

· 疾病控制 ·

急诊重症监护病房住院患者医院感染的预测模型研究

何亚盛¹, 张红霞², 倪银¹, 朱越燕¹, 彭敏¹, 杨丹红³

1.浙江省人民医院(杭州医学院附属人民医院)医院感染管理部, 浙江 杭州 310014; 2.浙江省卫生财会管理中心, 浙江 杭州 310002; 3.浙江省人民医院(杭州医学院附属人民医院), 浙江 杭州 310014

摘要: **目的** 构建急诊重症监护病房(EICU)医院感染的预测模型, 为医院感染患者的早期识别及干预提供依据。**方法** 收集2017—2020年某大型三甲综合医院EICU住院患者的医院感染相关资料。以2017—2019年数据作为训练集, 建立logistic回归预测模型, 并采用Hosmer-Lemeshow检验评价模型拟合效果; 以2020年数据作为测试集评价模型的外部验证能力。采用受试者操作特征(ROC)曲线分析模型的预测价值。**结果** 纳入EICU住院患者1 546例, 发生医院感染111例, 医院感染率为7.18%。多因素logistic回归分析结果显示, 住院时间>7 d ($OR=21.845$, $95\%CI: 7.901\sim 60.398$)、使用呼吸机 ($OR=3.405$, $95\%CI: 1.335\sim 8.682$) 和手术 ($OR=1.854$, $95\%CI: 1.121\sim 3.064$) 是发生医院感染的危险因素。预测模型为 $p=e^y/(1+e^y)$, $y=-6.105+(3.084\times\text{住院时间})+(1.225\times\text{使用呼吸机})+(0.617\times\text{手术})$ 。训练集和测试集的ROC曲线下面积分别为0.806 ($95\%CI: 0.774\sim 0.838$) 和0.723 ($95\%CI: 0.623\sim 0.823$)。将训练集拟合模型的截断值0.065代入测试集, 获得灵敏度为0.739, 特异度为0.642。**结论** 本研究建立的EICU住院患者医院感染预测模型准确性较好, 对于医院感染高危患者具有一定的预测价值。

关键词: 急诊重症监护病房; 医院感染; 危险因素; 预测模型

中图分类号: R195 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2022) 09-0919-04

A model to predict nosocomial infections among inpatients in emergency intensive care units

HE Yasheng¹, ZHANG Hongxia², NI Yin¹, ZHU Yueyan¹, PENG Min¹, YANG Danhong³

1.Department of Nosocomial Infection Management, Zhejiang Provincial People's Hospital (Affiliated People's Hospital, Hangzhou Medical College), Hangzhou, Zhejiang 310014, China; 2.Zhejiang Health Finance and Accounting Management Center, Hangzhou, Zhejiang 310002, China; 3.Zhejiang Provincial People's Hospital (Affiliated People's Hospital, Hangzhou Medical College), Hangzhou, Zhejiang 310014, China

Abstract: Objective To create a model to predict nosocomial infections in emergency intensive care units (EICU), so as to provide insights into early identification and interventions among patients with nosocomial infections. **Methods** All nosocomial infections were collected from patients hospitalized in the EICU of a large tertiary hospital from 2017 to 2020. The 2017–2019 data were selected as the training set to create a logistic regression model, and the fitting effectiveness of the predictive model was evaluated using Hosmer–Lemeshow test. The 2020 data were selected as the test set to evaluate the external validation of the predictive model. In addition, the value of the model for prediction of nosocomial infections was examined using the receiver operating characteristic (ROC) curve analysis. **Results** Totally 1 546 inpatients in EICU were enrolled, and the prevalence of nosocomial infections was 7.18%. Multivariable logistic regression analysis identified hospital stay duration of >7 days ($OR=21.845$, $95\%CI: 7.901\sim 60.398$), use of ventilators ($OR=3.405$, $95\%CI: 1.335\sim 8.682$), and surgery ($OR=1.854$, $95\%CI: 1.121\sim 3.064$) as risk factors of nosocomial infections. The predictive model was $p=e^y/(1+e^y)$, $y=-6.105+(3.084\times\text{duration of hospital stay})+(1.225\times\text{use of ventilators})+(0.617\times\text{surgery})$. The area under ROC curve was 0.806 ($95\%CI: 0.774\sim 0.838$) for the training set and 0.723 ($95\%CI: 0.623\sim 0.823$) for the test set, and if the 0.065 cut-off of the predictive model created by the training set was included in the test set,

