

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20222616

· 论 著 ·

## 骨科创伤患者术后多重耐药菌感染风险 Nomogram 模型构建与验证

郭磊磊<sup>1</sup>, 秦红英<sup>1</sup>, 张尚书<sup>2</sup>, 张 艺<sup>3</sup>, 连鸿凯<sup>4</sup>

(郑州大学附属郑州中心医院 1. 感染预防控制科; 2. 疾病预防控制科; 3. 检验科; 4. 骨科, 河南 郑州 450007)

**[摘要]** **目的** 探讨骨科创伤患者术后多重耐药菌(MDRO)感染的危险因素及风险列线图(Nomogram)预测模型的构建。**方法** 回顾性分析 2019 年 1 月—2021 年 1 月某院重症监护病房(ICU)的 458 例骨科创伤住院患者的临床资料,分别使用单因素和多因素 lasso logistic 回归分析骨科创伤住院患者术后 MDRO 感染的独立危险因素。最后纳入筛选出的独立危险因素建立 Nomogram 预测模型,另选取 2021 年 2—10 月 224 例骨科创伤患者建立验证组,对建模组数据进行验证。**结果** 458 例创伤患者为建模组,其中创伤合并 MDRO 感染 114 例,感染率 24.89%;非 MDRO 感染组患者 344 例。两组患者临床资料进行 lasso logistic 回归分析,APACHE II 评分 $\geq 20$ 分( $OR = 2.567, 95\%CI: 1.593 \sim 4.178$ )、发热日数 $\geq 3$  d( $OR = 2.656, 95\%CI: 1.631 \sim 4.361$ )、住院日数 $\geq 10$  d( $OR = 3.563, 95\%CI: 2.207 \sim 5.808$ )、使用抗菌药物( $OR = 2.314, 95\%CI: 1.415 \sim 3.848$ )、联合使用抗菌药物日数 $\geq 7$  d( $OR = 2.114, 95\%CI: 1.329 \sim 3.624$ )是创伤患者术后 MDRO 感染的独立危险因素。基于回归分析结果中的 5 项独立危险因素,建立预测创伤术后 MDRO 感染的 Nomogram 模型,验证结果显示:Bootstrap 内部验证,预测值与实测值基本一致,建模组预测曲线下面积(AUC)为 0.877 8,验证组 AUC 为 0.871 8。说明预测模型具有较好的预测能力。决策分析曲线显示该模型有较高的获益性。**结论** Nomogram 预测模型的建立有利于早期识别创伤患者术后 MDRO 感染的高危因素,及时采取防控措施,从而降低 MDRO 医院感染率。

**[关键词]** 创伤患者; 多重耐药菌; 医院感染; lasso logistic 回归; 列线图风险模型

**[中图分类号]** R181.3<sup>+</sup>2

## Establishment and validation of nomogram model for the risk of multidrug-resistant organism infection in patients after orthopedic trauma surgery

GUO Lei-lei<sup>1</sup>, QIN Hong-ying<sup>1</sup>, ZHANG Shang-shu<sup>2</sup>, ZHANG Yi<sup>3</sup>, LIAN Hong-kai<sup>4</sup> (1. Department of Infection Prevention and Control; 2. Department of Disease Control and Prevention; 3. Department of Laboratory Medicine; 4. Department of Orthopedics, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450007, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the risk factors and establishment of risk nomogram model for multidrug-resistant organism (MDRO) infection in patients undergoing orthopedic trauma surgery. **Methods** Clinical data of 458 patients who undergoing orthopedic trauma surgery in an intensive care unit of a hospital from January 2019 to January 2021 were retrospectively analyzed, univariate and lasso logistic regression analysis were used to analyze independent risk factors for MDRO infection in hospitalized patients after orthopedic trauma surgery. The screened independent risk factors were included to establish nomogram prediction model, in addition, 224 orthopedic trauma patients from February to October 2021 were selected to establish a verification group to verify the data of modeling group. **Results** A total of 458 trauma patients were as the modeling group, including 114 trauma patients complicated with MDRO infection, with an infection rate of 24.89%; there were 344 patients in non-MDRO infection group. Clinical data of two groups of patients were conducted lasso logistic regression analysis, APACHE II score  $\geq 20$  points ( $OR = 2.567, 95\%CI: 1.593 - 4.178$ ), fever days  $\geq 3$  days ( $OR = 2.656, 95\%CI: 1.631 - 4.361$ ),

