

烧伤脓毒症患者并发 ARDS 预测模型的构建

Construction of a Prediction Model for the Occurrence of ARDS in Burn Patients with Sepsis

熊亮 于杨 成爱玲 赵廷

XIONG Liang, YU Yang, CHENG Ailing, ZHAO Ting

作者单位: 250014 山东 济南, 中国人民武装警察部队山东省总队医院内科

通信作者: 熊亮, Email: xiongliang198412@163.com

Affiliation: Department of Internal Medicine, Shandong General Hospital of Chinese People's Armed Police Force, Jinan, Shandong 250014, China

Corresponding author: XIONG Liang, Email: xiongliang198412@163.com

【摘要】 **目的** 建立烧伤脓毒症患者并发急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 的预测模型。**方法** 选取 2018 年 4 月至 2022 年 4 月中国人民武装警察部队山东省总队医院收治的 126 例烧伤脓毒症患者作为研究对象, 收集患者性别、既往病史及现病史 (有无糖尿病、高血压、低氧血症等)、呼吸频率、是否合并 ARDS 以及入院 24 h 内急性生理学及慢性健康状况评分系统 II (APACHE II) 评分、序贯器官衰竭 (SOFA) 评分、肺损伤预测评分 (LIPS) 等资料, 并根据是否合并 ARDS 将其分为 ARDS 组和非 ARDS 组。采用多因素 Logistic 回归分析烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的相关危险因素, 并根据分析结果构建预测模型。**结果** 126 例烧伤脓毒症患者中 37 例 (29.37%) 并发 ARDS, 设为 ARDS 组; 89 例 (70.63%) 未并发 ARDS, 设为非 ARDS 组。单因素分析结果显示, ARDS 组合并有低氧血症与肺部感染、呼吸频率异常患者比例以及 APACHE II 评分、SOFA 评分、LIPS 均明显高于非 ARDS 组 ($\chi^2/t=45.628$ 、50.603、14.244、8.225、10.526、9.590, P 均 <0.001)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 合并有低氧血症与肺部感染以及 APACHE II 评分、SOFA 评分、LIPS 高是烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的独立危险因素 (95% CI 为 3.512 ~ 27.823、1.893 ~ 12.279、1.738 ~ 9.126、1.481 ~ 11.418、1.672 ~ 12.012, $P < 0.001$ 、 $P=0.001$ 、 $P=0.001$ 、 $P=0.007$ 、 $P=0.003$)。得出预测模型公式为 $P = -2.318 + 1.289 \times \text{低氧血症} + 1.573 \times \text{肺部感染} + 1.382 \times \text{APACHE II 评分} + 1.414 \times \text{SOFA 评分} + 1.500 \times \text{LIPS}$ 。受试者操作特征 (ROC) 曲线分析结果显示, 预测模型曲线下面积为 0.895、敏感度为 83.8%、特异度为 86.5%。**结论** 低氧血症、肺部感染、APACHE II 评分、SOFA 评分及 LIPS 是烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的影响因素, 据此建立的预测模型预测烧伤脓毒症患者是否并发 ARDS 的价值较高。

【关键词】 烧伤; 脓毒症; 急性呼吸窘迫综合征; 危险因素; 预测模型

【标志符】 doi: 10.3969/j.issn.1001-0726.2024.05.007

【文章类型】 临床研究

【Abstract】 **Objective** To establish a prediction model for the occurrence of acute respiratory distress syndrome (ARDS) in burn patients with sepsis. **Methods** 126 burn patients with sepsis, admitted to Shandong General Hospital of Chinese People's Armed Police Force from April 2018 to April 2022, were selected as the research subjects and patients' data were collected, including sex, past medical history, current medical history (with or without diabetes, hypertension, hypoxemia, etc.), respiratory rate, with ARDS or not, and acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score, sequential organ failure assessment (SOFA) score, and lung injury prediction score (LIPS) within 24 h after

