组, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 机械通气时间、APACHEⅡ评分、CPIS 评分、意识障碍、低蛋白血症均为 VAP 预后不良的影响因素($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, 列线图模型预测 VAP 患者预后不良的曲线下面积为 0.881。**结论** VAP 患者预后不良的影响因素包括机械通气时间、APACHEⅡ评分、CPIS 评分、意识障碍、低蛋白血症, 内部验证构建的列线图风险预测模型经验证效能良好。

关键词:呼吸机相关性肺炎; 预后不良; 影响因素; 风险预测; 列线图模型

中图法分类号:R563.1;R563.9

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)23-3283-06

Risk prediction of poor outcome in patients with ventilator-associated pneumonia^{*}

JIAO Rongguan¹, GU Qun^{1△}, ZHOU Lan¹, LIU Yang¹, LU Jing¹, CHEN Jian¹, ZHANG Chong²

1. Department of Critical Care Medicine; 2. Department of Burns and Plastic Surgery, Naval Medical Center, Shanghai 200052, China

Abstract: **Objective** To investigate the influencing factors of poor prognosis in patients with ventilator-associated pneumonia (VAP). **Methods** From November 2019 to October 2023, 80 patients with mechanical ventilation complicated with VAP who gave up treatment and died (poor prognosis) admitted to the hospital were selected as the study group. Another 240 patients with good prognosis of mechanical ventilation complicated with VAP who had similar length of hospital stay as the study group were selected as the control group. The clinical data of the two groups were compared. Multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors of poor prognosis in patients with VAP. Nomogram was used to predict the risk model of random forest machine learning algorithm. Receiver operating characteristic (ROC) curve was used to verify the risk prediction model for poor prognosis of VAP patients. **Results** The time of mechanical ventilation in the study group was longer than that in the control group, and the enteral nutrition support, the number of tracheal intubation, acute physiology and chronic health evaluation (APACHEⅡ) score, pulmonary infection (CPIS) score, C reactive protein (CRP) level, and the proportion of patients with hypoproteinemia and disturbance of consciousness in the study group were higher than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that the duration of mechanical ventilation, APACHEⅡ score, CPIS score, disturbance of consciousness and hypoproteinemia were the influencing factors of poor prognosis of VAP ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve of the nomogram model predicting poor prognosis of VAP patients was 0.881. **Conclusion** The influencing factors of poor prognosis of VAP patients included mechanical ventilation time, APACHEⅡ score, CPIS score, disturbance of consciousness and hypoproteinemia. The nomogram risk prediction model constructed by internal validation proved to be effective.

^{*} 基金项目: 海军特色医学中心科技项目(22M4102)。

作者简介: 焦戎冠, 女, 主管护师, 主要从事重症护理方面研究。 △ 通信作者, E-mail: gq1975@sohu.com。

引用格式: 焦戎冠, 顾群, 周岚, 等. 呼吸机相关性肺炎患者预后不良的风险预测[J]. 检验医学与临床, 2025, 22(23): 3283-3288.

Key words: ventilator-associated pneumonia; poor prognosis; influencing factor; risk prediction; nomogram model