**[收稿日期]** 2022-03-09

**[作者简介]** 郭磊磊(1989-),男(汉族),河南省洛阳市人,主治医师,主要从事感染预防控制相关研究。

**[通信作者]** 连鸿凯 E-mail: lianhongkaidavid@163.com

hospitalization days  $\geq 10$  days ( $OR = 3.563$ ,  $95\%CI: 2.207 - 5.808$ ), antimicrobial use ( $OR = 2.314$ ,  $95\%CI: 1.415 - 3.848$ ), combined antimicrobial use days  $\geq 7$  days ( $OR = 2.114$ ,  $95\%CI: 1.329 - 3.624$ ) were independent risk factors for MDRO infection in patients after orthopedic trauma surgery. Based on the five independent risk factors in the regression analysis, a nomogram model for predicting MDRO infection after trauma surgery was established, the verification results showed that the predicted value was basically consistent with the measured value in the internal verification of Bootstrap, the area under the prediction curve (AUC) of modeling group and verification group were 0.877 8 and 0.871 8 respectively, which showed that the prediction model had good prediction ability. The decision curve analysis (DCA) showed that the model had high benefit. **Conclusion** The establishment of nomogram prediction model is conducive to early identification of the high-risk factors of post-operative MDRO infection in trauma surgery patients, and timely take prevention and control measures, so as to reduce MDRO healthcare-associated infection.

**[Key words]** trauma patient; multidrug-resistant organism; healthcare-associated infection; lasso logistic regression; nomogram risk model

创伤患者在短时间内会出现病情的急速变化,多数需要手术干预,具有较高的病死率<sup>[1]</sup>。此外,严重的外伤削弱了患者自身的保护机制,更有利于细菌的繁殖,增加感染发病率<sup>[2]</sup>。近年来,随着创伤患者的不断增多,多重耐药菌(multidrug-resistant organism, MDRO)已经成为创伤患者术后感染主要的病原菌。骨科创伤患者创面医院感染中,MDRO 检出率高达 40%<sup>[3]</sup>;此外,创伤术后患者肺炎发病率为 25%~35%<sup>[4-5]</sup>。急诊创伤术后切口感染率达 13.64%<sup>[6]</sup>。表明创伤术后患者医院感染发病率较高。

目前,对于创伤患者术后 MDRO 感染的危险因素及预测模型研究较少。本研究基于骨科创伤术后患者的人群数据,采用 lasso logistic 回归模型筛选变量,探讨创伤患者术后 MDRO 感染的相关危险因素,建立列线图(Nomogram)预测模型。实现早期识别与诊断,精准防控,为预防 MDRO 感染与治疗提供参考依据。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 选取 2019 年 1 月—2021 年 1 月郑州市中心医院重症监护病房(ICU)的 458 例骨科创伤患者为研究对象。

1.2 纳入与排除标准 创伤患者诊断标准参考人民军医出版社 2010 年第 1 版《多发伤救治学》中多发伤的定义。纳入标准:(1)骨科创伤患者,伤后生存时间  $\geq 48$  h;(2)入住 ICU,均为手术患者;(3)入院 48 h 以后发生 MDRO 感染,符合 MDRO 感染的诊断标准<sup>[7]</sup>;(4)知情同意且签署知情同意书。排除标准:(1)入院时或入院 48 h 内已诊断为 MDRO 感

染;(2)入院 48 h 内死亡或放弃治疗;(3)临床资料及实验室检查相关资料不全。

1.3 研究方法 采用回顾性研究方法,通过医院信息系统(hospital information system, HIS)调取并收集所有骨科创伤患者的临床资料。调查内容包括性别、年龄、基础疾病、低蛋白血症、糖皮质激素治疗、急性生理学及慢性健康状况评分系统(APACHE II)评分、发热、发热日数、住院日数、手术类型、手术时长、抗菌药物使用种类、抗菌药物使用时间、留置导管、机械通气以及血清清蛋白、降钙素原(PCT)水平等。

1.4 模型的验证研究 另选取 2021 年 2—10 月 224 例骨科创伤患者建立验证组,将验证组数据代入构建的 Nomogram 预测模型,利用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线的曲线下面积(AUC)评价模型的判别能力。

1.5 统计学分析 应用 R(4.0.3)软件进行统计分析,单因素分析采用卡方检验,单因素分析有意义的变量纳入多因素 lasso logistic 回归分析,  $P \leq 0.05$  为差异有统计学意义,采用 Hosmer-Lemeshow 方法对 lasso logistic 回归模型进行拟合优度检验,采用 ROC 评价模型在建模组和验证组中的诊断效能,采用 Bootstrap 方法( $B = 1000$ )进行内部验证,并绘制校准曲线来评估模型的预测效果。采用临床决策曲线(decision curve analysis, DCA)评估模型的预测效率和临床适用性<sup>[8]</sup>。

具体采用“glmnet”程序包进行 lasso logistic 回归模型分析,“rms”程序包完成 Nomogram 预测模型。“ROCR”程序包绘制 ROC 曲线。“risk regression”程序包绘制模型的校准曲线,“rmda”程序包绘制模型的临床决策曲线。

