

脊柱结核手术后手术部位感染风险因素 及列线图模型的构建

严纯¹, 孙达峰², 张维亚²

(1. 江苏省海安市人民医院 骨科, 江苏 海安, 226600;

2. 江苏省盐城市第一人民医院 骨科, 江苏 盐城, 224006)

摘要: **目的** 分析脊柱结核患者外科手术术后手术部位感染 (SSI) 的发生率和危险因素, 并构建列线图模型。 **方法** 回顾性分析 2015 年 1 月—2020 年 6 月海安市人民医院确诊脊柱结核的 280 例患者的临床资料, 根据 4:1 的比例随机分为训练集 220 例和验证集 60 例。根据术后 1 个月 SSI 发生情况, 将训练集分为 SSI 组 58 例和无 SSI 组 162 例, 验证集有 17 例发生 SSI。比较训练集 SSI 组与无 SSI 组患者的临床资料、血生化指标和手术指标。采用 LASSO 和多因素 Logistic 回归分析筛选最优预测因素并建立列线图模型。 **结果** 单因素分析发现, 与无 SSI 组患者比较, SSI 组患者年龄增大, 肺结核病程和抗结核时间延长, 病变节段和脓肿增多, 美国脊髓损伤协会 (ASIA) 分级增加, 红细胞沉降率、C 反应蛋白 (CRP) 和中性粒细胞与淋巴细胞比值 (NLR) 升高, 手术时间和引流时间延长, 切口长度增加, 白蛋白水平下降, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。LASSO 回归筛选出 6 个非共线性的独立预测指标。Logistic 回归模型显示, 病变节段 ≥ 2 个 ($OR = 1.568$, 95% CI : 1.321 ~ 1.896, $P = 0.001$)、脓肿 ($OR = 1.956$, 95% CI : 1.632 ~ 2.358, $P < 0.001$)、切口长度 ≥ 10 cm ($OR = 1.342$, 95% CI : 1.124 ~ 1.776, $P = 0.003$)、引流时间 ≥ 5 d ($OR = 1.745$, 95% CI : 1.402 ~ 1.963, $P < 0.001$)、NLR ≥ 3.5 ($OR = 2.023$, 95% CI : 1.548 ~ 2.528, $P < 0.001$) 和白蛋白 < 35 g/L ($OR = 2.235$, 95% CI : 1.754 ~ 2.569, $P < 0.001$) 是 SSI 发生的强效预测因子。采用 R 软件建立列线图模型, 总分 220 分。内部验证 Bootstrap 法计算一致性指数 (C-index) 为 0.895 (95% CI : 0.842 ~ 0.943, $P < 0.001$), 受试者工作特征 (ROC) 曲线计算列线图预测训练集 SSI 的曲线下面积 (AUC) 为 0.885 (95% CI : 0.834 ~ 0.936, $P < 0.001$)。外部验证验证集的 AUC 为 0.839 (95% CI : 0.778 ~ 0.886, $P < 0.001$)。训练集和验证集的校正曲线显示列线图的预测概率与实际 SSI 发生率有较好的吻合性, 决策曲线显示训练集和验证集的列线图均有较好的临床获益比。 **结论** 脊柱结核术后仍有较高的 SSI 发生率, 病变节段、脓肿、切口长度、引流时间、NLR 和白蛋白是主要危险因素。本研究构建的列线图模型对 SSI 发生有较好的预测效能。

关键词: 脊柱结核; 手术部位感染; 危险因素; 列线图模型; 中性粒细胞与淋巴细胞比值

中图分类号: R 681.5; R 319 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353 (2023) 21-025-07 DOI: 10.7619/jcmp.20230832

Risk factors of surgical site infection after spinal tuberculosis surgery and establishment of a Nomogram model

YAN Chun¹, SUN Dafeng², ZHANG Weiya²

(1. Department of Orthopedics, Haian City People's Hospital in Jiangsu Province, Haian,

Jiangsu, 226600; 2. Department of Orthopedics, the First People's Hospital of Yancheng

City in Jiangsu Province, Yancheng, Jiangsu, 224006)