呼吸机相关肺炎(VAP)指患者接受机械通气治疗 48 h 后至停用机械通气、拔除人工气道后 48 h 内发生肺实质感染性炎症^[1-2]。对需要气管切开或气管插管的患者进行机械通气时,因微生物定植于口咽部,细菌经体位引流、吸痰等操作到达下呼吸道,可引起 VAP^[3-4]。机械通气抢救过程中一旦发生 VAP 不仅会延长机械通气时间,而且还会增加患者住院费用及病死率^[5-6]。有研究表明,重症监护室(ICU)机械通气患者 VAP 的发生率可达 5%~28%,虽然目前采取了调整通气方式、调整床位等一系列措施控制发生 VAP 风险,但仍未降低患者病死率,未能取得理想效果,给整个医疗体系带来严重负担^[7]。因此,及时、精确地评估 VAP 患者预后不良的风险,识别出最可能需要加强治疗或干预的患者,对于改善患者预后意义重大,能有效提高治疗成功率。基于此,本研究使用基线临床特征建立了一个 VAP 预后不良的预测模型并进行内部验证,同时评估 VAP 发生预后不良的影响因素,以期对相关研究提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 采用病例对照研究,选取 2019 年 11 月至 2023 年 10 月本院收治的实施机械通气并发 VAP 病情持续恶化放弃治疗及死亡(预后不良)患者 80 例作为研究组。在机械通气并发 VAP 患者中,按 1:3 匹配原则,选择与研究组住院时间相近(± 1 周)的 240 例机械通气并发 VAP 预后良好患者作为对照组,匹配条件为年龄 ± 1 岁。研究组纳入标准:(1)机械通气时间 >48 h;(2)符合 VAP 诊断标准^[8];(3)影像学检查结果显示肺部内出现浸润阴影或显示新的炎症病变,外周血白细胞计数 $>10.0 \times 10^9/L$ 或 $<4.0 \times 10^9/L$,体温 $>37.5^\circ\text{C}$ 或 $<35.5^\circ\text{C}$ ^[9];(4)年龄 >18 岁;(5)临床资料完整。排除标准:(1)机械通气治疗前已被证实存在肺部感染;(2)入院 48 h 内发生死亡;(3)患有精神疾病;(4)合并恶性肿瘤;(5)存在凝血功能障碍疾病;(6)存在心脏功能不全等既往病史;(7)伴有肾功能严重不全;(8)合并支气管哮喘;(9)中途退出实验。所有研究对象及其亲属均知情同意本研究并签署知情同意书。本研究符合本院医学伦理委员会审核标准(2025101701)。

1.2 方法

1.2.1 常规干预 所有患者根据呼吸道痰培养结果予以针对性的抗菌药物治疗,同时实施吸氧、雾化操作,并给予营养支持疗法,以常规剂量 30 mg/次的盐酸氨溴索(山东方明药业集团股份有限公司,批准文号:国药准字 H20133242,规格为 2 mL:15 mg*10 支注射剂)静脉注射给药,3 次/d,持续时间为 2 周。

1.2.2 临床资料收集 通过面对面访谈、电话访谈、网络问卷的方式收集所有研究对象性别、年龄、体质

量指数(BMI)、文化程度、吸烟情况、酗酒情况。通过医疗记录查阅肠内营养情况、机械通气时间、气管插管次数、有无高血压、有无糖尿病史、有无高血脂、低蛋白血症情况、意识障碍、相关疾病评分情况。

1.2.3 相关疾病评分 所有患者于常规干预 1 周后,以急性生理学与慢性健康状况评价 II (APACHE II) 评分^[10] 对患者急性生理学、年龄、慢性健康方面进行评估,评分 >20 分为重度,评分 10~20 分为中度,评分 <10 分为轻度;肺部感染(CPIS)评分^[11],从患者体温、白细胞计数、气管分泌物、氧合情况、胸肺影像学检查结果及气管吸取物培养结果等方面以评分形式记录肺部感染情况,评分 10~12 分为重度,评分 6~ <10 分为中度,评分 <6 分为轻度。

1.2.4 实验室指标检测 所有患者于常规干预 1 周后,采集清晨空腹静脉血 3 mL,以 3 000 r/min 的速度持续离心 10 min,取得上层血清,以酶联免疫吸附试验检测血清清蛋白(ALB)、降钙素原(PCT)、C 反应蛋白(CRP)、血中性粒细胞(NEUT)、血红蛋白(HB)、血肌酐(Scr)、血清总胆红素(TBIL)、血尿素氮(BUN)水平及血小板计数(PLT),以荧光磁微粒酶免法检测脑钠肽(BNP)水平。