## 2 结果

2.1 MDRO 感染及病原菌分布情况 依据纳入与排除标准,建模组共纳入 458 例骨科住院患者,见图 1。458 例患者年龄为 40~82 岁,平均(41.12±10.64)岁。其中创伤合并 MDRO 感染 114 例,感染率 24.89%,为创伤 MDRO 感染组;非 MDRO 感染组 344 例。

114 例 MDRO 感染患者检出病原菌 114 株,其中耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌(CRAB)37 株(32.46%)、耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(CRKP)25 株(21.93%)、耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌(CRPA)21 株(18.42%)、产超广谱 β-内酰胺酶(ESBLs)肺炎克雷伯菌 14 株(12.28%)、产 ESBLs 大肠埃希菌 9 株(7.89%)、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MR-SA)5 株(4.39%)、其他病原体 3 株(2.63%)。

2.2 MDRO 感染的单因素分析 单因素分析结果显示,病例组与对照组患者的住院日数、发热日数、APACHE II 评分、使用抗菌药物、抗菌药物联合使用、抗菌药物联合使用日数、特殊级抗菌药物使用、特殊级抗菌药物使用日数情况比较,差异均具有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。见表 1。

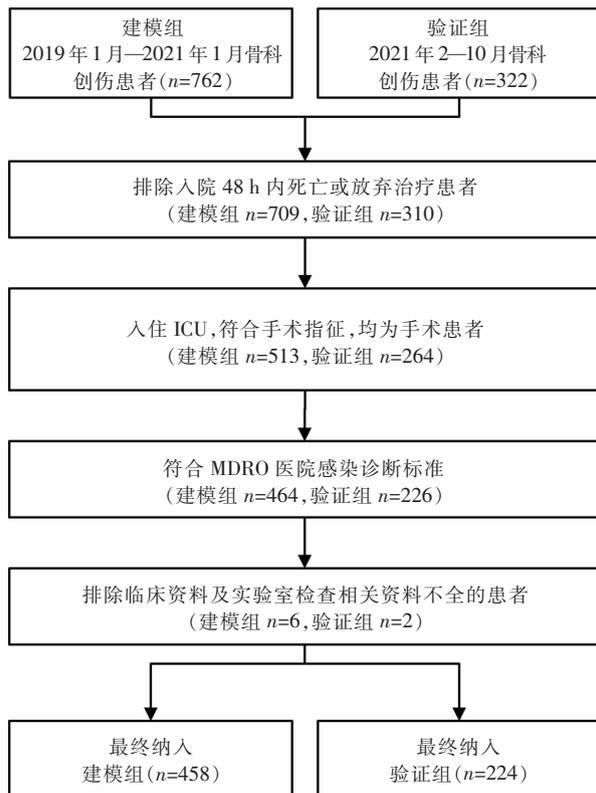


图 1 骨科创伤患者术后 MDRO 感染研究人群筛选流程图  
Figure 1 Flow chart of screening of MDRO infection in patients after orthopaedic trauma surgery

表 1 骨科创伤患者术后 MDRO 感染的单因素分析

Table 1 Univariate analysis on risk factors for MDRO infection in patients after orthopaedic trauma surgery

因素	患者例数 (n = 458)	病例组(n = 114)		对照组(n = 344)		$\chi^2$	P	
		例数	构成比(%)	例数	构成比(%)			
性别	男	111	24	21.62	87	78.38	0.838	0.360
	女	347	90	25.94	257	74.06		
年龄(岁)	≥40	319	80	25.08	239	74.92	0.020	0.888
	<40	139	34	24.46	105	75.54		
高血压	是	324	76	23.46	248	76.54	1.218	0.270
	否	134	38	28.36	96	71.64		
糖尿病	是	184	42	22.83	142	77.17	0.701	0.402
	否	274	72	26.28	202	73.72		
低蛋白血症	是	202	53	26.24	149	73.76	0.351	0.554
	否	256	61	23.83	195	76.17		
糖皮质激素治疗	是	134	31	23.13	103	76.87	0.313	0.576
	否	324	83	25.62	241	74.38		
APACHE II 评分(分)	≥20	195	69	35.38	126	64.62	20.002	<0.001
	<20	263	45	17.11	218	82.89		