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2022.09.011

基金项目: 浙江省软科学研究计划项目(2018C25021)

作者简介: 何亚盛, 硕士, 助理统计师, 主要从事医院感染控制工作

通信作者: 杨丹红, E-mail: ydh-11@163.com

the predictive value yield a 0.739 sensitivity and 0.642 specificity for prediction of nosocomial infections among patients hospitalized in EICU. **Conclusion** The created predictive model for nosocomial infections among patients hospitalized in EICU presents a high accuracy, which shows a satisfactory predictive value for high-risk nosocomial infections.

Keywords: emergency intensive care unit; nosocomial infection; risk factor; predictive model

急诊重症监护病房 (emergency intensive care unit, EICU) 是急诊科危重患者救治的特殊区域, 由于患者病情危急、住院时间长、侵入性操作多和抗菌药物使用多等原因, 成为医院感染的高发区^[1]。医院感染不但加重患者的经济负担, 而且影响患者的生活质量, 甚至威胁患者的生命^[2-3]。采取针对性措施降低 EICU 医院感染发生率, 对于提高医疗质量、保障医疗安全具有重要意义。充分利用已知信息预测患者发生医院感染的风险是降低医院感染的重要手段之一, logistic 回归模型目前被广泛应用于医院感染风险的预测, 但不同研究地区、医院建立的模型差异较大^[4-6]。本研究通过医院感染监测软件收集某大型三甲医院 EICU 住院患者资料, 采用 logistic 回归模型建立医院感染危险因素的预测模型, 并通过内部验证和外部验证评价模型预测能力, 为 EICU 医院感染患者的早期识别及干预提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 通过某大型三甲综合医院的医院感染监测系统和病历系统收集 2017—2020 年 EICU 住院患者资料。纳入标准: 患者临床资料和医院感染资料完整; 住院时间 > 24 h。医院感染的诊断标准参照 2001 年卫生部发布的《医院感染诊断标准》^[7]。本研究经杭州医学院附属人民医院医学伦理委员会审查, 审批号: 2021QT285。

1.2 方法

1.2.1 医院感染危险因素资料收集 2017—2019 年住院患者资料作为训练集, 用于拟合模型, 2020 年住院患者资料作为测试集, 用于评价模型的预测能力。根据既往研究文献^[8]及实际工作经验, 收集住院患者的年龄、性别、糖尿病或高血压史、联用抗菌药物情况、住院时间、留置导尿管、使用呼吸机、中心静脉插管、是否手术和手术时间等资料。

1.2.2 模型建立 基于 2017—2019 年训练集数据, 以医院感染为因变量, 以 1.2.1 中的年龄等 10 个可能的影响因素为自变量建立 logistic 回归模型, 采用“向前-向后”法筛选出 EICU 医院感染的危险因素。采用 Hosmer-Lemeshow 检验评价模型拟合效果, $P > 0.05$ 认为模型建立合理。风险预测模型一般表达式

为 $p = e^y / (1 + e^y)$, 其中 p 为医院感染发生概率, $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n$, x 为医院感染危险因素, β 为回归系数^[9]。

1.2.3 模型评价 模型评价分为内部验证和外部验证; 内部验证指采用建立的预测模型拟合 2017—2019 年训练集并预测, 选取灵敏度和特异度之和最大者为截断值; 外部验证指将 2020 年测试集数据代入训练集数据建立的预测模型进行预测。根据预测结果绘制受试者操作特征 (receiver operating characteristic curve, ROC) 曲线, 计算曲线下面积 (area under the curve, AUC), AUC 值 > 0.7 则认为该模型具有较好的预测效果^[10]。