admission. Based on whether complicated with ARDS, the patients were divided into ARDS group and non-ARDS group. Multivariate Logistic regression analysis was conducted to analyze the risk factors for the occurrence of ARDS in burn patients with sepsis, based on which a prediction model was constructed. **Results** Among the 126 burn patients with sepsis, 37 cases (29.37%) developed with ARDS were set as ARDS group, and the other 89 cases (70.63%) without the occurrence of ARDS were set as non-ARDS group. The results of the univariate analysis showed that the proportions of patients with hypoxemia and lung infection, abnormal respiratory rate, APACHE II score, SOFA score, and LIPS in the ARDS group were significantly higher compared with the non-ARDS group ($\chi^2/t = 45.628, 50.603, 14.244, 8.225, 10.526$ and 9.590 , all $P < 0.001$). Multivariate Logistic regression analysis showed that complicated with hypoxemia and lung infection, high levels of APACHE II score, SOFA score and LIPS were independent risk factors for the occurrence of ARDS in burn patients with sepsis (95% CI: 3.512–27.823, 1.893–12.279, 1.738–9.126, 1.481–11.418, 1.672–12.012, $P < 0.001$, $P = 0.001$, $P = 0.001$, $P = 0.007$, $P = 0.003$). The formula of the prediction model was $P = -2.318 + 1.289 \times \text{hypoxemia} + 1.573 \times \text{lung infection} + 1.382 \times \text{APACHE II score} + 1.414 \times \text{SOFA score} + 1.500 \times \text{LIPS}$. The receiver operating characteristic (ROC) curve showed that the area under the curve was 0.895, with the sensitivity being 83.8% and the specificity being 86.5%. **Conclusion** Hypoxemia, lung infection, APACHE II score, SOFA score, and LIPS are the influencing factors for the occurrence of ARDS in burn patients with sepsis, and the prediction model constructed based on these factors presented a high predictive value for the occurrence of ARDS in burn patients with sepsis.

[Keywords] Burns; Sepsis; Acute respiratory distress syndrome; Risk factors; Prediction model

烧伤是由热力、放射线、激光、电流及化学物质等引起的一种常见的意外性伤害,发生后皮肤屏障功能多受到严重破坏、机体免疫力大幅下降,可导致处于高度应激状态的机体并发全身感染甚至脓毒症^[1]。脓毒症是病原微生物侵入机体后引发的一种全身炎症反应综合征,一旦治疗不及时可并发休克、多器官功能衰竭甚至导致患者死亡,如烧伤脓毒症患者引发急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)的概率高达 25%~50%^[2]。ARDS 作为呼吸系统的一种急危重症,发病后可进一步加重烧伤脓毒症患者病情,甚至引发患者死亡,且死亡率较高,是烧伤脓毒症患者预后不良的重要原因^[3-4]。因此,积极探寻烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的相关危险因素,及时予以预防及治疗,以改善患者预后具有重要意义。鉴于此,本研究笔者对烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的危险因素进行了分析,并建立了相关预测模型,现报道如下。

1 临床资料

选取 2018 年 4 月至 2022 年 4 月中国人民武装警察部队山东省总队医院收治的 126 例烧伤脓毒症患者作为研究对象。纳入标准:符合重度烧伤及脓毒症的诊断标准^[5];年龄 ≥ 18 岁;临床资料完整。排除标准:合并有心肝肾功能障碍;合并有自身免疫性疾病;合并有急慢性炎症反应性疾病;合并有血液系统疾病;行气管插管机械通气治疗;妊娠期

或哺乳期女性;入院 24 h 内死亡。本研究经中国人民武装警察部队山东省总队医院医学伦理委员会批准。

2 方法

2.1 资料收集与分组

收集患者性别、既往病史及现病史(有无糖尿病、高血压、低氧血症等)、呼吸频率、是否合并 ARDS 以及入院 24 h 内急性生理学与慢性健康状况评分系统 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II) 评分、序贯器官衰竭(sequential organ failure assessment, SOFA) 评分、肺损伤预测评分(lung injury prediction score, LIPS)等资料,并根据是否合并 ARDS 将其分为 ARDS 组和非 ARDS 组。

ARDS 诊断标准:急性起病;氧合指数 ≤ 26.7 kPa;胸部正位 CR 显示有斑片状阴影;肺动脉嵌顿压 ≤ 18 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa),或无左心房压力增高的临床证据。

APACHE II:包括急性生理参数、年龄以及慢性健康状况 3 部分,总分为 0~71 分,分值越高表示病情越严重。

SOFA:包括肝脏、肾脏、凝血系统、呼吸系统、循环系统、神经系统功能 6 个维度,总分为 0~24 分,分值越高表示器官功能衰竭越严重。

LIPS:包括易感因素、高危手术、高危创伤、

风险修正 4 项内容，总分为 0~33.5 分，分值越高表示发生 ARDS 的风险越大。

2.2 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计学分析，APACHE II 评分、SOFA 评分、LIPS 等计量资料以均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示，采用 *t* 检验；性别、有无糖尿病、有无高血压等计数资料以频数或百分比表示，采用卡方检验；采用 Logistic 回归分析烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的影响因素，并建立预测模型；采用受试者操作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线分析预测模型的预测价值；均以 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 烧伤脓毒症患者 ARDS 发生情况