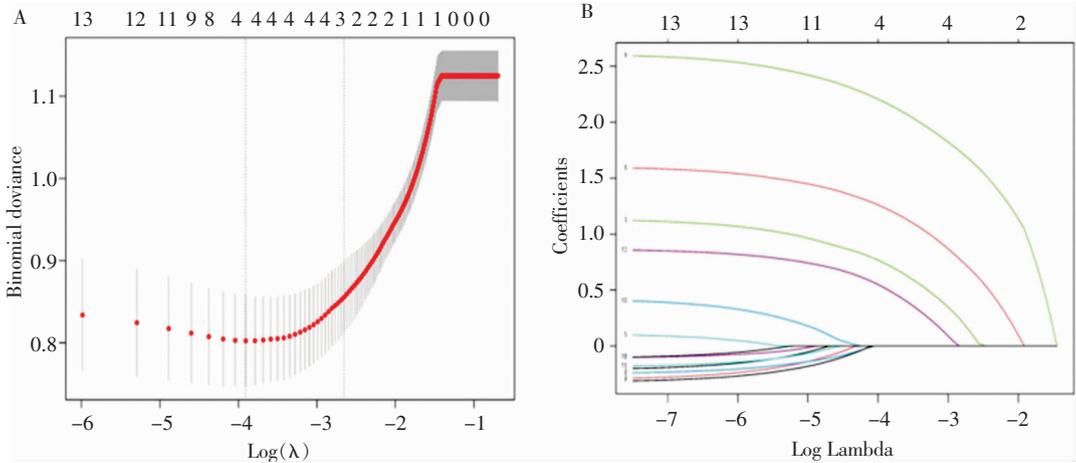
续表 1 (Table 1, Continued)

因素	患者例数 ( <i>n</i> = 458)	病例组 ( <i>n</i> = 114)		对照组 ( <i>n</i> = 344)		$\chi^2$	<i>P</i>	
		例数	构成比(%)	例数	构成比(%)			
发热	是	238	58	24.37	180	75.63	0.072	0.789
	否	220	56	25.45	164	74.55		
发热日数(d)	$\geq 3$	124	68	54.84	56	45.16	81.572	<0.001
	<3	334	46	13.77	288	86.23		
住院日数(d)	$\geq 10$	92	66	71.74	26	28.26	135.154	<0.001
	<10	366	48	13.11	318	86.89		
手术类型	择期	327	91	27.83	236	72.17	5.293	0.062
	急诊	131	23	17.56	108	82.44		
手术时长(h)	无	203	45	22.17	158	7.83	5.348	0.069
	<3	101	34	3.66	67	6.34		
	$\geq 3$	154	35	22.73	119	77.27		
使用抗菌药物	是	239	73	30.54	166	69.46	8.544	0.003
	否	219	41	18.72	178	81.28		
抗菌药物使用日数(d)	$\geq 7$	272	68	25.00	204	5.00	0.004	0.948
	<7	86	46	24.73	140	75.27		
抗菌药物联合使用	是	231	74	32.03	157	67.97	12.723	<0.001
	否	227	40	17.62	187	82.38		
抗菌药物联合使用日数(d)	$\geq 7$	187	80	42.78	107	57.22	54.103	<0.001
	<7	271	34	12.55	237	87.45		
特殊级抗菌药物使用	是	240	79	32.92	161	67.08	17.373	<0.001
	否	218	35	16.06	183	83.94		
特殊级抗菌药物使用日数(d)	$\geq 7$	156	68	43.59	88	56.41	44.247	<0.001
	<7	302	46	15.23	256	84.77		
呼吸机使用	是	233	56	24.03	177	75.97	0.186	0.666
	否	225	58	25.78	167	74.22		
呼吸机使用日数(d)	$\geq 7$	232	63	27.16	169	72.84	1.289	0.256
	<7	226	51	22.57	175	77.43		
中心静脉插管	是	240	59	24.58	181	75.42	0.026	0.873
	否	218	55	25.23	163	74.77		
中心静脉插管日数(d)	$\geq 7$	241	61	25.31	180	74.69	0.048	0.826
	<7	217	53	24.42	164	75.58		
导尿管插管	是	232	51	21.98	181	78.02	2.127	0.145
	否	226	63	27.88	163	72.12		
导尿管插管日数(d)	$\geq 7$	247	65	26.32	182	73.68	0.582	0.445
	<7	211	49	23.22	162	76.78		
入院时血清清蛋白(g/L)	$\geq 30$	299	67	22.41	232	77.59	2.840	0.092
	<30	159	47	29.56	112	70.44		
入院时 PCT (ng/mL)	$\geq 0.5$	284	76	26.76	208	73.24	1.398	0.237
	<0.5	174	38	21.84	136	78.16		

### 2.3 MDRO 感染的多因素 lasso logistic 回归分析

分析 lasso logistic 回归模型,通过交叉验证确定最优  $\lambda$  值。折叠次数为 10,如图 2A 所示。图 2A 中的纵坐标代表目标参数,下方横坐标代表  $\log(\lambda)$ ,图 2A 中两条虚线代表两个特殊  $\lambda$  值,即  $\lambda_{\text{Min}}$ (最小目标参量均值的  $\lambda$  值)和  $\lambda_{1\text{se}}$ (在

