

# 个体化预测老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染风险的列线图模型构建\*

彭 凤 易建平\*\* 杨 敏 王 艳

成都医学院第一附属医院, 成都 610500

**[摘要]** **目的** 探讨老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染的影响因素, 并构建列线图模型。**方法** 选取 2021 年 5 月—2023 年 9 月成都医学院第一附属医院收治的 360 例接受手术治疗的老年创伤性四肢骨折患者作为研究对象, 采用随机数字表法分为建模组 252 例与验证组 108 例。采用 LASSO 回归、logistic 回归分析术后切口感染的影响因素, 根据影响因素构建列线图, 通过 ROC 曲线、校准曲线评估风险预测模型的预测性能及效果。**结果** 27 个研究变量纳入 LASSO 回归模型中进行筛选, 基于最小值与标准化构建 2 个模型。模型 1 共纳入 12 个变量, 分别为体质量指数 (BMI)、使用钢板、合并糖尿病、引流管放置时间、切口类型、手术时间、切口长度、术后 3 天外周血 C 反应蛋白与白蛋白比值 (CAR)、血清降钙素原 (PCT)/白蛋白 (ALB)、白细胞介素-6 (IL-6)、中性粒细胞与淋巴细胞比值 (NLR) 及血清红细胞沉降率 (ESR); 模型 2 共纳入 7 个变量, 分别为合并糖尿病、引流管放置时间及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR 及 ESR。以术后切口是否发生感染为因变量, 模型 1 与模型 2 中经 LASSO 回归筛选出的变量作为自变量, 分别构建 logistic 回归分析模型, 模型 1 结果显示: BMI $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup>、合并糖尿病、切口类型 III 型、手术时间、切口长度、使用钢板、引流管放置时间 $\geq 6$  d 及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR 均为老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染的独立危险因素 ( $P < 0.05$ ); 模型 2 结果显示: 合并糖尿病、引流管放置时间 $\geq 6$  d 及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR 及 ESR 均为老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染的独立危险因素 ( $P < 0.05$ )。模型 1 在建模组与验证组中的 ROC 曲线下面积分别为 0.949 (95% CI: 0.898 ~ 1.000)、0.981 (95% CI: 0.956 ~ 1.000), 且模型 1 在建模组与验证组中的 Hosmer-Lemeshow 检验结果显示该模型未偏离完美拟合, 校准曲线一致性良好。模型 2 在建模组与验证组中的 ROC 曲线下面积分别为 0.882 (95% CI: 0.787 ~ 0.977)、0.921 (95% CI: 0.843 ~ 1.000), 且模型 2 在建模组与验证组中的 Hosmer-Lemeshow 检验显示该模型偏离完美拟合, 校准曲线一致性不佳。**结论** BMI、合并糖尿病、切口类型、手术时间、切口长度、使用钢板、引流管放置时间及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR 是引发老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染的影响因素。

**[关键词]** 创伤性四肢骨折; 切口感染; 列线图; 影响因素

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2024.05.007

## Construction of a Nomogram Model for Individualized Prediction of the Risk of Postoperative Incision Infection in Elderly Patients with Traumatic Limb Fracture

Peng Feng, Yi Jianping\*\*, Yang Min, Wang Yan

The First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College, Chengdu 610500

\*\* Corresponding author: Yi Jianping, email: dmrn613@163.com

**[Abstract]** **Objective** To explore the influencing factors of incision infection in elderly patients with traumatic limb fracture after surgery, and to construct a nomographic model. **Methods** A total of 360 elderly patients with traumatic limb fracture who received surgical treatment in the First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College from May 2021 to September 2023 were selected as the study subjects and divided into the modeling group ( $n = 252$ ) and the verification group ( $n = 108$ ) by the computer random number table. LASSO regression and logistic regression were used to analyze the influencing factors of postoperative incision infection, and column line diagrams were constructed according to the influencing factors, and the predictive performance and effect of the risk prediction model were evaluated by ROC curve and calibration curve. **Results** Twenty-seven research variables were included in the LASSO regression model for screening, and two models were constructed based on minimum values and standardization. Model 1 included 12 var-

\* 2022 年校级教育教学项目立项清单 (JG2022025); 2021 年成都医学院四川应用心理学研究中心立项 (CSXL-212A22); 2021 年医院发展研究中心立项项目 (YYFZ21006)