1.3 统计学处理 采用 SPSS25.0 统计软件进行数据处理与统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验。计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析 VAP 患者预后不良的影响因素。采用 Nomogram 列线图进行随机森林机器学习算法的风险模型预测,无外部验证集, Hosmer-Lemeshow 进行内部验证。采用受试者工作特征(ROC)曲线进行 VAP 患者预后不良风险预测模型的验证。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究组与对照组基线资料比较 研究组与对照组年龄、BMI、性别、文化程度、高血压病史、糖尿病病史、高血脂病史、吸烟、酗酒的发生情况比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);研究组机械通气时间长于对照组,肠内营养支持、气管插管次数,以及低蛋白血症、意识障碍的发生情况患者比例均高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

2.2 研究组与对照组相关评分及实验室指标比较 研究组与对照组血清 NEUT、HB、TBIL、ALB、PCT、Scr、BUN、BNP 水平、PLT 比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);研究组 APACHE II 评分、CPIS 评分、CRP 水平均高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

2.3 多因素 Logistic 回归分析 VAP 预后不良影响因素 以预后为因变量(预后不良=1,预后良好=

0),以表 1、2 中差异有统计学意义的变量作为自变量(赋值见表 3)进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,机械通气时间、APACHE II 评分、CPIS 评分、意识障碍、低蛋白血症均为 VAP 预后不良的影响因素($P<0.05$)。见表 3、4。

表 1 研究组与对照组基线资料比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $n(\%)$]

组别	<i>n</i>	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	机械通气时间(d)	气管插管次数(次)	性别	
						男	女
对照组	240	52.67±7.32	24.39±8.61	2.03±0.25	1.38±0.65	165(68.75)	75(31.25)
研究组	80	53.04±6.15	24.56±8.87	2.64±0.39	3.55±0.41	51(63.75)	29(36.25)
<i>t/χ²</i>		−0.407	−0.152	−16.230	−28.040	0.684	
<i>P</i>		0.685	0.879	<0.001	<0.001	0.408	

组别	<i>n</i>	文化程度		肠内营养支持		高血压		糖尿病	
		初中及以下	高中及以上	有	无	有	无	有	无
对照组	240	55(22.92)	185(77.08)	160(66.67)	80(33.33)	105(43.75)	135(56.25)	116(48.33)	124(51.67)
研究组	80	17(21.25)	63(78.75)	52(65.00)	28(35.00)	48(60.00)	32(40.00)	42(52.50)	38(47.50)
<i>t/χ²</i>		0.096		24.831		0.451		0.417	
<i>P</i>		0.757		<0.001		0.502		0.519	

组别	<i>n</i>	高血脂		吸烟史		酗酒史		低蛋白血症		意识障碍	
		有	无	有	无	有	无	有	无	有	无
对照组	240	98(40.83)	142(59.17)	84(35.00)	156(65.00)	63(26.25)	177(73.75)	60(25.00)	180(75.00)	75(31.25)	165(68.75)
研究组	80	33(41.25)	47(58.75)	29(36.25)	51(63.75)	23(28.75)	57(71.25)	52(65.00)	28(35.00)	53(66.25)	27(33.75)
<i>t/χ²</i>		0.066		0.041		0.191		42.200		30.363	
<i>P</i>		0.948		0.839		0.662		<0.001		<0.001	

表 2 研究组与对照组相关评分及实验室指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	<i>n</i>	APACHE II 评分(分)	CPIS 评分(分)	ALB(g/L)	PCT(ng/mL)	CRP(pg/mL)	NEUT($\times 10^9$ /L)
对照组	240	11.25±1.68	6.07±0.52	30.36±3.67	3.51±0.31	89.46±8.14	85.66±7.71
研究组	80	19.38±3.49	10.51±1.23	30.13±3.48	3.42±1.57	94.16±9.37	86.14±6.78
<i>t</i>		−27.760	−45.200	0.492	0.843	−4.302	−0.496
<i>P</i>		<0.001	<0.001	0.623	0.400	<0.001	0.619