$\lambda_{\text{min}}$  表示在一个方差范围内得到最精简模型的  $\lambda$  值)。本研究中,  $\lambda_{1\text{se}}$  的值选择为 0.004 719。随着  $\lambda$  值增大,模型压缩程度增大,进入模型的自变量减少,模型选择主变量的能力会增强<sup>[9]</sup>。见图 2B。



注:A为  $\lambda$  与模型误差;B为  $\lambda$  与变量的解路径。

图 2 lasso 回归变量筛选

Figure 2 Screening for lasso regression variable

以创伤 MDRO 感染组为因变量,单因素分析有统计学意义的因素为自变量,进行二分类 lasso logistic 回归分析,结果显示,APACHE II 评分  $\geq 20$

分、发热日数  $\geq 3$  d、住院日数  $\geq 10$  d、使用抗菌药物、抗菌药物联合使用日数  $\geq 7$  d 是骨科创伤患者合并 MDRO 感染的独立危险因素(均  $P < 0.05$ ),见表 2。

表 2 骨科创伤患者术后 MDRO 感染的多因素 lasso logistic 回归分析

Table 2 Multivariate lasso logistic analysis on risk factors for MDRO infection in patients after orthopaedic trauma surgery

因素	$\beta$	$S_b$	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
APACHE II 评分 $\geq 20$ 分	0.943	0.245	3.840	$<0.001$	2.567	1.593~4.178
发热日数 $\geq 3$ d	0.977	0.250	3.902	$<0.001$	2.656	1.631~4.361
住院日数 $\geq 10$ d	1.270	0.246	5.157	$<0.001$	3.563	2.207~5.808
使用抗菌药物	0.839	0.255	3.296	0.006	2.314	1.415~3.848
抗菌药物联合使用日数 $\geq 7$ d	1.167	0.290	3.025	$<0.001$	2.114	1.329~3.624
常数项	-3.510	0.387	-9.073	$<0.001$	0.030	

2.4 MDRO 感染的 Nomogram 风险模型构建 本研究基于骨科创伤患者术后 MDRO 感染的独立危险因素,建立预测创伤患者术后发生 MDRO 感染风险 Nomogram 模型,见图 3。通过各自变量的回

归系数计算对应得分,然后将各变量的单项得分相加获得相应的总分,总分对应预测骨科创伤患者术后 MDRO 感染发生的概率。

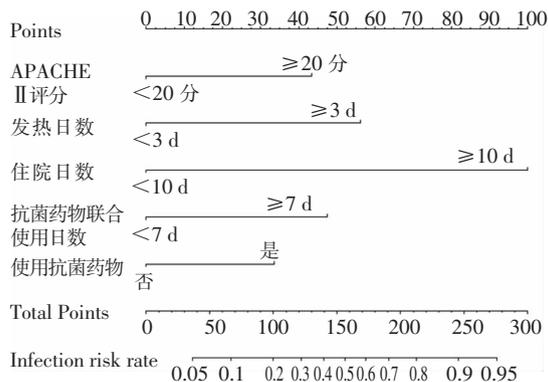


图3 骨科创伤患者术后 MDRO 感染的 Nomogram 风险模型建立

Figure 3 Construction of nomogram risk model for MDRO infection in patients after orthopaedic trauma surgery

2.5 MDRO 感染 Nomogram 风险模型的内部和外部验证 Hosmer-Lemeshow 检验对模型进行拟合优度检验,结果显示建模组  $P = 0.276$ ,验证组  $P = 0.142$ ,提示该 Nomogram 预测模型具有较好的校准度。采用 Bootstrap 法 ( $B = 1\ 000$ )对 Nomogram 模型建模组和验证组进行内部验证,校准曲线说明本研究的 Nomogram 预测模型具有较好的预测能力,见图 4。同时建模组和验证组的两组 AUC 值分别为 0.877 8 (95% CI: 0.842 8~0.912 8) 和 0.871 8 (95% CI: 0.834 2~0.907 8),提示模型具有良好的精准度和区分度,预测能力较强。决策曲线分析显示该预测模型预测价值高,具有一定的临床意义。见图 5。