\*\* 通讯作者: 易建平, 电子邮箱 dmrn613@163.com

ables, including body mass index (BMI), use of steel plate, diabetes, drainage tube placement time, incision type, operation time, incision length, the ratio of peripheral blood C-reactive protein to albumin (CAR), serum procalcitonin (PCT) /albumin (ALB), interleukin-6 (IL-6), neutrophil to lymphocyte ratio (NLR), and serum erythrocyte sedimentation rate (ESR) three days after operation. Seven variables were included in model 2, including diabetes, drainage tube placement time, and peripheral blood CAR, PCT/ALB, IL-6, NLR, ESR 3 days after surgery. The logistic regression analysis models were constructed with the dependent variable of whether the incision infection occurred after surgery, and the variables screened by LASSO regression in model 1 and model 2 as independent variables. The results of model 1 showed that  $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$ , combined with diabetes, incision type III, operation time, incision length, use of steel plate, placement time of drainage tube  $\geq 6$  days, and peripheral blood CAR, PCT/ALB, IL-6, NLR, ESR 3 days after surgery were independent risk factors for postoperative incision infection in elderly patients with traumatic limb fracture ( $P < 0.05$ ). The results of model 2 showed that the combination of diabetes, the placement time of drainage tube  $\geq 6$  days and the peripheral blood CAR, PCT/ALB, IL-6, NLR, ESR 3 days after operation were independent risk factors for postoperative incision infection in elderly patients with traumatic limb fracture ( $P < 0.05$ ). The area under the ROC curve of Model 1 in the modeling and validation groups was respectively 0.949 (95% CI: 0.898 - 1.000) and 0.981 (95% CI: 0.956 - 1.000), respectively. The results of the Hosmer Lemeshow test for Model 1 in the modeling and validation groups showed that the model did not deviate from a perfect fit, and the consistency of the calibration curve was good. The area under the ROC curve of Model 2 in the modeling and validation groups was respectively 0.882 (95% CI: 0.787 - 0.977) and 0.921 (95% CI: 0.843 - 1.000), respectively. Furthermore, the Hosmer Lemeshow test of Model 2 in the modeling and validation groups showed that the model deviated from a perfect fit and the consistency of the calibration curve was poor. **Conclusion** BMI, combined diabetes, incision type, operation time, incision length, use of steel plate, placement time of drainage tube, CAR, PCT/ALB, IL-6, NLR and ESR of peripheral blood 3 days after operation are the influencing factors of postoperative incision infection in elderly patients with traumatic limb fracture.

[Key words] Traumatic limb fracture; Incision infection; Nomogram; Influencing factor

手术是创伤性四肢骨折的主要治疗手段,但受多种因素影响术后易并发切口感染<sup>[1]</sup>。老年患者由于自身免疫力低下,术后感染发生风险更高。若术后出现切口感染可影响切口愈合,延长住院时间<sup>[2]</sup>。若为内固定融合术后的感染,还需进行手术清创,应用抗菌药物,严重者甚至需要截肢。本研究拟探讨术后切口感染的影响因素,并构建列线图模型,为临床感染防治工作提供参考。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取2021年5月—2023年9月成都医学院第一附属医院收治的360例接受手术治疗的老年创伤性四肢骨折患者作为研究对象。采用随机数字表法分为建模组252例与验证组108例。男208例,女152例;年龄60~80岁,平均(68.59±3.14)岁;受伤至入院时间1~17h,平均(7.39±2.14)h。纳入标准:①经X线片等确诊为四肢骨折;②年龄 $\geq 60$ 岁;③需接受四肢骨折手术;④认知功能正常;⑤临床资料完整。排除标准:①术前骨折部位已发生感染;②术前合并其他感染性疾病;③严重肝、肾、心功能不全;④依从性差,不能配合调查研究。本研究经医院伦理委员会审核批准,患者均签署知情同意书。

### 1.2 方法

采用院内自制一般资料调查问卷收集研究对象资料,包括术中出血量、性别、饮酒史、合并症、手术时间、骨折类型、吸烟史、受伤至入院时间、年龄、手术部位、麻醉方式、切口类型、体质量指数(Body mass index, BMI)、清创时间、术中是否输入异

体血、是否使用钢板、切口长度、引流管放置时间、是否预防性使用抗菌药物等。其中 $BMI \geq 28 \text{ kg/m}^2$ 为肥胖,合并症包括糖尿病、高血压、冠心病、慢性阻塞性肺疾病(简称慢阻肺)。

由责任护士采集研究对象术后3天晨起空腹静脉血5 mL,检验科检测。其中一部分静脉血以3 000 r/min离心12 min(离心半径10 cm)取血清,酶联免疫法测定白细胞介素-6(Interleukin-6, IL-6)水平,免疫放射比浊法测定C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)水平,Westergren法测定血清红细胞沉降率(Erythrocyte sedimentation rate, ESR),荧光免疫分析仪测定血清降钙素原(Procalcitonin, PCT);另一部分静脉血以全自动生化分析仪测定白蛋白(Albumin, ALB)、中性粒细胞、淋巴细胞数目,并计算CRP与ALB比值(CRP/ALB ratio, CAR)、PCT/ALB、中性粒细胞与淋巴细胞比值(Neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR)。

### 1.3 切口感染诊断标准

参照中华人民共和国卫生部制定的标准:术后1年内发生、与手术有关、涉及深部筋膜和肌肉层的手术部位感染,且经组织病理学、影像学、穿刺或手术证实分泌物病原菌培养阳性,或手术部位存在脓肿感染证据,或手术切口内部有脓性分泌物,或体温超过 $38 \text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[3]</sup>。

### 1.4 统计学方法

采用SPSS26.0统计学软件、R软件(3.5.3)及rms程序包进行数据分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 $t$ 检验;计数资料采用 $\chi^2$ 检验,等级计数资料采用非参数秩和检验;以LASSO回

归、logistic回归分析术后切口感染的影响因素；绘制影响因素的列线图，以 ROC 曲线评价列线图模型的预测效能，以校准曲线评估预测模型区分度及准确度； $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 老年创伤性四肢骨折患者的基线特征