126 例烧伤脓毒症患者中 37 例 (29.37%) 并发 ARDS，设为 ARDS 组；89 例 (70.63%) 未并发 ARDS，设为非 ARDS 组。

3.2 烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的单因素分析

单因素分析结果显示，ARDS 组合并有低氧血症与肺部感染、呼吸频率异常的患者比例以及 APACHE II 评分、SOFA 评分、LIPS 均明显高于非 ARDS 组 (P 均 <0.05)，而性别以及合并有糖尿病与高血压的患者比例与非 ARDS 组无明显差异 (P 均 >0.05)，详见表 1。

3.3 烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的多因素分析

以烧伤脓毒症患者并发 ARDS 情况 (并发 = 1, 未并发 = 0) 为因变量，是否有低氧血症 (有 = 1, 无 = 0) 与肺部感染 (有 = 1, 无 = 0)、呼吸频率

(异常 = 1、正常 = 0)、APACHE II 评分 (连续变量)、SOFA 评分 (连续变量) 以及 LIPS (连续变量) 为自变量进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示，有低氧血症与肺部感染以及 APACHE II 评分、SOFA 评分、LIPS 高是烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的独立危险因素 (P 均 <0.05)，详见表 2。

3.4 烧伤脓毒症患者并发 ARDS 预测模型的构建

根据多因素 Logistic 回归分析所得的 5 个独立危险因素建立预测模型，得出预测模型公式为 $P = -2.318 + 1.289 \times \text{低氧血症} + 1.573 \times \text{肺部感染} + 1.382 \times \text{APACHE II 评分} + 1.414 \times \text{SOFA 评分} + 1.500 \times \text{LIPS}$ 。

3.5 烧伤脓毒症患者并发 ARDS 预测模型的验证

将预测模型相关预测因子代入预测模型计算公式，计算烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的概率；以预测模型预测烧伤脓毒症患者并发 ARDS 概率为检验变量，是否并发 ARDS 为状态变量，绘制 ROC 曲线，结果显示，曲线下面积为 0.895、敏感度为 83.8%、特异度为 86.5%，详见图 1。

4 讨论

重度烧伤患者因皮肤屏障功能受到严重破坏、机体免疫功能下降致使其并发感染甚至脓毒症的风险明显增高^[6]。相关研究显示，肺作为脓毒症最早且最易累及的器官之一，脓毒症发生后可通过诱发一系列炎症级联反应、诱导中性粒细胞黏附移行等对内皮细胞及上皮细胞造成损伤，致使毛细血管通透性增加，导致肺组织水肿及肺间质纤维化，从而造成肺部氧交换能力下降，引发 ARDS^[7]。ARDS 是一种以难治性低氧血症、进行性呼吸窘迫为主要

表 1 烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的单因素分析

Table 1 Univariate analysis for the occurrence of ARDS in burn patients with sepsis

组别 Group	例数 Number of cases	性别 (例) Sex (n)		糖尿病 (例) Diabetes (n)		高血压 (例) Hypertension (n)		低氧血症 (例) Hypoxemia (n)		肺部感染 (例) Lung infection (n)		呼吸频率 (例) Respiratory rate (n)		APACHE II 评分 (分, $\bar{x}\pm s$)	SOFA 评分 (分, $\bar{x}\pm s$)	LIPS (分, $\bar{x}\pm s$)
		男 Male	女 Female	有 With	无 W/O	有 With	无 W/O	有 With	无 W/O	有 With	无 W/O	正常 Normal	异常 Abnormal	score (point, $\bar{x}\pm s$)	score (point, $\bar{x}\pm s$)	(point, $\bar{x}\pm s$)
ARDS 组 ARDS group	37	20	17	8	29	4	33	29	8	27	10	3	34	22.17± 4.83	9.82± 2.10	6.42± 1.77
非 ARDS 组 Non-ARDS group	89	51	38	17	72	16	73	14	75	9	80	38	51	15.48± 3.85	6.17± 1.62	3.98± 1.05
χ^2/t 值 χ^2/t value		0.112		0.104		1.005		45.628		50.603		14.244		8.225	10.526	9.590
<i>P</i> 值 <i>P</i> value		0.738		0.747		0.316		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001

注：ARDS 为急性呼吸窘迫综合征，APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分系统 II，SOFA 为序贯器官衰竭，LIPS 为肺损伤预测评分

Note: ARDS - acute respiratory distress syndrome, APACHE II - acute physiology and chronic health evaluation II, SOFA - sequential organ failure assessment, LIPS - lung injury prediction score

表 2 烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的多因素 Logistic 回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis for the occurrence of ARDS in burn patients with sepsis