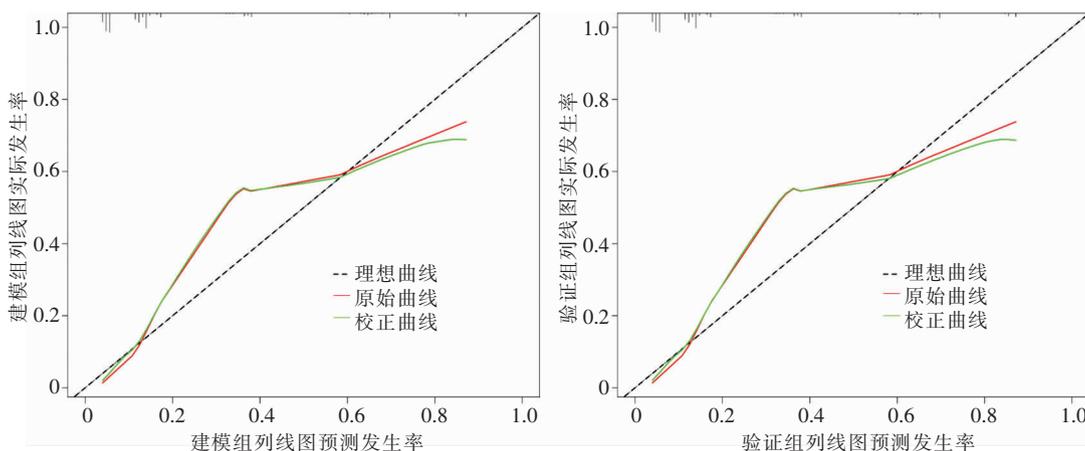


图4 Nomogram 模型预测骨科创伤患者术后 MDRO 感染风险的校准曲线

Figure 4 Calibration curve of nomogram model for predicting the risk of MDRO infection in patients after orthopaedic trauma surgery

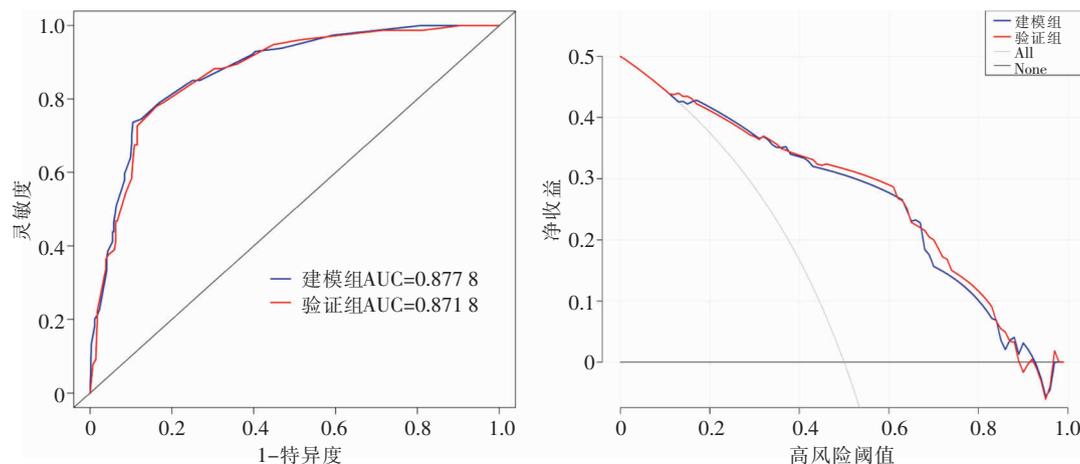


图5 Nomogram 模型的 ROC 曲线和 DCA 曲线分析

Figure 5 ROC curve and DCA curve of the nomogram model

### 3 讨论

近年来,创伤尤其是多发伤的发生率升高,其并发症的发生率也随之增加。术后感染作为主要的并发症,增加患者住院时间,不利于患者的预后,甚至增加患者死亡风险<sup>[10]</sup>。本研究中骨科创伤患者 MDRO 感染占有感染患者的 24.89%,因此,了解创伤术后 MDRO 感染的危险因素对提高患者生存率至关重要。ICU 中创伤患者病情复杂、感染率高,创伤合并感染病例往往存在无有效抗菌药物、抗菌药物不合理使用等情况<sup>[11]</sup>。广谱类抗菌药物的滥用及不合理应用,会导致细菌耐药以及医疗负担过重等问题。因此,早期识别、预警并防控创伤术后发生 MDRO 感染具有重要的临床意义。

lasso 算法是近年来比较热门的方法,特别适用于筛选可能存在多个共线性影响因素的变量。与传统的变量选择方法相比,lasso 回归克服了传统方法在变量选择方面的缺点,具有预测能力强、筛选变量严谨、拟合能力好等优点<sup>[12-13]</sup>。项凤鸣等<sup>[14]</sup>研究表明,与 logistic 回归模型相比,lasso logistic 回归模型选择的变量拟合和预测效果相对较好。Nomogram 是一种在多因素回归分析基础上同时将多个临床预测指标整合后再使用带有刻度的线段绘制图形<sup>[15]</sup>,基于本研究构建的 Nomogram 模型,临床人员可以直观筛选出高风险患者,早期干预,通过加强感控相关措施,如手卫生管理、环境清洁和消毒等,降低医院感染风险,同时优化抗菌药物的合理使用,以减少 MDRO 的产生。