本研究建模组共纳入 252 例老年创伤性四肢骨

折患者，根据术后是否发生切口感染分为感染组 21 例与非感染组 231 例。两组在合并糖尿病、骨折类型、受伤至入院时间、手术部位、切口类型、清创时间、切口长度、使用钢板情况、引流管放置时间及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR 比较，差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )，见表 1。

表 1 基线特征  
Tab. 1 Baseline features

指标	感染组(21例)	非感染组(231例)	$\chi^2/t/U$ 值	$P$ 值
男性[例(%)]	12(57.14)	138(59.74)	0.054	0.816
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	69.42 $\pm$ 4.32	68.11 $\pm$ 3.75	1.049	0.300
BMI $\geq$ 28 kg/m <sup>2</sup> [例(%)]	7(33.33)	35(15.15)	3.366	0.067
吸烟史[例(%)]	3(14.29)	27(11.69)	0.124	0.725
饮酒史[例(%)]	5(23.81)	39(16.88)	0.250	0.617
合并糖尿病[例(%)]	5(23.81)	20(8.66)	4.945	0.026
合并高血压[例(%)]	6(28.57)	64(27.71)	0.007	0.932
合并冠心病[例(%)]	1(4.76)	11(4.76)	0.286	0.593
合并慢阻肺[例(%)]	1(4.76)	7(3.03)	0.047	0.829
骨折类型[例(%)]			5.304	0.021
开放性骨折	13(61.90)	84(36.36)		
闭合性骨折	8(38.10)	147(63.64)		
受伤至入院时间( $\bar{x} \pm s$ , h)	8.14 $\pm$ 3.09	6.25 $\pm$ 2.31	0.245	0.030
手术部位[例(%)]			14.566	<0.001
上肢	6(28.57)	161(69.70)		
下肢	15(71.43)	70(30.30)		
麻醉方式[例(%)]			0.002	0.969
全身麻醉	8(38.10)	89(38.53)		
局部麻醉	13(61.90)	142(61.47)		
切口类型[例(%)]			2.903	0.004
I型	5(23.81)	138(59.74)		
II型	10(47.62)	65(28.14)		
III型	6(28.57)	28(12.12)		
清创时间( $\bar{x} \pm s$ , h)	7.11 $\pm$ 1.24	3.89 $\pm$ 0.94	9.483	<0.001
手术时间( $\bar{x} \pm s$ , min)	182.36 $\pm$ 60.28	153.44 $\pm$ 58.41	1.579	0.122
切口长度( $\bar{x} \pm s$ , cm)	14.82 $\pm$ 4.59	10.27 $\pm$ 3.05	3.784	0.001
术中出血量( $\bar{x} \pm s$ , mL)	582.63 $\pm$ 189.11	569.49 $\pm$ 125.96	0.266	0.793
术中输入异体血[例(%)]	2(9.52)	22(9.52)	0.151	0.698
使用钢板[例(%)]	16(76.19)	44(19.05)	34.650	<0.001
引流管放置时间 $\geq$ 6 d[例(%)]	14(66.67)	99(42.86)	4.412	0.036
预防性使用抗菌药物[例(%)]	18(85.71)	177(76.62)	0.464	0.496
CAR( $\bar{x} \pm s$ )	2.83 $\pm$ 0.65	1.28 $\pm$ 0.51	8.598	<0.001
PCT/ALB( $\bar{x} \pm s$ )	1.26 $\pm$ 0.32	0.78 $\pm$ 0.20	5.829	<0.001
IL-6( $\bar{x} \pm s$ , ng/L)	78.42 $\pm$ 12.39	45.69 $\pm$ 14.83	7.762	<0.001
NLR( $\bar{x} \pm s$ )	4.85 $\pm$ 1.26	2.23 $\pm$ 0.57	6.682	<0.001
ESR( $\bar{x} \pm s$ , mm/h)	60.25 $\pm$ 20.83	37.41 $\pm$ 12.64	4.296	<0.001

### 2.2 基于 LASSO 回归的变量筛选

将表 1 中 27 个研究变量纳入 LASSO 回归模型中进行筛选, 分别基于最小值 ( $\lambda_{min}$ ) 与标准化 ( $\lambda_{1se}$ ) 构建 2 个模型。模型 1 共纳入 12 个变量, 分别为 BMI、使用钢板、合并糖尿

病、引流管放置时间、切口类型、手术时间、切口长度及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR; 模型 2 共纳入 7 个变量, 分别为合并糖尿病、引流管放置时间及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR。见图 1。