组别	<i>n</i>	HB(g/L)	TBIL(μmol/L)	PLT($\times 10^9$ /L)	Scr(μmol/L)	BUN(mmol/L)	BNP(pg/mL)
对照组	240	95.38±15.56	35.12±4.33	93.25±7.41	75.94±3.35	11.42±1.58	53.15±5.38
研究组	80	93.21±15.42	35.46±4.57	92.77±7.83	76.27±2.49	11.31±1.45	52.87±6.14
<i>t</i>		1.083	−0.599	0.495	−0.809	0.550	0.389
<i>P</i>		0.279	0.549	0.621	0.419	0.583	0.698

表 3 赋值		
项目	变量	赋值
机械通气时间	连续变量	实际值
肠内营养支持	分类变量	无=1,有=0
气管插管次数	连续变量	实际值
APACHE II 评分	连续变量	实际值
CPIS 评分	连续变量	实际值
意识障碍	分类变量	无=1,有=0
CRP	连续变量	实际值
低蛋白血症	分类变量	无=0,有=1

2.4 构建 VAP 预后不良患者的列线图风险预测模型 根据多因素 Logistic 回归分析筛选出的变量,进行列线图风险预测模型构建,对每个患者通过评分卡评分,总得分为每个变量分值之和,对 VAP 预后不良进行评估。见图 1。

2.5 验证列线图模型效能 根据多因素 Logistic 回归分析筛选出的机械通气时间、APACHE II 评分、CPIS 评分、意识障碍、低蛋白血症 5 个独立影响因素,构建 VAP 预后不良风险预测模型。模型表达式如下:PI=0.475 $X_{\text{机械通气时间}}$ +0.524 $X_{\text{APACHE II 评分}}$ +0.425 $X_{\text{CPIS 评分}}$ +0.419 $X_{\text{意识障碍}}$ +0.583 $X_{\text{低蛋白血症}}$

$0.518X_{\text{意识障碍}} + 0.715X_{\text{低蛋白血症}} - 10.234$ (注:PI 值越大,VAP 患者预后不良的风险越高)。采用 Hosmer-Lemeshow 检验对模型进行内部验证,结果显示 $\chi^2 = 6.325, P = 0.617$,表明模型拟合优度良好,预测值与实际观察值之间无显著差异。

以研究组为阳性样本,一对照组作为阴性样本绘

制 ROC 曲线评估模型的诊断价值,结果显示,ROC 曲线下面积 (AUC) 为 0.881 (95% CI: 0.814 ~ 0.948),其中最佳截断值对应的灵敏度为 82.5%,特异度为 80.0%,提示该模型对 VAP 患者预后不良风险具有较高的预测准确率。校准曲线分析显示,预测概率与实际概率之间的偏差较小。见图 2。

表 4 多因素 Logistic 回归分析 VAP 预后不良影响因素

因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	OR 的 95%CI
常数项	-10.234	2.156	22.678	<0.001	—	—
机械通气时间	0.775	0.614	1.593	0.037	2.171	0.571~8.246
肠内营养支持	0.534	0.682	0.614	0.245	1.706	0.532~5.467
气管插管次数	0.621	0.568	1.195	0.312	1.861	0.646~5.362
APACHE II 评分	0.924	0.601	2.363	0.006	2.519	0.554~11.479
CPIS 评分	0.823	0.515	2.553	0.015	2.277	0.704~7.372
意识障碍	0.918	0.726	1.598	0.002	2.504	0.406~15.469
CRP	0.312	0.544	0.328	0.226	1.366	0.649~2.874
低蛋白血症	0.715	0.413	2.997	0.021	2.044	0.878~4.761