1.3 统计分析 采用 R 4.1.3 软件统计分析。定性资料采用相对数描述, 组间比较采用 χ^2 检验; 采用 glm () 函数建立 logistic 回归模型; 采用“pROC”包绘制 ROC 曲线。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况 2017—2020 年 EICU 累计住院 1 546 例, 发生医院感染 111 例, 医院感染率为 7.18%。2017—2019 年 EICU 住院 1 205 例 (训练集), 发生医院感染 88 例, 医院感染率为 7.30%。2020 年 EICU 住院 341 例 (测试集), 发生医院感染 23 例, 医院感染率为 6.74%。训练集和测试集患者的性别、年龄、手术、住院时间、使用呼吸机和医院感染发生情况比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 EICU 医院感染预测模型建立 logistic 回归分析结果显示, 住院时间 > 7 d、使用呼吸机和手术最终纳入 EICU 患者医院感染危险因素预测模型; Hosmer-Lemeshow 检验显示模型拟合优度较高 ($\chi^2 = 1.062$, $P = 0.998$)。见表 2。

2.3 EICU 医院感染预测模型评价 将训练集数据代入模型进行拟合, AUC 值为 0.806 (95%CI: 0.774~0.838), 截断值为 0.065, 灵敏度为 0.909, 特异度为 0.630。将测试集数据代入模型进行预测, AUC 值为 0.723 (95%CI: 0.623~0.823), 将拟合模型的截断值 0.065 代入测试集, 获得灵敏度为 0.739, 特异度为 0.642。见图 1。

表 1 训练集和测试集一般临床资料比较 [n (%)]

Table 1 Comparison of general clinical data between training set and test set [n (%)]

项目 Item	训练集 Training set (n=1 205)	测试集 Test set (n=341)	χ^2 值	P值
性别 Gender			0.005	0.941
男 Male	807 (66.97)	227 (66.57)		
女 Female	398 (33.03)	114 (33.43)		
年龄/岁 Age/Year			3.044	0.081
≥60	826 (68.55)	216 (63.34)		
<60	379 (31.45)	125 (36.66)		
手术 Surgery			3.454	0.063
是 Yes	242 (20.08)	85 (24.93)		
否 No	963 (79.92)	256 (75.07)		
住院时间 Duration of hospital stay/d			0.497	0.481
>7	576 (47.80)	155 (45.45)		
≤7	629 (52.20)	186 (54.55)		
使用呼吸机 Use of ventilators			0.166	0.683
是 Yes	857 (71.12)	238 (69.79)		
否 No	348 (28.88)	103 (30.21)		
医院感染 Nosocomial infections			0.055	0.815
是 Yes	88 (7.30)	23 (6.74)		
否 No	1 117 (92.70)	318 (93.26)		

3 讨论

研究结果显示, 该医院 EICU 的医院感染率为 7.18%, 低于多数文献报道^[11-13], 可能与医院规模、患者病情、医护人员的治疗和护理方式有关。此外, 该医院自 2015 年起采用医院感染监测软件对全院住院患者进行监测, 定期统计科室的漏报率, 将漏报率与绩效挂钩, 并采取 PDCA 循环进行持续质量改进, 也可能是医院感染率较低的原因。

本研究采用 logistic 回归模型筛选出住院时间、使用呼吸机和手术 3 个危险因素, 并建立了 EICU 住院患者医院感染发生风险的预测模型。训练集、测试集预测的 AUC 值均高于 0.7, 提示模型的预测准确性较高; 模型外部验证结果显示模型预测的灵敏度较高, 易于识别高危患者, 具有较高的实用价值。在实际工作中可将该预测模型嵌套入电子病历系统, 快速实现医院感染风险的预测。logistic 回归模型的可解释性好, 对数据线性成分的提取效果较好, 但对非线性处理能力较差, 提示本研究建立的预测模型精度仍有上升空间。近年来, 神经网络预测模型因其较强的非线性处理能力, 被广泛应用于医学影像和医疗诊断等方面^[14-15]。可尝试将神经网络模型应用于医院感染预测, 进一步优化预测模型, 提高预测精度。

为了降低 EICU 患者医院感染率, 结合医院感染的危险因素, 建议医护人员做到以下几点: 第一, 实

表 2 EICU 患者医院感染危险因素的多因素 logistic 回归分析 (n=1 205)

Table 2 Multivariable logistic regression analysis of risk factors for nosocomial infections among inpatients in EICU (n=1 205)