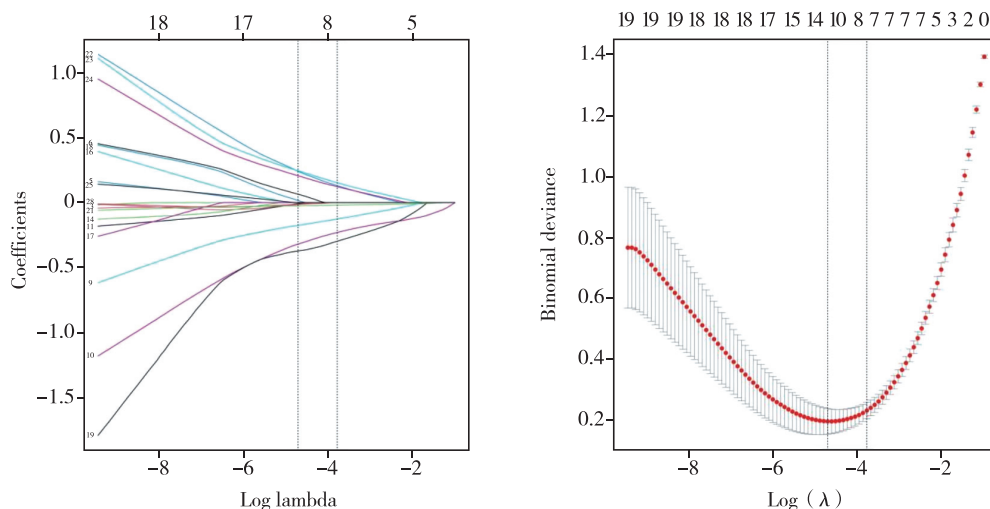


图 1 基于 LASSO 回归的特征性变量的筛选

Fig. 1 Screening of characteristic variables based on LASSO regression

### 2.3 切口感染的 logistic 回归分析

以术后切口是否发生感染为因变量 (无 = 0, 感染 = 1), 模型 1 与模型 2 中经 LASSO 回归筛选出的变量为自变量 [分类变量: BMI ( $< 28 \text{ kg/m}^2 = 1$ ,  $\geq 28 \text{ kg/m}^2 = 2$ )、合并糖尿病 (无 = 0, 有 = 1)、切口类型 (I 型 = 1, II 型 = 2, III 型 = 3)、使用钢板 (否 = 1, 是 = 1)、引流管放置时间 ( $< 6 \text{ d} = 1$ ,  $\geq 6 \text{ d} = 2$ ); 连续型变量: 手术时间、切口长度、CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR (纳入原值)], 分别构建 logistic 回

归分析模型。模型 1 结果显示,  $\text{BMI} \geq 28 \text{ kg/m}^2$ 、合并糖尿病、切口类型 III 型、手术时间、切口长度、使用钢板、引流管放置时间  $\geq 6 \text{ d}$  及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR 均为老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染的独立危险因素 ( $P < 0.05$ ); 模型 2 结果显示, 合并糖尿病、引流管放置时间  $\geq 6 \text{ d}$  及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR 均为老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染的独立危险因素 ( $P < 0.05$ ), 见表 2。

表 2 模型 1 和模型 2 的 logistic 回归分析

Tab. 2 Logistic regression analysis for model 1 and model 2

因素	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P 值	OR	95% CI
模型 1						
BMI $\geq 28 \text{ kg/m}^2$	1.203	0.341	12.552	<0.001	3.347	1.357 ~ 8.256
合并糖尿病	1.613	0.357	20.415	<0.001	5.018	2.041 ~ 12.337
切口类型 III 型	1.631	0.402	16.459	<0.001	5.109	1.027 ~ 25.411
手术时间	1.831	0.378	23.472	<0.001	6.242	3.036 ~ 12.834
切口长度	1.570	0.340	21.335	<0.001	4.809	2.456 ~ 9.416
使用钢板	1.967	0.393	25.043	<0.001	7.147	3.254 ~ 15.697
引流管放置时间 $\geq 6 \text{ d}$	1.803	0.412	19.150	<0.001	6.067	2.984 ~ 12.337
CAR	2.171	0.405	28.734	<0.001	8.767	3.024 ~ 25.415
PCT/ALB	2.014	0.402	25.103	<0.001	7.494	2.789 ~ 20.137
IL-6	1.606	0.397	16.372	<0.001	4.985	1.569 ~ 15.836
NLR	1.769	0.415	18.165	<0.001	5.864	2.036 ~ 16.887
ESR	1.771	0.433	16.730	<0.001	5.877	2.634 ~ 13.114

续表 2 模型 1 和模型 2 的 logistic 回归分析

因素	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P 值	OR	95% CI
模型 2						
合并糖尿病	1.770	0.357	24.572	<0.001	5.869	2.175 ~ 15.836
引流管放置时间 $\geq 6$ d	1.919	0.412	21.695	<0.001	6.814	3.012 ~ 15.416
CAR	1.892	0.405	21.828	<0.001	6.634	3.415 ~ 12.887
PCT/ALB	1.931	0.402	23.066	<0.001	6.894	2.637 ~ 18.024
IL-6	1.593	0.397	16.103	<0.001	4.919	1.631 ~ 14.836
NLR	1.712	0.415	17.009	<0.001	5.538	2.041 ~ 15.024
ESR	1.650	0.433	14.523	<0.001	5.208	2.447 ~ 11.083

2.4 列线图模型的构建

绘制老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染风险的预测列线图。以模型 1 为例，若患者 BMI  $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup>，合并糖尿病，切口类型为 III 类，引流管放置时间  $\geq 6$  d，使用钢板，手术时

间及切口长度较长，术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR 及 ESR 均升高，列线图上总评分为 221，该患者风险预测值为 0.423，见图 2。以模型 2 为例，该患者风险预测值约为 0.447，见图 3。