注:—表示无数据。

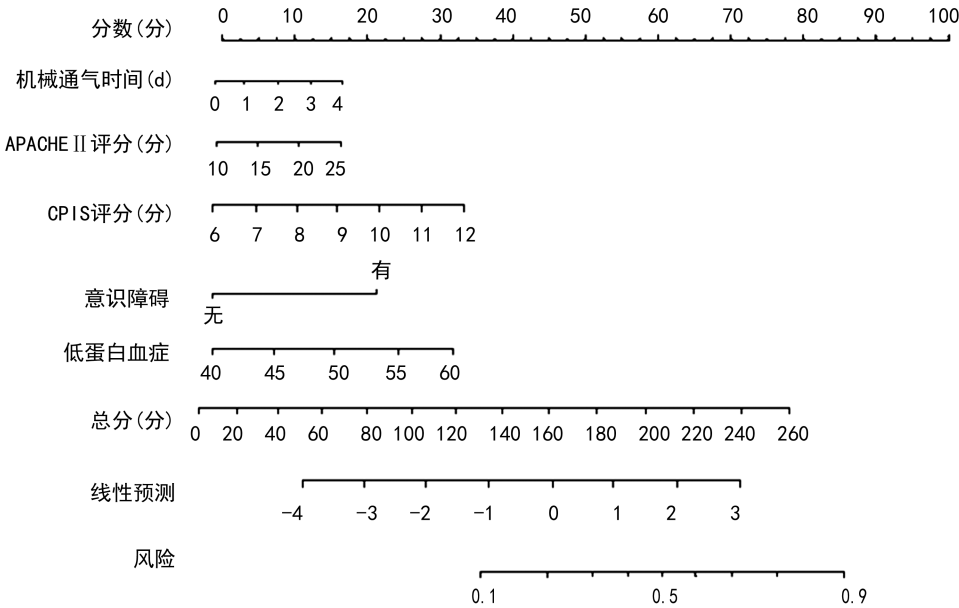


图 1 构建 VAP 预后不良的列线图风险预测模型

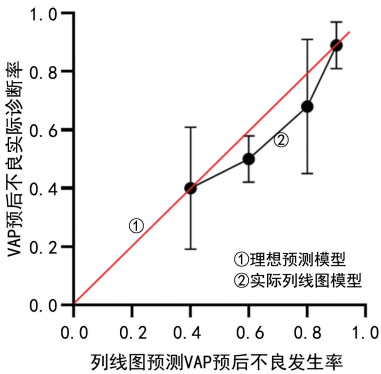


图 2 预测概率与实际概率关系的校准曲线

3 讨 论

VAP 是危重症患者机械通气过程中的严重并发

症,具有较高病死率。VAP 患者在治疗期间易受各种因素的影响,致使其可能发生严重的预后不良事件,因此,在治疗期间应给予患者严密监控,力求对患者的预后效果发挥预测作用^[12-15]。本研究从基线资料和相关评分及实验室指标不同维度寻找 VAP 患者发生预后不良的独立影响因素,模型最终呈现了机械通气时间、APACHE II 评分、CPIS 评分、意识障碍、低蛋白血症等 5 个因素,经列线图模型效能验证发现本文构建的预测模型具有较高临床实用性,有利于为 VAP 患者发生预后不良的预测提供工具。

APACHE II 评分与 VAP 病情程度正相关,评分越高,患者的身体素质越差,CPIS 评分从体温、白细胞计数、肺部浸润阴影进展情况等方面进行评估,评

分下降,提示治疗有效^[16-19]。机械通气时间延长可能因人工气道的应用破坏正常的气道结构,促进 VAP 患者预后不良的发生、发展。本研究结果显示,研究组患者 APACHE II 和 CPIS 评分高于对照组,说明 APACHE II 评分、CPIS 评分可间接或直接反映 VAP 的严重程度。APACHE II 评分高于 15 分是机体发生感染和 VAP 的概率增加,其可作为肺炎发生的影响因素之一^[20-23]。有研究表明,VAP 感染程度越重,CPIS 评分越高,且该评分能对无创通气疗效进行预测,并能监测抗菌药物使用是否合理,监控 VAP 的死亡风险^[24]。李玉娟等^[25]对 VAP 耐药菌感染进行多因素 Logistic 回归分析结果显示,机械通气时间可作为 VAP 患者预后不良的重要影响因素,与本文研究一致。许朝颖等^[26]认为根据机械通气时间、免疫情况等风险因素对高危患儿进行目标性监测,有助于减少抗菌药物使用率、降低 VAP 发生率。