变量 Variable	参照组 Reference	β	$s_{\bar{x}}$	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95%CI
住院时间 Duration of hospital stay/d							
>7	≤7	3.084	0.519	35.328	<0.001	21.845	7.901~60.398
使用呼吸机 Use of ventilators							
是 Yes	否 No	1.225	0.478	6.583	0.010	3.405	1.335~8.682
手术 Surgery							
是 Yes	否 No	0.617	0.256	5.794	0.016	1.854	1.121~3.064
常量 Constant		-6.105	0.643	90.244	<0.001		

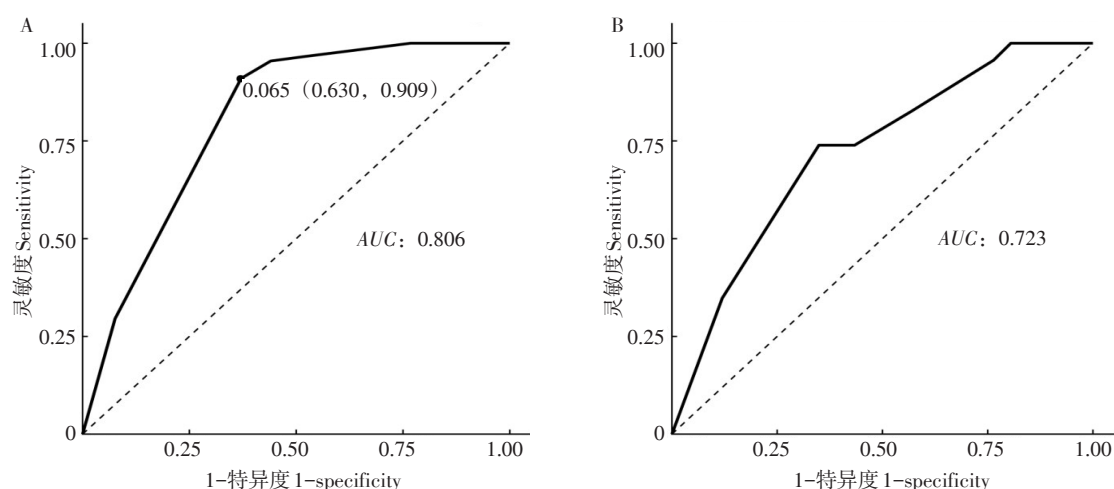
施侵入性操作时严格执行无菌原则; 对于有基础疾病者, 应给予积极治疗, 控制血压、血糖水平, 加强原发性疾病治疗。第二, 应重视标本采集的准确性和及时性, 加强呼吸机、中心静脉插管和留置导尿管的管理。第三, 重视病房环境管理, 做好病房清洁, 定期消毒通风。第四, 合理使用抗菌药物, 尽量避免长期、反复、联合使用广谱抗菌药物, 预防多重耐药菌

株的产生。第五, 做好多重耐药菌患者的消毒隔离措施, 严格手卫生, 避免交叉感染。

参考文献

[1] 张敏璐, 刘菁, 张静, 等. “网底式”管理在急诊重症监护病房老年患者器械相关感染防控中的效果研究 [J]. 华西医学, 2022, 37 (3): 357-362.

ZHANG M L, LIU J, ZHANG J, et al. Effect of “net bottom”



注: A为训练集; B为测试集。Note: A, training set; B, test set.

图1 训练集和测试集医院感染预测模型的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of the predictive model for nosocomial infections in the training set and the test set