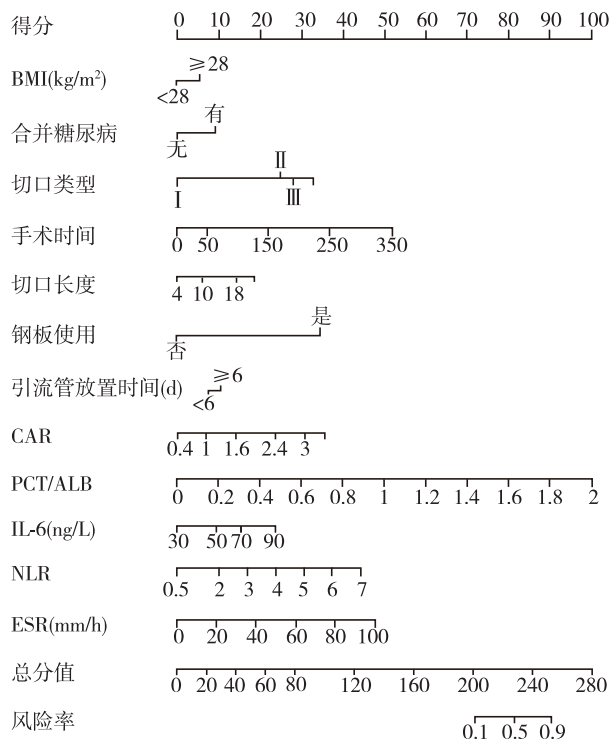


图 2 模型 1 的列线图

Fig. 2 Column chart of Model 1

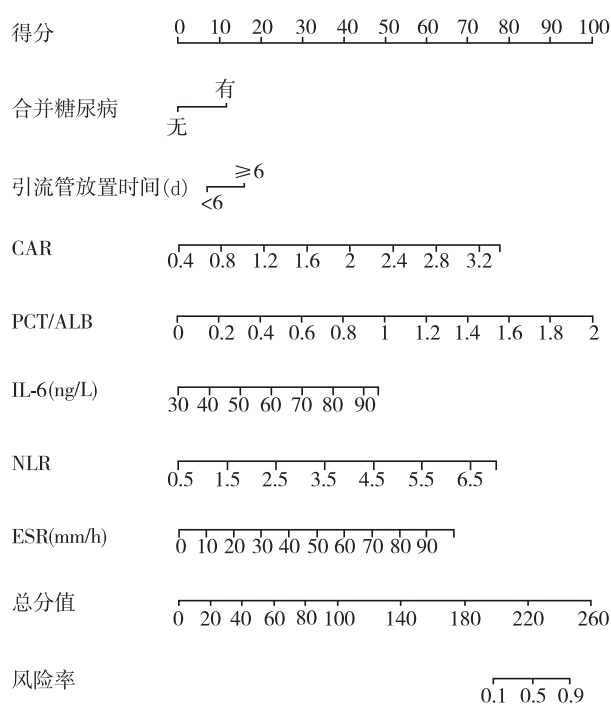


图 3 模型 2 的列线图

Fig. 3 Column chart of Model 2

2.5 风险预测模型的评价及效果分析

ROC 曲线分析显示，模型 1 在建模组与验证组中的曲线下面积值为 0.949 (95% CI: 0.898 ~ 1.000)、0.981 (95% CI: 0.956 ~ 1.000)，模型 2 在建模组与验证组中的曲线下面积为 0.882 (95% CI: 0.787 ~ 0.977)、0.921 (95% CI: 0.843 ~ 1.000)，均显示模型 1 的曲线下面积值大于模型

2，提示模型 1 区分度良好，见图 4 ~ 7。

模型 1 在建模组与验证组中的 Hosmer-Lemeshow 检验显示该模型未偏离完美拟合，校准曲线一致性良好，见图 8 ~ 9。模型 2 在建模组与验证组中的 Hosmer-Lemeshow 检验显示该模型偏离完美拟合，校准曲线一致性不佳，见图 10 ~ 11。由此说明，模型 1 的校准曲线较模型 2 一致性更高。

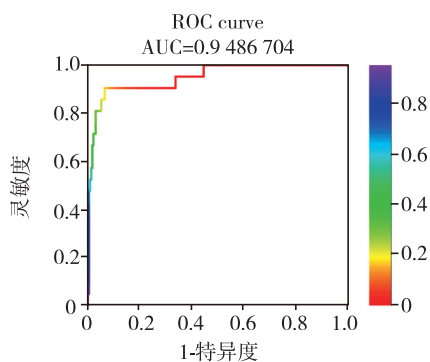


图4 模型1的ROC曲线(建模组)  
**Fig. 4** ROC curve of Model 1 (modeling group)

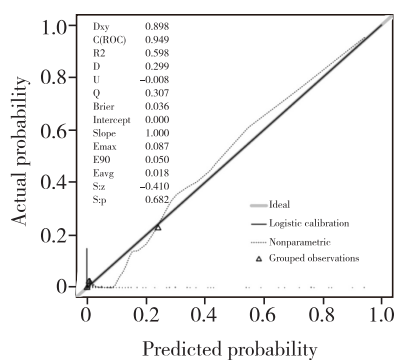


图8 模型1的校准曲线(建模组)  
**Fig. 8** Calibration curve of Model 1 (modeling group)