存在意识障碍患者往往病情非常严重,吞咽、咳嗽等自身保护性反射消失,易发生误吸而导致 VAP 的发生,有研究表明,机械通气时间长、意识障碍等均是发生 VAP 的危险因素^[27-29]。低蛋白血症患者免疫功能低下,机体抵御病原菌侵袭的能力较低,因此机械通气治疗过程中更易发生 VAP^[30]。本研究结果显示,研究组意识障碍病理发生患者比例高于对照组,说明存在意识障碍及发生低蛋白血症可能诱导 VAP 预后不良。李学莉等^[31]研究发现 APACHE II 评分持续处于增高状态,可能导致 VAP 患者机械通气和住院时间延长,不利于患者预后,该研究与本文研究结果一致。相关研究发现 APACHE II 评分、低蛋白血症等联合预测因子预测机械通气发生具有较高预测效能^[32]。

列线图是模型预测的方法之一,通过量化每个变量的比重,对某个疾病的发病风险进行评估、计算^[33-34]。临床工作者基于患者资料与构建的列线图上的预测变量比较,本文主要包括机械通气时间、APACHE II 评分、CPIS 评分、意识障碍、低蛋白血症 5 项指标,ROC 曲线预测表明该模型具有较好的灵敏度。本文建立的列线预测模型的 AUC 为 0.881,校准曲线分析风险预测模型的预测结果与实际观察结果基本吻合,提示模型具有较好的校准度。罗欣悦等^[35]应用 ROC 曲线对 ICU 机械通气患者 VAP 风险预测模型进行评估的 AUC 为 0.806,又以 Hosmer-Lemeshow 检验该模型的拟合优度 P 值为 0.812,提示模型准确度较好。本文与该研究结果存在一致性。陈悦等^[7]采用 ROC 曲线分析机械通气后 48 h 患者 CPIS 评分联合预测 VAP 风险发生的 AUC 为 0.837,提示其可明显增加危重患者 VAP 发生风险。王锦栋等^[36]对合并 2 型糖尿病的 ICU 机械通气患者发生 VAP 的风险进行了多因素 Logistic 回归分析,

认为合并发生 VAP 的影响因素包括 APACHE II 评分、ICU 住院时间等,并经校准曲线验证预测值与实际观测值基本一致。

综上所述,机械通气时间、APACHE II 评分、CPIS 评分、意识障碍、低蛋白血症是 VAP 预后不良的独立影响因素,构建的列线图风险预测模型经验证效能良好,有助于提高对 VAP 预后不良的个体化预测。但本文存在一定不足,由于样本量较小,未进行更多的实验分组和检测,可能对结果产生一定影响,故后续将通过扩大样本量、延长实验时间进一步完善研究结论。