通过 lasso logistic 回归分析本研究筛选出创伤术后 MDRO 感染的 5 项独立危险因素。其中,住院时间延长导致患者更多暴露于医院复杂环境中,感染风险增加。病情较严重患者往往合并多种细菌感染,给临床治疗带来困难。赵建兰等<sup>[16]</sup>研究发现,通过构建 logistic 回归模型,住院日数 $\geq 2$ 周、使用抗菌药物种类 $\geq 2$ 种、使用抗菌药物 $\geq 2$ 周时容易发生 MDRO 感染。此外,班立芳等<sup>[17]</sup>通过监测医院临床科室住院患者 MDRO 感染情况,发现抗菌药物使用种类和住院时间是患者 MDRO 感染的危险因素。谭昆等<sup>[18]</sup>回顾性分析 893 例创伤患者的临床资料发现,发热日数和使用三联抗菌药物的日数是导致患者发生感染的高危因素。一项研究<sup>[19]</sup>通过筛选变量,构建两种预测模型均发现,住院日数 $\geq 10$  d、APACHE II 评分 $\geq 20$ 分是发生医院感染的危险因素。此外,黄匀等<sup>[20]</sup>研究也发现 APACHE II

评分高是影响血流感染患者预后的独立危险因素。

本研究采用 lasso logistic 回归筛选变量,克服了以往 logistic 统计回归模型方程的局限性,在处理各变量间的共线性上有优势。此外,模型的验证结果显示有良好的风险预测能力(验证组的 AUC 为 0.871 8),校准曲线及决策曲线也提示模型具有较高的预测价值,同时构建 Nomogram 模型图可以直观、准确的预测严重多发伤术后 MDRO 感染的风险。本研究的不足之处主要是单中心研究,研究数据存在选择性偏差。研究中纳入的实验室检查指标较少,仍需扩充更多指标来构建模型,同时尚需进一步外部验证,对模型的外推效果进行评价。

综上所述,APACHE II 评分 $\geq 20$ 分、发热日数 $\geq 3$  d、住院日数 $\geq 10$  d、使用抗菌药物、联合使用抗菌药物日数 $\geq 7$  d 是创伤患者术后 MDRO 感染的独立危险因素,Nomogram 风险预测模型的建立有利于早期识别危险因素,及时采取有效的防控措施,降低 MDRO 医院感染的发生风险,实现早期识别与诊断,做到精准防控,为医院感染风险预警机制的建立及抗菌药物的科学化管控提供借鉴意义。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

### [参考文献]

- [1] Sribnick EA, Hensley J, Moore-Clingenpeel M, et al. Nosocomial infection following severe traumatic injury in children [J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2020, 21(5): 443-450.
- [2] Morales-Cané I, López-Soto PJ, Valverde-León MDR, et al. Severe trauma patients and nursing practice-associated infections [J]. *Int J Nurs Pract*, 2020, 26(5): e12853.
- [3] 张泽琼, 谭淦珊, 王述军, 等. 骨科创伤患者院内创面多重耐药菌感染的危险因素分析 [J]. *中华创伤杂志*, 2021, 37(8): 726-732.  
Zhang ZQ, Tan GS, Wang SJ, et al. Analysis on risk factors of nosocomial multi-drug resistant bacteria infection of wounds in orthopedic trauma patients [J]. *Chinese Journal of Trauma*, 2021, 37(8): 726-732.
- [4] 金欠欠, 吴建贤, 张金牛, 等. 急性颈髓损伤患者继发肺部感染高危因素的回顾性研究 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2021, 43(11): 983-986.  
Jin QQ, Wu JX, Zhang JN, et al. Retrospective analysis of the risk factors for secondary pulmonary infection after cervical spinal cord injury [J]. *Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2021, 43(11): 983-986.
- [5] 戴俊芬, 戴伟民, 戚东静, 等. 颅脑损伤开颅术后肺部感染危险因素分析及预测模型构建 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 31(7): 1034-1038.  
Dai JF, Dai WM, Qi DJ, et al. Risk factors for postoperative