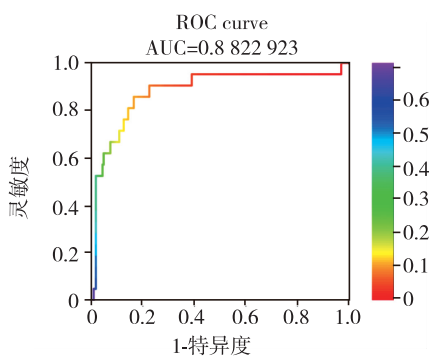


图5 模型2的ROC曲线(建模组)  
**Fig. 5** ROC curve of Model 2 (modeling group)

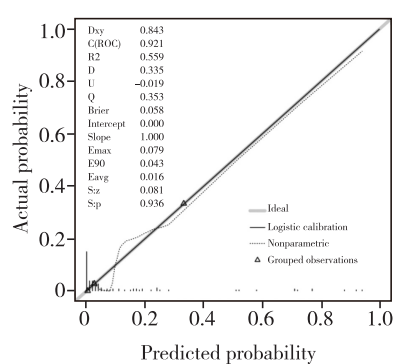


图9 模型1的校准曲线(验证组)  
**Fig. 9** Calibration curve of Model 1 (validation group)

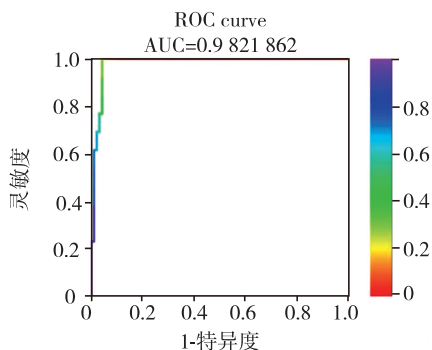


图6 模型1的ROC曲线(验证组)  
**Fig. 6** ROC curve of Model 1 (validation group)

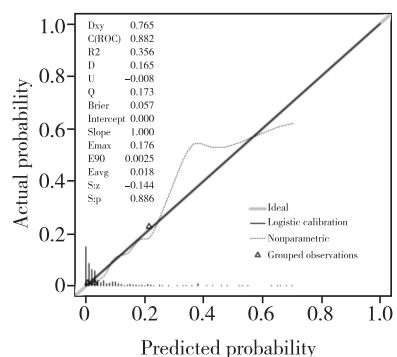


图10 模型2的校准曲线(建模组)  
**Fig. 10** Calibration curve of Model 2 (modeling group)

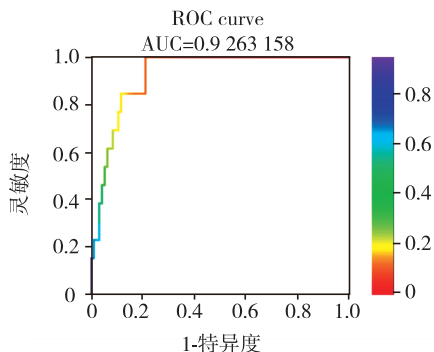


图7 模型2的ROC曲线(验证组)  
**Fig. 7** ROC curve of Model 2 (validation group)

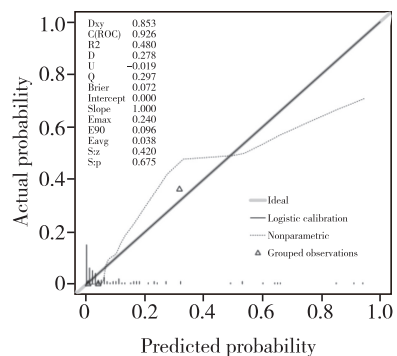


图11 模型2的校准曲线(验证组)  
**Fig. 11** Calibration curve of Model 2 (validation group)

### 3 讨论

术后切口感染可影响伤口愈合, 延长住院时间, 应引起临床广泛关注。本研究采用 LASSO 回归、logistic 回归分析老年创伤性四肢骨折手术患者术后切口感染的影响因素, 分别获得模型 1 和模型 2 分析, 采用 ROC 曲线、校准曲线对模型 1、模型 2 进行评价及效果分析, 结果显示模型 1 区分度更好, 校准曲线一致性更高, 因此, 本研究对模型 1 中相关影响因素进行进一步讨论。

BMI  $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup> 提示患者体型肥胖, 肥胖患者手术定位较为困难, 在切口闭合过程中容易形成死腔, 且肥胖患者大多运动较少, 体质较差, 难以抵抗病原菌侵袭, 因此术后切口感染风险较高<sup>[4]</sup>。临床多项研究指出, 合并糖尿病术后更易发生感染<sup>[5-6]</sup>。与本研究结果一致, 其原因在于高血糖水平可为微生物的繁殖、生长提供营养, 且糖尿病患者免疫力较低, 伤口愈合较慢, 因此更易发生感染。手术切口类型分为 I、II 和 III 类, 分别表示清洁切口、可能感染的切口、肯定感染的切口, 因此 III 类切口类型多存在不同程度的细菌感染或异物未处理的问题, 感染风险更高; 而且 III 类切口类型多为急诊治疗, 手术准备时间较短, 易发生清创不彻底, 诱发切口感染<sup>[7]</sup>。本研究还发现手术时间、使用钢板、切口长度等手术相关因素也会增加术后切口感染的风险。手术时间长的患者伤口暴露时间长, 故切口受到感染的概率更大。使用钢板固定骨折部位易在体内形成死腔, 增加感染概率。手术切口越长提示创伤面越大, 伤口与医疗器械接触的时间越长, 从而易增加病原菌侵袭概率, 增加感染风险。放置引流管属医疗性创口, 可使外界与伤口内部连通, 长时间放置会增加细菌定植概率, 引发术后切口感染<sup>[8]</sup>。