Abstract: **Objective** To analyze the incidence and risk factors of surgical site infection (SSI) in patients after spinal tuberculosis surgery, and to establish a Nomogram model. **Methods** Clinical materials of 280 patients diagnosed as spinal tuberculosis in Haian City People's Hospital from January 2015 to June 2020 were retrospectively analyzed, and they were divided into training set ($n = 220$) and validation set ($n = 60$) according to a ratio of 4:1. Based on the occurrence of SSI in one month after surgery, the training set was divided into SSI group ($n = 58$) and non-SSI group ($n = 162$), and 17 patients had SSI in the validation set. Clinical materials, blood biochemical indexes and surgical indexes were compared between SSI group and non-SSI group in the training set. LASSO and multivariate Logistic regression analysis were used to screen the best predictors, and then a Nomogram model was

established. **Results** Univariate analysis revealed that compared to patients in the non-SSI group, patients in the SSI group had older age, longer tuberculosis course and anti-tuberculosis treatment duration, increased number of affected segments and abscesses, higher grade of the American Spinal Injury Association (ASIA), elevated erythrocyte sedimentation rate, C-reactive protein (CRP) level and neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), prolonged operation time and drainage time, increased incision length, and decreased albumin level, and all the differences were statistically significant ($P < 0.05$). LASSO regression screened out 6 independent predictors variables with no collinearity. Logistic regression model showed that lesion segments ≥ 2 ($OR = 1.568$, 95% CI , 1.321 to 1.896, $P = 0.001$), abscess ($OR = 1.956$, 95% CI , 1.632 to 2.358, $P < 0.001$), incision length ≥ 10 cm ($OR = 1.342$, 95% CI , 1.124 to 1.776, $P = 0.003$), drainage time ≥ 5 days ($OR = 1.745$, 95% CI , 1.402 to 1.963, $P < 0.001$), $NLR \geq 3.5$ ($OR = 2.023$, 95% CI , 1.548 to 2.528, $P < 0.001$) and albumin < 35 g/L ($OR = 2.235$, 95% CI , 1.754 to 2.569, $P < 0.001$) were strong predictors for occurrence of SSI. A Nomogram model was established by R software, with a total score of 220. Bootstrap method for internal validation calculated a consistency index (C-index) of 0.895 (95% CI , 0.842 to 0.943, $P < 0.001$), and the area under the curve (AUC) of the Nomogram model by the receiver operating characteristic (ROC) curve in predicting SSI of the training set was 0.885 (95% CI , 0.834 to 0.936, $P < 0.001$). External validation calculated the AUC was 0.839 (95% CI , 0.778 to 0.886, $P < 0.001$) for the validation set. The calibration curves for the training set and validation set demonstrated good alignment between the predicted probability of the Nomogram model and the actual incidence of SSI, and the decision curve showed that the Nomogram model for both the training set and validation set had good clinical utility. **Conclusion** There is still a relatively high incidence of SSI after spinal tuberculosis surgery, and the main risk factors include the affected segment, abscess, incision length, drainage time, NLR and albumin. The Nomogram model constructed in this study has good predictive efficacy for occurrence of SSI.

Key words: spinal tuberculosis; infection of surgical site; risk factors; Nomogram model; neutrophils-to-lymphocytes ratio

脊柱结核是最常见的肺外结核,常继发于肺结核,除具有肺结核的临床表现外,还具有胸腰椎疼痛、活动障碍等表现,严重者还会出现脊柱变形,严重降低患者的生活质量^[1]。严重的脊柱结核需要手术治疗,但术后存在手术部位感染(SSI)的风险,考虑与机体免疫力下降、长期抗结核治疗以及手术创伤等因素有关^[2]。SSI可导致住院时间延长、手术疗效不佳以及生活质量下降等不良结局^[3],而如何预防SSI发生也是改善脊柱结核患者临床预后的重要课题。研究^[4]认为,微创术式可能较传统开放术式的SSI发生率会下降,但样本量太少,证据不足。有研究^[5]报道了数例外科术后SSI的发生情况,但无法总结影响SSI发生的主要危险因素。本研究分析脊柱结核患者外科术后SSI的发生情况和危险因素,并构建列线图模型,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2015年1月—2020年6月海安市人民医院确诊脊柱结核的280例患者的临床资料,均采用统一外科学术式,由本院经验丰富的外科医师和护理团队进行管理。根据4:1比例随机分为训练集220例和验证集60例,根据术后1个月是否发生SSI将训练集分为SSI组58例和无SSI组162例,验证集有17例发生SSI。本研究经过医院伦理委员会审核批准(HARY-2015A019)。

纳入标准:①年龄>18岁者;②符合脊柱结核的病原学和影像学检查者,可同时合并肺结核;③接受规范的抗结核药物治疗者;④手术顺利完成,所有患者均康复出院;⑤临床资料完整者。排除标准:①合并其他部位结核者,如髌

丸结核；②合并严重肺结核病变者以及肺功能障碍、抗结核效果差者；③存在其他原发重症感染者，如脓毒症；④既往有脊柱创伤或手术史者；⑤患者存在原发脑源性疾病、外周神经肌肉源性疾病、自身免疫性疾病等。