- management in the prevention and control of device-associated infections in elderly patients in emergency intensive care unit [J]. West China Med J, 2022, 37 (3): 357-362.
- [2] COMAS-GARCÍA A, AGUILERA-MARTÍNEZ J I, ESCALANTE-PADRÓN F J, et al. Clinical impact and direct costs of nosocomial respiratory syncytial virus infections in the neonatal intensive care unit [J]. Am J Infect Control, 2020, 48 (9): 982-986.
- [3] 孙菲菲, 楼晓红, 虞洪斌. 放射治疗患者医院感染的影响因素分析 [J]. 预防医学, 2022, 34 (5): 515-518.
SUN F F, LOU X H, YU H B. Influencing factors of nosocomial infections among radiotherapy patients [J]. Prev Med, 2022, 34 (5): 515-518.
- [4] ZHAO X, WANG L, WEI N, et al. Risk factors of health care-associated infection in elderly patients: a retrospective cohort study performed at a tertiary hospital in China [J/OL]. BMC Geriatr, 2019, 19 (1) [2022-06-24]. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1208-x>.
- [5] YAMAKAWA K, TASAKI O, FUKUYAMA M, et al. Assessment of risk factors related to healthcare-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection at patient admission to an intensive care unit in Japan [J/OL]. BMC Infect Dis, 2011, 11 [2022-06-24]. <http://www.biomedcentral.com/1471-2334/11/303>.
- [6] PATTY C M, SANDIDGE-RENTERIA A, ORIQUE S, et al. Incidence and predictors of nonventilator hospital-acquired pneumonia in a community hospital [J]. J Nurs Care Qual, 2021, 36 (1): 74-78.
- [7] 中华人民共和国卫生部. 医院感染诊断标准 (试行) [J]. 中华医学杂志, 2001, 81 (5): 61-67.
Ministry of Health of the people's Republic of China. Diagnostic criteria for nosocomial infection (proposed) [J]. Chin J Med, 2001, 81 (5): 61-67.
- [8] 刘红秀, 王静喆, 杨晶, 等. EICU 医院感染患者死亡危险因素与干预分析 [J]. 中华医院感染学杂志, 2016, 26 (7): 1492-1494.
LIU H X, WANG J Z, YANG J, et al. Risk factors and intervention of deaths among EICU patients with nosocomial infections [J]. Chin J Nosocomial Infection, 2016, 26 (7): 1492-1494.
- [9] 张辅铭. 从最大似然原理拓宽 logistic 多元回归应用的探讨 [J]. 中国卫生统计, 1995, 22 (2): 40-42.
ZHANG F M. Discussion on broadening the application of multivariate logistic regression based on the principle of maximum likelihood [J]. Chin J Health Stat, 1995, 22 (2): 40-42.
- [10] 柯小云, 童金英, 许继涛, 等. 老年脑梗死长期卧床患者医院感染细菌学及其风险预测模型 [J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32 (7): 994-998.
KE X Y, TONG J Y, XU J T, et al. Bacteriology of nosocomial infections and prediction model in elderly long-term bedridden patients with cerebral infarction [J]. Chin J Nosocomiol, 2022, 32 (7): 994-998.
- [11] 姬海燕, 王红霞, 窦学梅. 综合医院重症监护病房医院感染目标性监测分析 [J]. 天津护理, 2020, 28 (2): 205-207.
JI H Y, WANG H X, DOU X M. Analysis of targeted surveillance of nosocomial infection in intensive care unit of general hospital [J]. Tianjin J Nurs, 2020, 28 (2): 205-207.
- [12] YUE D, SONG C, ZHANG B, et al. Hospital-wide comparison of health care-associated infection among 8 intensive care units: a retrospective analysis for 2010-2015 [J]. Am J Infect Control, 2017, 45 (1): e7-e13.
- [13] 储文杰, 金凯玲, 林凯, 等. 杭州市某医院住院治疗患者医院感染现患率调查 [J]. 预防医学, 2018, 30 (8): 834-836, 840.
CHU W J, JIN K L, LIN K, et al. Investigation on the prevalence of nosocomial infection among hospitalized patients in a hospital in Hangzhou [J]. Prev Med, 2018, 30 (8): 834-836, 840.
- [14] ZHOU S K, LE H N, LUU K, et al. Deep reinforcement learning in medical imaging: a literature review [J/OL]. Med Image Anal, 2021, 73 [2022-06-24]. <https://doi.org/10.1016/j.media.2021.102193>.
- [15] 章涛, 官海滨, 李傅冬, 等. 应用 Elman 神经网络建立流感样病例预测模型 [J]. 预防医学, 2019, 31 (2): 113-118.
ZHANG T, GUAN H B, LI F D, et al. Modeling of influenza-like illness prediction based on Elman neural network [J]. Prev Med, 2019, 31 (2): 113-118.

收稿日期: 2022-04-30 修回日期: 2022-06-24 本文编辑: 徐文璐