- pulmonary infection in patients with craniocerebral injury and establishment of prediction model[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(7): 1034-1038.
- [6] 赵丽敏, 潘晓青. 急诊外科创伤术后切口感染危险因素[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(23): 3552-3555.
- Zhao LM, Pan XQ. Risk factors analysis and preventive measures of postoperative incision infection in emergency surgical trauma patients[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(23): 3552-3555.
- [7] 中华人民共和国卫生部. 卫生部办公厅关于印发《多重耐药菌医院感染预防与控制技术指南(试行)》的通知[J]. 中华人民共和国卫生部公报, 2011(2): 59-61.
- National Health Commission of the People's Republic of China. The General Office of the Ministry of Health on the issuing of the technical guidelines for the prevention and control of multidrug-resistant organism infection (trial)[J]. Gazette of the National Health Commission of People's Republic of China, 2011(2): 59-61.
- [8] Vickers AJ, Holland F. Decision curve analysis to evaluate the clinical benefit of prediction models[J]. Spine J, 2021, 21(10): 1643-1648.
- [9] McEligot AJ, Poynor V, Sharma R, et al. Logistic lasso regression for dietary intakes and breast cancer[J]. Nutrients, 2020, 12(9): 2652.
- [10] 谢天, 张象达, 程彬, 等. 预测多发伤患者入院 72 h 内死亡风险列线图模型的建立[J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32(10): 1208-1212.
- Xie T, Zhang XD, Cheng B, et al. Establishment of a prognostic nomogram model for predicting the first 72-hour mortality in polytrauma patients[J]. Chinese Critical Care Medicine, 2020, 32(10): 1208-1212.
- [11] 敬慧丹, 李洪超, 蒋东坡, 等. 143 例 ICU 老年创伤患者的流行病学分析[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2019, 13(4): 266-271.
- Jing HD, Li HC, Jiang DP, et al. Epidemiological characteristics of 143 elderly trauma patients in intensive care unit[J]. Chinese Journal of Clinicians (Electronic Edition), 2019, 13(4): 266-271.
- [12] 王纯杰, 戚顺欣, 张洪阳. Logistic 回归模型参数的贝叶斯估计及应用[J]. 统计与决策, 2020, 36(22): 14-18.
- Wang CJ, Qi SX, Zhang HY. Bayesian estimation and application for parameters in logistic regression model[J]. Statistics & Decision, 2020, 36(22): 14-18.
- [13] 陶娜, 高伟, 秦国民. 个体化预测老年急性心肌梗死患者 PCI 术后肺部感染风险列线图模型的建立与验证[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(3): 261-267.
- Tao N, Gao W, Qin GM. Establishment and verification of nomogram model for individualized prediction of risk for pulmonary infection in elderly patients with acute myocardial infarction after percutaneous coronary intervention[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2022, 21(3): 261-267.
- [14] 项凤鸣, 周洁, 张丹云, 等. lasso-logistic 回归模型在经皮肾镜碎石取石术后感染性休克影响因素分析中的应用[J]. 中国医院统计, 2020, 27(6): 502-505.
- Xiang FM, Zhou J, Zhang DY, et al. Application of lasso-logistic model in the analysis of septic shock influencing factors after percutaneous nephrolithotripsy[J]. Chinese Journal of Hospital Statistics, 2020, 27(6): 502-505.
- [15] Wei TT, Yang BW, Liu HN, et al. Development and validation of a nomogram to predict coronary heart disease in patients with rheumatoid arthritis in northern China[J]. Aging (Albany NY), 2020, 12(4): 3190-3204.
- [16] 赵建兰, 许东风, 赵静, 等. 老年肺部感染住院患者多药耐药菌感染影响因素的回顾性调查[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(6): 835-838.
- Zhao JL, Xu DF, Zhao J, et al. Retrospective survey of influencing factors for multidrug-resistant organisms infections in elderly hospitalized patients with pulmonary infections[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2019, 29(6): 835-838.
- [17] 班立芳, 李轶, 孔庆飞, 等. 某传染病医院住院患者多重耐药菌感染的监测情况及影响因素分析[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(12): 925-927.
- Ban LF, Li Y, Kong QF, et al. Surveillance status and influencing factors of multidrug-resistant organism infection in inpatients in an infectious disease hospital[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2020, 37(12): 925-927.
- [18] 谭昆, 魏诗晴, 徐敏, 等. 创伤患者医院感染及相关因素分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(8): 1201-1204.
- Tan K, Wei SQ, Xu M, et al. Related factors for nosocomial infection in traumatic patients[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2019, 29(8): 1201-1204.
- [19] 郭磊磊, 秦红英, 张艺, 等. 重症监护病区医院感染风险预测模型构建[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(8): 1239-1244.
- Guo LL, Qin HY, Zhang Y, et al. Construction of risk prediction model for nosocomial infection in intensive care unit [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2019, 29(8): 1239-1244.
- [20] 黄匀, 龚晨晨, 付建宇, 等. 重症监护病房血流感染预后危险因素分析[J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32(12): 1440-1444.
- Huang Y, Gong CC, Fu JY, et al. Analysis of prognostic risk factors of bloodstream infection in intensive care unit patients [J]. Chinese Critical Care Medicine, 2020, 32(12): 1440-1444.

(本文编辑:陈玉华)

**本文引用格式:**郭磊磊, 秦红英, 张尚书, 等. 骨科创伤患者术后多重耐药菌感染风险 Nomogram 模型构建与验证[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(6): 584-591. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222616.

**Cite this article as:** GUO Lei-lei, QIN Hong-ying, ZHANG Shang-shu, et al. Establishment and validation of nomogram model for the risk of multidrug-resistant organism infection in patients after orthopedic trauma surgery[J]. Chin J Infect Control, 2022, 21(6): 584-591. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222616.