1.2 研究方法

参照既往文献^[6-7]报道的与 SSI 相关的因素，本研究主要统计临床指标、血生化和手术指标，其中临床指标包括患者性别、年龄、体质量指数、基础疾病（高血压和糖尿病）、疼痛视觉模拟量表（VAS）评分、Oswestry 功能障碍指数问卷表（ODI）、肺结核病程和抗结核时间、美国脊髓损伤协会（ASIA）严重程度分级、病变节段、脓肿、发热、盗汗，血生化包括红细胞沉降率、C 反应蛋白（CRP）、白细胞计数、中性粒细胞与淋巴细胞比值（NLR）、血红蛋白、谷氨酸-丙酮酸转氨酶（ALT）、血肌酐、白蛋白，手术指标包括手术时间、引流时间、切口长度、出血量、手术入路、钛网、内固定、局部链霉素、脊柱后凸。所有资料均来源于患者的住院电子病历系统。

1.3 评价标准

① SSI 定义为术后出现皮肤红肿，伴或不伴脓液持续排出，分泌物中结核抗酸杆菌呈阳性；CT 或者 MRI 表现为炎症感染灶^[8]。术前和术后常规应用抗生素预防，术后注意观察引流液颜色和性状，及时判断有无 SSI 发生。② VAS 采用数值法表示，即 0 ~ 10 分，评分越高表示疼痛越严重。③ ODI 包括 10 个项目，每个项目设置 0 ~ 5 级，共 6 个等级，总分越高表示症状越严重。④ ASIA 分为 A ~ E 级，共 5 个等级，E ~ A 依次升高表示损伤越严重。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行数据分析，符合正态分布的计量资料采用均数 ± 标准差表示，两组间比较采用 *t* 检验，计数资料以 [*n* (%)] 表示，组间比较采用 χ^2 检验；采用 LASSO 回归模型筛选非共线性指标，采用多因素 Logistic 回归模型筛选 SSI 的独立因素，方法为逐步后退法；采用 R 软件建立列线图模型，利用训练集数据进行内部验证，采用 Bootstrap 法（重复抽样 1 000 次）计算一致性指数（C-index）；利用验证集数据进行外部验证，采用受试者工作特征（ROC）曲线计算曲线下面积（AUC），采用校正曲线计算列线图预测 SSI 概率与实际发生率的吻合性，采用决策

曲线计算列线图的临床获益比。选择双侧检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 训练集与验证集患者临床资料比较

训练集的 220 例患者中，男 136 例，女 84 例，平均年龄为 (56.7 ± 8.5) 岁，SSI 发生率为 26.4% (58/220)；验证集的 60 例患者中，男 36 例，女 24 例，平均年龄为 (58.4 ± 9.7) 岁，SSI 发生率为 28.3% (17/60)。训练集与验证集患者的性别、年龄和 SSI 发生率比较，差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，具有可比性。

2.2 训练集中 SSI 组与无 SSI 组临床资料比较

单因素分析发现，与无 SSI 组患者比较，SSI 组患者年龄增大，肺结核病程和抗结核时间延长，病变节段和脓肿增多，ASIA 分级增加，红细胞沉降率、CRP 和 NLR 升高，手术时间和引流时间延长，切口长度增加，白蛋白水平下降，差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 1。

2.3 SSI 危险因素的 LASSO 回归

将训练集中比较的差异有统计学意义的指标纳入 LASSO 回归模型，共筛选出 6 个非共线性的独立预测指标，即病变节段、脓肿、切口长度、引流时间、NLR 和白蛋白。见图 1。

2.4 SSI 危险因素的 Logistic 回归

在训练集中，将病变节段、切口长度、引流时间、NLR 和白蛋白转换为二分类变量，即病变节段 (< 2 个 = 0, ≥ 2 个 = 1)、切口长度 (< 10 cm = 0, ≥ 10 cm = 1)、引流时间 (< 5 d = 0, ≥ 5 d = 1)、NLR (< 3.5 = 0, ≥ 3.5 = 1)、白蛋白 (≥ 35 g/L = 0, < 35 g/L = 1)、脓肿（无 = 0，有 = 1）均作为自变量，SSI（否 = 0，是 = 1）作为因变量，纳入多因素 Logistic 回归模型，结果显示病变节段 ≥ 2 个、脓肿、切口长度 ≥ 10 cm、引流时间 ≥ 5 d、NLR ≥ 3.5 和白蛋白 < 35 g/L 是 SSI 发生的强效预测因子 ($P < 0.05$)。见表 2。