本研究模型 1 显示外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR 及 ESR 升高与术后切口感染密切相关。其中 CRP、IL-6、PCT 等与机体炎症反应密切相关, 当机体发生炎症后, 这些指标会异常升高, 增加机体感染风险<sup>[9-10]</sup>。ALB 可反映机体营养状态, 当机体受到炎症刺激后可使急性蛋白合成增多, ALB 合成原料减少, 以致 ALB 水平异常降低。因此 CAR、PCT/ALB 数值可反映机体炎症程度及营养状态, 其数值越高表明机体炎症反应越严重, 营养状态越差, 因此术后更易发生切口感染<sup>[11]</sup>。中性粒细胞是促炎细胞, 淋巴细胞计数可反映机体免疫调节功能, 因此 NLR 可反映机体炎症与免疫调节之间的平衡, 当 NLR 异常升高时表明机体炎症程度较高, 免疫功能较差, 因此术后切口感染风险较高<sup>[12]</sup>。正常生理状态下 ESR 波动范围较窄, 当机体出现病理性损伤时其水平会异常升高, 正常情况下由于受手术创伤等应激性刺激, 其水平会异常升高, 但在术后 3 天左右开始逐渐下降<sup>[13]</sup>。但本研究结果显示, 术后 3 天感染组 ESR

仍高于非感染组, 表明 ESR 水平过高, 术后伤口感染发生风险较高。因此临床可于术后动态监测外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR 及 ESR, 发现异常情况及时进行对应处理, 预防术后切口感染的发生。

综上所述, 切口长度、BMI、手术时间、合并糖尿病、切口类型、使用钢板、引流管放置时间及术后 3 天外周血 CAR、PCT/ALB、IL-6、NLR、ESR 是老年创伤性四肢骨折患者术后切口感染的独立影响因素, 临床可针对性地做到早预防、早发现、早处理, 有效降低术后切口感染的风险。

### 参考文献

- [1] 陈彦, 林琳, 严小林, 等. 四肢骨折术后切口感染病原菌及危险因素 [J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31 (2): 259-263.  
Chen Y, Lin L, Yan X L, et al. Pathogenic incision infection and risk factors after limb fracture [J]. *Chin J Nosocomiol*, 2021, 31 (2): 259-263.
- [2] 陈延军. 四肢骨折手术后深部切口感染的影响因素研究 [J]. 医药论坛杂志, 2017, 38 (4): 125-126.  
Chen Y J. Study on the influencing factors of deep incision infection after limb fracture surgery [J]. *J Med Forum*, 2017, 38 (4): 125-126.
- [3] 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): 314-320.  
Ministry of Health of the People's Republic of China. Diagnostic Criteria for Nosocomial Infections (Trial) [J]. *Nat Med J China*, 2001, 81 (5): 314-320.
- [4] 李国梁, 李亚楠, 潘志坚, 等. 胃部手术切口感染影响因素及药物敏感性 [J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31 (15): 2323-2326.  
Li G L, Li Y N, Pan Z J, et al. Factors affecting gastric surgical incision infection and drug sensitivity [J]. *Chin J Nosocomiol*, 2021, 31 (15): 2323-2326.
- [5] Han C, Chen W, Ye X L, et al. Risk factors analysis of surgical site infections in postoperative colorectal cancer: a nine-year retrospective study [J]. *BMC Surg*, 2023, 23 (1): 320.
- [6] 蒲晓姝, 蒋婷, 张兰芳, 等. 下肢创面皮瓣修复术后院内切口感染情况及其影响因素分析 [J]. 河北医学, 2021, 27 (11): 1866-1871.  
Pu X S, Jiang T, Zhang L F, et al. Analysis of nosocomial incision infection and its influencing factors after lower limb wound flap repair [J]. *Hebei Med*, 2021, 27 (11): 1866-1871.
- [7] Marzoug O A, Anees A, Malik E M. Assessment of risk factors associated with surgical site infection following abdominal surgery: a systematic review [J]. *BMJ Surg Interv Health Technol*, 2023, 5 (1): e000182.
- [8] 苗家园, 刘强, 张成虎, 等. 儿童急性阑尾炎急诊手术切口感染发生危险因素研究 [J]. 临床军医杂志, 2021, 49 (12): 1375-1377, 1382.  
Miao J Y, Liu Q, Zhang C H, et al. Study on risk fac-