参考文献

- [1] 甘文思,黄一睿,王笑青,等.基于机器学习的 ICU 老年患者呼吸机相关肺炎风险预测模型的构建及评价[J].中华医院感染学杂志,2025,35(2):290-296.
- [2] ROSENTHAL V D, MEMISH Z A, BEARMAN G. Preventing ventilator-associated pneumonia: a position paper of the international society for infectious diseases, 2024 update[J]. Int J Infect Dis, 2025, 151: 107305.
- [3] DAHYOT-FIZELIER C, LASOCKI S, KERFORNE T, et al. Ceftriaxone to prevent early ventilator-associated pneumonia in patients with acute brain injury: a multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled, assessor-masked superiority trial[J]. Lancet Respir Med, 2024, 12(5): 375-385.
- [4] 徐莉,张蒙,张东亚.老年慢性阻塞性肺疾病合并呼吸衰竭机械通气患者呼吸机相关性肺炎发生的驱动影响因素模型构建及护理干预策略探讨[J].中国医药导报,2023,20(32):139-143.
- [5] MO Y, BOORAPHUN S, LI A Y, et al. Individualised, short-course antibiotic treatment versus usual long-course treatment for ventilator-associated pneumonia (REGARD-VAP): a multicentre, individually randomised, open-label, non-inferiority trial[J]. Lancet Respir Med, 2024, 12(5): 399-408.
- [6] GUILLAMET C V, KOLLEF M H. Is Zero ventilator-associated pneumonia achievable? Updated practical approaches to ventilator-associated pneumonia prevention[J]. Infect Dis Clin North Am, 2024, 38(1): 65-86.
- [7] 陈悦,刘小煜.血清 PCT、NLR、PLR 及 CPIS 评分对危重症患者呼吸机相关性肺炎诊断及短期预后的价值[J].中华医院感染学杂志,2023,33(13):1935-1939.
- [8] KREITMANN L, GAUDET A, NSEIR S. Ventilator-associated pneumonia in immunosuppressed patients[J]. Antibiotics(Basel), 2023, 12(2): 413.
- [9] LI Z, YANG L, XU Q, et al. Relation between red blood cell distribution width and 30-day in-hospital mortality of patients with ventilator-associated pneumonia[J]. BMC Infect Dis, 2023, 23(1): 696.
- [10] LI W, CAI J, DING L, et al. Incidence and risk factors of ventilator-associated pneumonia in the intensive care u-