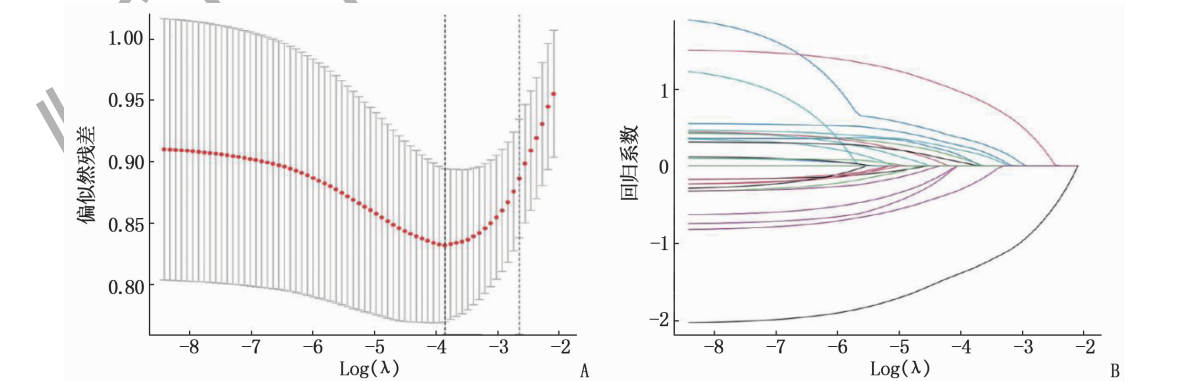
2.5 训练集 SSI 的列线图模型

采用 R 软件根据 Logistic 回归筛选的主要危险因素对应权重系数建立列线图模型，总分 220 分，见图 2。以 1 例脊柱结核患者为例，术前影像学检查显示病变节段累及下胸椎和腰椎共 3 个节段，对应分值为 25 分；脊柱旁有脓肿感染灶，对应分值为 30 分；手术后向入路切口长度为 11 cm，对应分值为 20 分；术后引流时间为 7 d，

表 1 训练集 SSI 组与无 SSI 组临床资料的比较($\bar{x} \pm s$) [$n(\%)$]

临床资料	分类	无 SSI 组($n=162$)	SSI 组($n=58$)	t/χ^2	P
性别	男	102(63.0)	34(58.6)	0.341	0.559
	女	60(37.0)	24(41.4)		
年龄/岁		53.7 $\pm$ 7.4	62.3 $\pm$ 6.7	5.968	0.001
体质量指数/(kg/m ²)		23.4 $\pm$ 1.7	23.5 $\pm$ 1.9	0.456	0.523
高血压		48(29.6)	17(29.3)	0.002	0.964
糖尿病		14(8.6)	6(10.3)	0.150	0.699
VAS 评分/分		4.8 $\pm$ 1.9	4.5 $\pm$ 1.6	0.824	0.301
ODI/分		18.4 $\pm$ 4.2	17.5 $\pm$ 3.6	0.963	0.124
耐药结核菌感染		29(17.9)	13(22.4)	0.563	0.453
抗结核药物有效		136(84.0)	49(84.5)	0.009	0.924
肺结核病程/月		36.7 $\pm$ 14.2	45.5 $\pm$ 13.6	5.023	0.008
抗结核时间/月		12.3 $\pm$ 5.7	25.4 $\pm$ 8.9	8.412	<0.001
ASIA	A~D 级	122(75.3)	34(58.6)	5.766	0.016
	E 级	40(24.7)	24(41.4)		
病变节段/个		1.7 $\pm$ 0.5	2.4 $\pm$ 0.6	4.526	0.013
脓肿		24(14.8)	17(29.3)	5.918	0.015
发热		147(90.7)	50(86.2)	0.938	0.333
盗汗		116(71.6)	38(65.5)	0.754	0.385
红细胞沉降率/(mm/h)		42.3 $\pm$ 15.7	58.6 $\pm$ 15.9	9.635	<0.001
CRP/(mg/L)		17.8 $\pm$ 9.2	26.9 $\pm$ 8.7	8.234	<0.001
白细胞计数/($\times 10^9$ /L)		13.9 $\pm$ 4.5	15.6 $\pm$ 4.2	1.201	0.113
NLR		2.6 $\pm$ 1.3	3.8 $\pm$ 1.2	4.659	0.008
血红蛋白/(g/L)		112.3 $\pm$ 10.5	108.9 $\pm$ 9.3	0.724	0.263
ALT/(U/L)		63.4 $\pm$ 11.8	65.9 $\pm$ 12.3	0.639	0.352
血肌酐/(μ mol/L)		142.3 $\pm$ 22.8	156.9 $\pm$ 23.4	0.428	0.523
白蛋白/(g/L)		41.2 $\pm$ 6.5	32.9 $\pm$ 5.6	5.969	0.001
手术时间/min		134.6 $\pm$ 25.9	165.9 $\pm$ 32.4	12.325	<0.001
引流时间/d		4.4 $\pm$ 1.2	6.9 $\pm$ 1.6	4.236	0.019
切口长度/cm		8.8 $\pm$ 1.5	11.5 $\pm$ 2.6	5.032	0.009
出血量/mL		148.9 $\pm$ 26.5	156.9 $\pm$ 23.4	1.041	0.225
手术入路	前向	89(54.9)	30(51.7)	0.178	0.673
	后向	73(45.1)	28(48.3)		
钛网		69(42.6)	26(44.8)	0.087	0.768
内固定		139(85.8)	48(82.8)	0.310	0.577
病灶清除彻底		156(96.3)	55(94.8)	0.235	0.628
局部链霉素		156(96.3)	55(94.8)	0.235	0.628
脊柱后凸		52(32.1)	17(29.3)	0.154	0.694