变量 Variable	β 值 β value	S. E. 值 S. E. value	Wald χ^2 值 Wald χ^2 value	P 值 P value	OR 值 OR value	95% CI
低氧血症 Hypoxemia	1.289	0.528	18.827	<0.001	9.885	3.512-27.823
肺部感染 Lung infection	1.573	0.477	10.875	0.001	4.821	1.893-12.279
呼吸频率 Respiratory rate	1.293	0.722	3.207	0.073	3.644	0.885-15.001
APACHE II 评分 APACHE II score	1.382	0.423	10.674	0.001	3.983	1.738-9.126
SOFA 评分 SOFA score	1.414	0.521	7.366	0.007	4.112	1.481-11.418
LIPS	1.500	0.503	8.893	0.003	4.482	1.672-12.012
常量 Constant	-2.318	0.817	8.050	0.005	-	-

注：ARDS 为急性呼吸窘迫综合征，APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分系统 II，SOFA 为序贯器官衰竭，LIPS 为肺损伤预测评分，CI 为置信区间

Note: ARDS - acute respiratory distress syndrome, APACHE II - acute physiology and chronic health evaluation II, SOFA - sequential organ failure assessment, LIPS - lung injury prediction score, CI - confidence interval

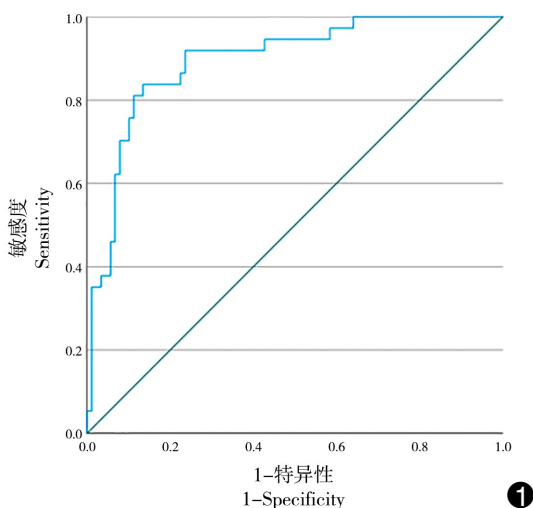


图 1 烧伤脓毒症患者并发 ARDS 预测模型 ROC 曲线

Fig. 1 ROC curve of the prediction model for the occurrence of ARDS in burn patients with sepsis

临床特征，透明膜形成、肺水肿、肺不张为主要病理改变的呼吸衰竭综合征，合并有 ARDS 的脓毒症患者病死率较单纯脓毒症患者高 34.3%^[8-9]。本研究结果显示，126 例烧伤脓毒症患者中 37 例并发 ARDS，ARDS 发生率为 29.37%，与何子纯等^[10]既往研究报道的结果相似。可见，探寻烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的危险因素，以便及时予以预防及治疗具有重要意义。

既往研究显示，低氧血症患者血液中血红蛋白氧含量过低，为摄取更多氧气，患者可出现呼吸频率增快等表现，进一步加重烧伤脓毒症患者循环功能障碍，增加 ARDS 发生风险^[11]；肺部感染患者

肺组织中存在的大量炎症介质可导致组织充血、血管通透性增加，并释放大血管活性物质，进一步提高脓毒症相关器官衰竭风险，致使 ARDS 发生风险增加^[12]；APACHE II 是评估烧伤脓毒症患者病情严重程度的重要量表，SOFA 是脓毒症患者发生多器官功能障碍的评分系统，两者评分越高表示 ARDS 等器官功能障碍发生风险越高^[13]；LIPS 可从易感因素、创伤、手术等多方面对肺损伤进行预测，评分越高表示肺损伤风险越高，由此引发的 ARDS 风险也越高^[14]。本研究结果显示，合并有低氧血症与肺部感染以及 APACHE II 评分、SOFA 评分、LIPS 高是烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的独立危险因素。因此，临床应根据烧伤脓毒症患者具体情况建立风险管控方案，以减少 ARDS 的发生。

相关研究显示，通过统计构建烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的预测模型能够有效判断 ARDS 的发生风险^[15]。基于此，本研究在探讨分析烧伤脓毒症患者并发 ARDS 危险因素的基础上构建了其预测模型，且经 ROC 曲线分析验证发现，模型预测烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的曲线下面积为 0.895、敏感度为 83.8%、特异度为 86.5%，即构建的预测模型对烧伤脓毒症患者并发 ARDS 具有良好的预测价值。