- tors of emergency surgical incision infection in acute appendicitis in children [J]. Clin J Med Offic, 2021, 49 (12): 1375 - 1377, 1382.
- [9] Galván-Román J M, Rodríguez-García S C, Roy-Vallejo E, et al. IL-6 serum levels predict severity and response to tocilizumab in COVID-19: an observational study [J]. J Allergy Clin Immunol, 2021, 147 (1): 72 - 80. e8.
- [10] Wussler D, Kozuharov N, Tavares Oliveira M, et al. Clinical utility of procalcitonin in the diagnosis of pneumonia [J]. Clin Chem, 2019, 65 (12): 1532 - 1542.
- [11] 肖志强, 刘永生, 王翠香. 血清 PCT/ALB 比值对脑出血患者术后颅内感染的预测价值 [J]. 河南医学研究, 2023, 32 (6): 1037 - 1040.  
Xiao Z Q, Liu Y S, Wang C X. Predictive value of serum PCT / ALB ratio for postoperative intracranial infection in patients with intracerebral hemorrhage [J]. Henan Med Res, 2023, 32 (6): 1037 - 1040.
- [12] 黄琪惠, 张琳. 中性粒细胞/淋巴细胞比值、C-反应蛋白/白蛋白及低钙在重症颅脑损伤并早期呼吸机相关性肺炎的价值分析 [J]. 实用医学杂志, 2021, 37 (7): 903 - 908.  
Huang Q H, Zhang L. Value analysis of neutrophil / lymphocyte ratio, C-reactive protein / albumin and hypocalcemia in severe craniocerebral injury and early ventilator-associated pneumonia [J]. J Pract Med, 2021, 37 (7): 903 - 908.
- [13] 王军松, 郭徽, 康晓琦, 等. 开放性肢体骨折内固定术后感染患者的 ESR 与 CRP 和 WBC [J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30 (12): 1851 - 1855.  
Wang J S, Guo H, Kang X Q, et al. ESR with CRP and WBC in infected patients after internal fixation of open limb fractures [J]. Chin J Nosocomiol, 2020, 30 (12): 1851 - 1855.

(2023-12-01 收稿)

## 片语健康

### 维系健康的机制

疾病是进化的驱动力, 诱导变异。在疾病的压力下, 进化中的人“一点一点”地获得抵抗疾病的适应性。这种适应性维系健康的方式, 被“一点一点”地写进人类的基因里, 演化为防御性健康机制 (Defensive health mechanisms) 和稳态健康机制 (Homeostatic health mechanisms)<sup>[1]</sup>。

防御性健康机制是一类可诱导机制, 采用抵抗和承受应对各种危险的袭扰。对抗采用躲避 (Avoidance) 和抵抗 (Resistance) 策略。躲避指远离危险, 如离开缺氧环境、戴口罩、洗手等; 抵抗指消除危险, 如清除病原体或肿瘤细胞等。承受采用疾病耐受 (Disease tolerance) 和中和 (Neutralization) 策略。疾病耐受是指不急于清除病原体, 以防止病原体或病原体激发的免疫反应伤及宿主组织甚至生命为第一要务的生理机制<sup>[1]</sup>。通俗点讲, 疾病耐受运用“生存优先, 需先活下来; 避免歼敌一千自损八百; 留得青山在, 不怕没柴烧; 尺蠖之屈, 以求伸也”的策略。这种策略被新型冠状病毒无症状感染者成功运用。无症状感染者约占新型冠状病毒感染者的 30% ~ 40%<sup>[2]</sup>。相比有症状感染者, 无症状感染者产生低水平中和抗体, 发生轻度的全身炎症反应, 不急于清除新型冠状病毒, 避免了强烈的抗病毒反应引起的致命性损伤。与此同时, 无症状感染者产生了高水平的组织修复因子, 保持着运用抵抗机制清除新型冠状病毒的能力<sup>[2]</sup>。中和是指清除病原体来源的致病因子而不直接清除病原体的策略, 如抗破伤风外毒素抗体不针对细菌本身, 只捕获、处理引起破伤风临床症状的细菌外毒素<sup>[1]</sup>。

与防御性健康机制不同, 稳态控制 (Homeostatic control) 机制不间断自主运作, 通过适应性生理变化维持人体内环境的相对恒定。多种基本的生理功能围绕调定点 (Set point) 或基态波动。波动有范围, 超出范围为异常, 异常得不到及时纠正就会紊乱, 紊乱则会导致疾病。一些指标, 如心率、体温、血糖、血压、血脂、血氧、尿酸、红细胞数、白细胞数、血小板数和血液酸碱度等的变化反映自稳调控效能, 可被用来判断健康脱轨或脱轨后的复元状态。在稳态控制失灵的状态下, 人体启动稳态耐受 (Homeostatic tolerance) 机制, 寻求失调功能的代偿 (Apparent vigor), 如贫血时心输出量的增加, 血管堵塞时局部侧支循环的建立<sup>[1]</sup>。

#### 参考文献

- [1] Ayres J S. The biology of physiological health [J]. Cell, 2020, 181 (2): 250 - 269.
- [2] Chan Y H, Fong S W, Poh C M, et al. Asymptomatic COVID-19: disease tolerance with efficient anti-viral immunity against SARS-CoV-2 [J]. EMBO Mol Med, 2021, 13 (6): e14045.

(作者: 于永利)