VAS: 疼痛视觉模拟量表; ODI: Oswestry 功能障碍指数问卷表; ASIA: 美国脊髓损伤协会; CRP: C 反应蛋白;
NLR: 中性粒细胞与淋巴细胞比值; ALT: 谷氨酸-丙酮酸转氨酶。



A: LASSO 回归采用 10 倍交叉验证选择 6 个非共线性的因素; B: 纳入 13 个单因素比较差异有统计学意义的指标。
图 1 训练集 SSI 危险因素的 LASSO 回归

对应分值为 27 分;术前 NLR 为 3.7,对应分值为 33 分;术前白蛋白为 33 g/L,对应分值为 38 分;各项相加得到总分为 173 分,对应风险高于 0.99,提示 SSI 的发生概率非常高。

表 2 训练集 SSI 危险因素的 Logistic 回归

因素	β	Wald	P	OR	95% CI
病变节段 ≥ 2 个	0.512	6.325	0.001	1.568	1.321~1.896
脓肿	0.859	12.126	<0.001	1.956	1.632~2.358
切口长度 ≥ 10 cm	0.356	5.658	0.003	1.342	1.124~1.776
引流时间 ≥ 5 d	0.756	9.421	<0.001	1.745	1.402~1.963
NLR ≥ 3.5	0.912	15.523	<0.001	2.023	1.548~2.528
白蛋白<35 g/L	1.102	23.326	<0.001	2.235	1.754~2.569

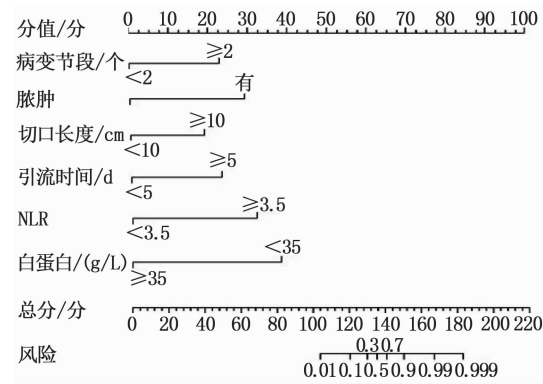
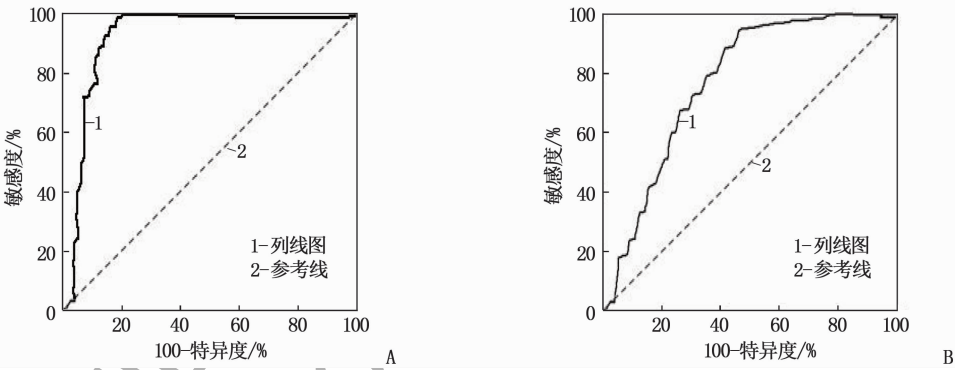