综上所述，低氧血症、肺部感染、APACHE II 评分、SOFA 评分及 LIPS 是烧伤脓毒症患者并发 ARDS 的影响因素，据此建立的预测模型对烧伤脓毒症患者是否发生 ARDS 具有良好的预测价值。

参考文献

- [1] 郇京宁, 张利军. 微循环障碍研究进展对烧伤休克和烧伤脓毒症休克治疗的启发 [J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2022, 38 (5): 401-407.
- [2] 李晓亮, 谢江帆, 叶向阳, 等. 脑缺血缺氧性损伤标志物在烧伤脓毒症患者脓毒症相关性脑病早期诊断中的价值 [J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2022, 38 (1): 21-28.
- [3] 张鹏, 刘升明, 刘宝仪, 等. 脓毒症肺内感染与肺外感染 ARDS 肺部微生态的异同 [J]. 广东医学, 2022, 43 (3): 356-361.
- [4] 魏旭升, 李小芳, 黄彪, 等. miR-146b 对脓毒症并发 ARDS 的预测及与预后的关系分析 [J]. 国际检验医学杂志, 2022, 43 (11): 1329-1333.
- [5] 齐文旗, 张斌, 郑忠骏, 等. 拯救脓毒症运动: 2021 年国际脓毒症和脓毒性休克管理指南 [J]. 中华急诊医学杂志, 2021, 30 (11): 1300-1304.
- [6] 姚咏明, 张卉, 童亚林. 深化对烧伤脓毒症诊断体系与治疗策略的认识 [J]. 中华烧伤杂志, 2021, 37 (5): 404-409.
- [7] Brown RM, Wang L, Coston TD, et al. Balanced crystalloids versus saline in sepsis. A secondary analysis of the SMART clinical trial [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 200 (12): 1487-1495.
- [8] 孙会志, 孙海英, 李亚平. 脓毒症并发 ARDS 患者血清 sTM、suPAR、Ang-2 水平与炎症因子及预后的关系 [J]. 检验医学与临床, 2022, 19 (8): 1075-1079.
- [9] 徐峰, 宸鹏, 高海晋, 等. 乌司他丁联合短程小剂量甲泼尼龙对脓毒症合并 ARDS 患者临床结局及炎症因子水平的影响 [J]. 中华生物医学工程杂志, 2022, 28 (2): 189-193.
- [10] 何子纯, 张佳怡. 自噬相关蛋白在脓毒症并发急性呼吸窘迫综合征患者中的水平变化及临床意义 [J]. 实用医学杂志, 2021, 37 (9): 1131-1135.
- [11] 薛洪刚. 脓毒症患者并发呼吸窘迫综合征的危险因素及预后分析 [J]. 中国药物与临床, 2020, 20 (20): 3383-3385.
- [12] 杨斌斌, 孙苏阳. 脓毒症呼吸衰竭患者预后影响因素分析 [J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2021, 16 (10): 1126-1128, 1141.
- [13] 任海涛, 陈华清, 韩春茂. 危重烧伤患者发生急性呼吸窘迫综合征预测模型的建立及其预测价值分析 [J]. 中华烧伤杂志, 2021, 37 (4): 333-339.
- [14] 张书娟, 王勇, 代晓明, 等. 脓毒症相关急性呼吸窘迫综合征的危险因素及预后分析 [J]. 中国急救医学, 2022, 42 (4): 331-336.
- [15] 葛建辉. 脓毒症患者并发 ARDS 的早期危险因素分析 [J]. 浙江医学, 2017, 39 (20): 1789-1792.

(收稿日期: 2022-11-04)

· 编者 · 作者 · 读者 ·

《中国烧伤创疡杂志》在线投稿说明

为适应新媒体的需要,《中国烧伤创疡杂志》编辑部建立了远程稿件处理系统,自 2012 年 5 月 1 日起,不再接收纸质稿件和邮箱投稿,唯一投稿方式为在线投稿,具体操作如下:

1. 在浏览器中输入 <http://www.cjbuw.com> 进入《中国烧伤创疡杂志》网站主页;
2. 点击左侧菜单栏中的“作者登录”;
3. 在输入框中填写 Email 和密码,登录进入本系统进行投稿,若是第一次使用本系统,先点击“新用户注册”,填写相关信息后点击“注册”,收取确认信函,点击信函中的超链接激活新账号(若是未激活可与编辑部联系),然后用填写的 Email 和密码登录本系统(Email 和密码为您在该网站统一的登录信息,请牢记!同一作者请不要多次注册);
4. 按投稿要求填写相关内容;
5. 确认无误后,将稿件投给本刊编辑部;
6. 作者可在投稿系统中进行稿件状态查询、与编辑部沟通、稿件退修后的修改等操作。