- nit; a systematic review and Meta-analysis[J]. *J Thorac Dis*, 2024, 16(9): 5518-5528.
- [11] MONDAL S, JUBILSON F, SINHA S. A Descriptive study on clinical pulmonary infection score (CPIS) in early identification of hospital-acquired pneumonia (HAP) among critically ill patients in a tertiary care teaching hospital [J]. *Cureus*, 2025, 17(7): e88841.
- [12] FRONDELIUS T, ATKOVA I, MIETTUNEN J, et al. Early prediction of ventilator-associated pneumonia with machine learning models: a systematic review and meta-analysis of prediction model performance[J]. *Eur J Intern Med*, 2024, 121: 76-87.
- [13] GOUDA A M, SILEEM A E, ELNAHAS H M, et al. Exploring ventilator-associated pneumonia: microbial clues and biomarker insights from a retrospective study[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2024, 60(8): 1346.
- [14] MANTZARLIS K, MANOULAKAS E, PARISI K, et al. Meropenem plus ertapenem and ceftazidime-avibactam plus aztreonam for the treatment of ventilator associated pneumonia caused by pan-drug resistant *Klebsiella pneumonia*[J]. *Antibiotics (Basel)*, 2024, 13(2): 141.
- [15] YAMAKITA S, UNOKI T, NIYAMA S, et al. Comparative efficacy of various oral hygiene care methods in preventing ventilator-associated pneumonia in critically ill patients: A systematic review and network Meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2024, 19(12): e0313057.
- [16] KOULENTI D, ALMYROUDI M P, KATSOUNAS A. Ventilator-associated pneumonia: how long is long enough[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2025, 31(5): 520-528.
- [17] BARBIER F, DUPUIS C, BUETTI N, et al. Single-drug versus combination antimicrobial therapy in critically ill patients with hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia due to gram-negative pathogens: a multicenter retrospective cohort study [J]. *Crit Care*, 2024, 28(1): 10.
- [18] 刘洋, 胡春玲, 段甲利, 等. 肾移植术后重症肺炎患者的预后危险因素[J]. *临床肺科杂志*, 2022, 27(10): 1459-1462.
- [19] ZHU J, LIU F, QI H, et al. Comparisons of mortality predictions of mROX, CURB-65, and APACHE II in patients with severe pneumonia: a retrospective cohort study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2025, 104(24): e42931.
- [20] BECERRA-HERVÁS J, GUITART C, COVAS A, et al. The Clinical pulmonary infection score combined with procalcitonin and lung ultrasound (CPIS-PLUS), a good tool for ventilator associated pneumonia early diagnosis in pediatrics[J]. *Children (Basel)*, 2024, 11(5): 592.
- [21] MARGET M J, DUNN R, MORGAN C L. Association of APACHE- II scores with 30-day mortality after tracheostomy: a retrospective study[J]. *Laryngoscope*, 2023, 133(2): 273-278.
- [22] ARUNACHALA S, PARTHASARATHI A, BASAVARAJ C K, et al. The validity of the ROX index and APACHE II in predicting early, late, and non-responses to non-invasive ventilation in patients with COVID-19 in a low-resource setting[J]. *Viruses*, 2023, 15(11): 2231.
- [23] TEPPER J, JOHNSON S, PARKER C, et al. Comparing the accuracy of mini-BAL to bronchoscopic BAL in the diagnosis of pneumonia among ventilated patients: a systematic literature review[J]. *J Intensive Care Med*, 2023, 38(12): 1099-1107.
- [24] 焦文好, 高爱华. 血清可溶性髓系细胞触发受体-1 与临床肺部感染评分在慢性阻塞性肺疾病呼吸机相关性肺炎早期诊断及预后判断中的效能研究[J]. *陕西医学杂志*, 2020, 49(12): 1630-1633.
- [25] 李玉娟, 魏莉, 徐陶, 等. ICU 患者呼吸机相关性肺炎多耐药菌感染影响因素与预防分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(4): 523-526.
- [26] 许朝颖, 刘肖君, 王丹凤, 等. 呼吸机相关性肺炎患儿感染与影响因素分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(4): 621-624.
- [27] MEREGILDO-RODRIGUEZ ED, ORTIZ-PIZARRO M, ASMAT-RUBIO M G, et al. β -lactam antibiotics to prevent ventilator-associated pneumonia (VAP) in coma patients: a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Med Intensiva (Engl Ed)*, 2025, 49(11): 502199.
- [28] 莫占端, 李小莉, 柯娟雅, 等. 呼吸机相关性肺炎的危险因素与口腔护理预防效果分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2016(3): 698-699.
- [29] 霍晓敏, 杨茹雪, 张秀敏, 等. 重症监护室呼吸机相关性肺炎独立危险因素分析[J]. *现代中西医结合杂志*, 2023, 32(03): 409-412.
- [30] 安慰, 曹显明, 裴俊丽, 等. ICU 机械通气患者呼吸机相关性肺炎的危险因素分析[J]. *护理管理杂志*, 2019, 19(12): 868-872.
- [31] 李学莉, 闫丽玲, 张悦, 等. 降钙素原与氨基末端脑钠肽前体的动态变化对呼吸机相关性肺炎预后的影响[J]. *宁夏医科大学学报*, 2017, 39(8): 931-934.
- [32] 刘永萍, 单艳华, 李云. 脓毒性休克机械通气患者并发呼吸机相关性肺炎的影响因素分析及预测模型构建[J]. *中国医科大学学报*, 2024, 53(5): 473-477.
- [33] LIU Y, BAI J S, LIU J X, et al. Nomogram prediction model of the severity of CAP patients based on blood indicators[J]. *Clin Lab*, 2023, 69(2): 36787556.
- [34] XU C, TAO X, ZHU J, et al. Clinical features and risk factors analysis for poor outcomes of severe community-acquired pneumonia in children: a nomogram prediction model[J]. *Front Pediatr*, 2023, 11: 1194186.
- [35] 罗欣悦, 邓俊, 杨梓苑, 等. 重症监护室机械通气患者呼吸机相关性肺炎病原菌分布及风险预测模型构建[J]. *现代生物医学进展*, 2023, 23(13): 2518-2522.
- [36] 王锦栋, 孙雪梅, 徐挺立. 合并 2 型糖尿病的 ICU 机械通气患者发生呼吸机相关性肺炎危险因素及预警模型构建[J]. *浙江医学*, 2022, 44(1): 38-41.