图 2 训练集脊柱微创术后 SSI 发生的列线图模型

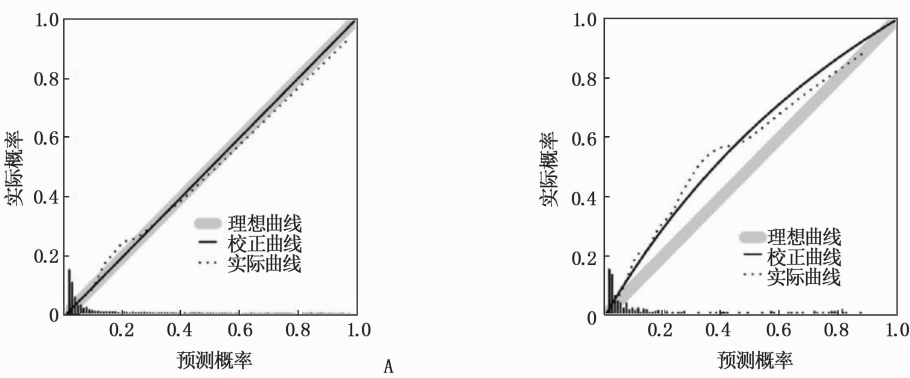
2.6 列线图的内部与外部验证

训练集的 C-index 为 0.895(95% CI: 0.842 ~ 0.943, $P < 0.001$), ROC 计算列线图预测训练集 SSI 的 AUC 为 0.885(95% CI: 0.834 ~ 0.936, $P < 0.001$), 验证集的 AUC 为 0.839(95% CI: 0.778 ~ 0.886, $P < 0.001$),提示模型具有较高的预测效能,见图 3。训练集和验证集的校正曲线显示,列线图的预测概率与实际 SSI 发生率有较好的吻合性,见图 4。决策曲线显示训练集和验证集的列线图均有较好的临床获益比,见图 5。



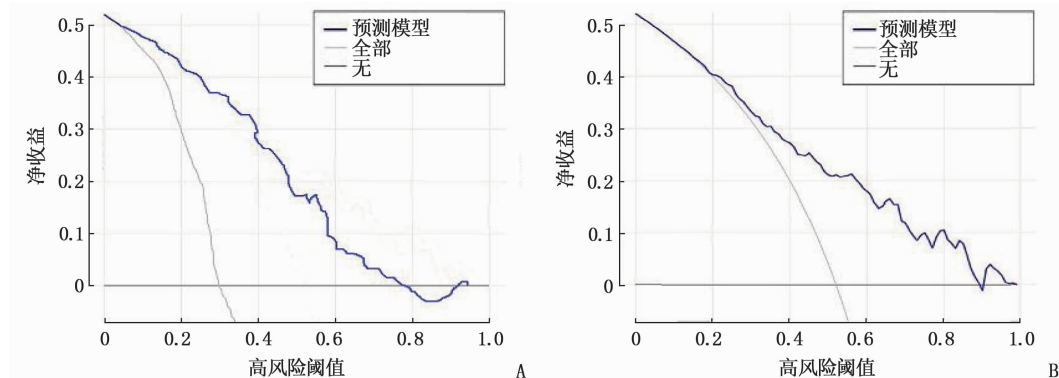
A: 列线图预测训练集 SSI 的价值; B: 列线图预测验证集 SSI 的价值。

图 3 列线图预测训练集与验证集 SSI 发生的 ROC 曲线



A: 列线图预测训练集 SSI 的概率; B: 列线图预测验证集 SSI 的概率。

图 4 列线图预测训练集与验证集 SSI 发生的校准曲线



A: 列线图预测训练集 SSI 的决策价值; B: 列线图预测验证集 SSI 的决策价值。

图 5 列线图预测训练集与验证集 SSI 发生的决策曲线

3 讨论

尽管腰骶部结核的外科治疗是安全有效的,但仍有一定的 SSI 发生风险^[9-10],而 SSI 将导致术后康复时间延长,费用增加,也显著增加了患者痛苦,降低术后疗效。因此,早期干预 SSI 发生的高危因素是降低 SSI 发生风险的重要途径。既往小样本研究^[11-12]报道了脊柱结核术后 SSI 的发生,但是无法满足统计学筛选危险因素的最基本要求,对指导临床实践的价值有限。脊柱结核手术后植入失败被认为是 SSI 发生的危险因素之一^[13-14]。手术部位常见的并发症包括 SSI、延迟愈合和窦道,SSI 总体发生率较低,但临床风险较高,仍然需要引起临床医生的高度重视^[15-16]。

本研究结果显示,脊柱结核术后 1 个月 SSI 发生率为 26.4%~28.3%。不同研究^[17-18]报道的 SSI 发生率可能不同,这与纳入患者病情特征、种族以及手术经验等因素有关。SSI 组与无 SSI 组患者在年龄、肺结核病程和抗结核时间、病变节段和脓肿、ASIA 分级、红细胞沉降率、CRP、NLR、手术时间和引流时间、切口长度以及白蛋白等方面比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。分析原因:① 年龄越大提示机体对手术创伤和结核的抵抗力下降,术后伤口愈合时间延长,暴露细菌感染风险也就越高。CHEN L Y 等^[19]研究认为年龄可导致脊柱结核患者手术部位感染的风险增加,对高龄患者需要注意调整抗生素剂量和疗程。② 原发肺结核是脊柱结核的重要独立危险因素,长期的肺结核病程以及抗结核药物应用会导致机体的抵抗力下降,结核菌素造成肺外毒性损伤,是脊柱旁脓肿感染灶发生的重要原因。KHANNA K 等^[20]研究认为合并肺结核患者更易发生手术部位感染,并提出脊柱结核的手术禁忌证。③ 病变节段多和脓肿往往提示病情严重,手术风险较高,

切除范围加大,对脊柱旁组织的损伤风险也就越高,更易造成感染的扩散。LIU H 等^[21]研究认为病变节段和脓肿是导致术后手术部位感染的重要因素,并提出血清 NLR 对术后手术部位感染的预测价值。④ ASIA 分级是客观评价脊柱结核损伤程度的量化工具,具有较好的准确性。HERSH A M 等^[22]认为 ASIA 分级是客观评价脊柱手术患者术后并发症发生风险的重要依据。⑤ 红细胞沉降率、CRP 和 NLR 是反映机体炎症状态和免疫状况的重要指标,红细胞沉降率和 CRP 能够早期反映结核感染的炎症程度,NLR 则是综合评价机体炎症状态与免疫状况的高效指标。VANINO E 等^[23]认为系统性评价脊柱结核患者术前和术后炎症水平对预测相关并发症的发生至关重要,同时也为制订恰当的药物干预方案提供了依据。⑥ 手术时间、引流时间和切口长度反映了手术的创伤程度,手术时间越长,伤口暴露的时间也就越长,越容易受到细菌的感染;引流时间越长提示术后炎性渗出量越多,伤口愈合时间越长,感染风险也就越高;切口长度越长提示伤口感染的风险增高,多粘连节段通常需要较长的手术切口以暴露手术场,以便充分清除病灶和植入内固定装置;长手术切口的愈合速度通常更慢,感染率也明显升高。陈洋等^[24]提出加速康复外科理念对促进脊柱结核患者术后快速康复具有重要意义。⑦ 白蛋白是综合评估机体营养状况和抵抗力的客观指标,对维持血管渗透压十分重要。白蛋白越低提示 SSI 的发生风险越高。肺结核导致患者食欲差和营养摄入不足,白蛋白水平也会下降。CHEN L Y 等^[25]研究认为白蛋白水平对评估脊柱结核患者术后手术部位感染及康复质量具有重要的意义。

本研究结果还显示,经过 LASSO 和多因素 Logistic 回归共筛选出 6 个非共线性指标,即病变

节段 ≥ 2 个、脓肿、切口长度 ≥ 10 cm、引流时间 ≥ 5 d、NLR ≥ 3.5 和白蛋白 < 35 g/L是SSI发生的强效预测因子($P < 0.05$)。在此基础上构建的列线图模型能够在患者入院后术前快速帮助医生预测术后SSI的发生风险,筛选出高风险患者,并制订个性化的预防方案,以降低术后SSI的实际发生率,提高术后康复质量^[26-27]。

本研究的不足:①本研究属于单中心、回顾性研究,缺乏其他研究中心的数据支持,可能存在病例选择的偏倚,后续应通过多中心、前瞻性病例对照试验对结果进行验证,以期获得循证医学证据更强的结论;②可能还有其他影响术后SSI的临床因素存在,例如医生经验、结核菌负荷量等,后续应纳入更多可能影响SSI的因素进行筛选,以期获得预测效能更高、更稳定的量化模型。

综上所述,脊柱结核术后仍有较高的SSI发生率,病变节段、脓肿、切口长度、引流时间、NLR和白蛋白是主要危险因素。本研究构建的列线图模型对SSI发生有较好的预测效能,是指导临床实践的有效工具。

参考文献

- [1] ANKRAH A O, GLAUDEMANS A, MAES A, *et al.* Tuberculosis[J]. *Semin Nucl Med*, 2018, 48(8): 108-130.
- [2] ZHANG M T, HU X C, LEI S H, *et al.* Trends and prospects in spinal tuberculosis research: a future-oriented approach[J]. *Eur Spine J*, 2023; Online ahead of print.
- [3] OMRAN K, ABDEL-FATTAH A S. Posterior extensive circumferential decompressive reconstructive technique in surgical treatment of upper thoracic spine compressive lesions[J]. *World Neurosurg*, 2019, 123: e501-e508.
- [4] YANG X, LUO C, LIU L M, *et al.* Minimally invasive lateral lumbar intervertebral fusion versus traditional anterior approach for localized lumbar tuberculosis: a matched-pair case control study[J]. *Spine J*, 2020, 20(3): 426-434.
- [5] LIANG X J, ZHONG W Y, TANG K, *et al.* One-stage posterior debridement with transverse process strut as bone graft in the surgical treatment of single-segment thoracic tuberculosis: a retrospective single-center study[J]. *Medicine*, 2019, 98(47): e18022.
- [6] YUAN C H, YAO Q Y, CHENG L, *et al.* Prognostic factors and nomogram prediction of survival probability in primary spinal cord astrocytoma patients[J]. *J Neurosurg Spine*, 2021, 35(5): 651-662.
- [7] LUAN H P, DENG Q, SHENG W B, *et al.* Analysis of the therapeutic effects of staged posterior-anterior combined surgery for cervicothoracic segmental tuberculosis with kyphosis in pediatric patients[J]. *Int J Gen Med*, 2021, 14: 4847-4855.
- [8] 秦世炳. 加速康复外科理念规范脊柱结核外科解决方案[J]. *中国防痨杂志*, 2022, 44(6): 529-530.
- [9] HEYDE C E, LÜBBERT C, WENDT S, *et al.* Spinal tuberculosis[J]. *Z Orthop Unfall*, 2022, 160(1): 74-83.
- [10] DUNN R N, BEN HUSIEN M. Spinal tuberculosis: review of current management[J]. *Bone Joint J*, 2018, 100-B(4): 425-431.
- [11] GARG RK, MALHOTRA HS, KUMAR N. Spinal Tuberculosis: Still a Great Mimic[J]. *Neurol India*, 2019, 67(6): 1402-1404.
- [12] WANG B, WANG Y, HAO D. Current Study of Medicinal Chemistry for Treating Spinal Tuberculosis[J]. *Curr Med Chem*, 2021, 28(25): 5201-5212.
- [13] DONG S T, LI W L, TANG Z R, *et al.* Development and validation of a novel predictive model and web calculator for evaluating transfusion risk after spinal fusion for spinal tuberculosis: a retrospective cohort study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 825.
- [14] KUMAR V, NERADI D, SHERRY B, *et al.* Tuberculosis of the spine and drug resistance: a review article[J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45(1): 217-229.
- [15] CHAKAYA J, KHAN M, NTOUMI F, *et al.* Global Tuberculosis Report 2020-Reflections on the Global TB burden, treatment and prevention efforts[J]. *Int J Infect Dis*, 2021, 113(Suppl 1): S7-S12.
- [16] HASAN KHAN M N, JAMAL A B, HAFEEZ A, *et al.* Is spinal tuberculosis changing with changing time[J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2021, 66(5): 102421.
- [17] AHUJA K, YADAV G, SUDHAKAR P V, *et al.* Role of local streptomycin in prevention of surgical site infection in TB spine[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2020, 30(4): 701-706.
- [18] WANG B A, GAO W J, HAO D J. Current study of the detection and treatment targets of spinal tuberculosis[J]. *Curr Drug Targets*, 2020, 21(4): 320-327.
- [19] CHEN L Y, LIU C, YE Z, *et al.* Predicting surgical site infection risk after spinal tuberculosis surgery: development and validation of a nomogram[J]. *Surg Infect*, 2022, 23(6): 564-575.
- [20] KHANNA K, SABHARWAL S. Spinal tuberculosis: a comprehensive review for the modern spine surgeon[J]. *Spine J*, 2019, 19(11): 1858-1870.
- [21] LIU H, LI Y, YI J, *et al.* Neutrophil-lymphocyte ratio as a potential marker for differential diagnosis between spinal tuberculosis and pyogenic spinal infection[J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 357.
- [22] HERSH A M, FEGHALI J, HUNG B, *et al.* A web-based calculator for predicting the occurrence of wound complications, wound infection, and unplanned reoperation for wound complications in patients undergoing surgery for spinal metastases[J]. *World Neurosurg*, 2021, 155: e218-e228.
- [23] VANINO E, TADOLINI M, EVANGELISTI G, *et al.* Spinal tuberculosis: proposed spinal infection multidisciplinary management project (SIMP) flow chart revision[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2020, 24(3): 1428-1434.
- [24] 陈洋, 李卓, 焦媚, 等. 加速康复外科理念下的营养管理在围手术期脊柱结核患者中的价值[J]. *中国防痨杂志*, 2022, 44(6): 549-554.
- [25] CHEN L Y, LIU C, LIANG T, *et al.* Development and validation of a nomogram for predicting albumin transfusion after spinal tuberculosis surgery: based on propensity score matching analysis[J]. *World Neurosurg*, 2022, 157: e374-e389.
- [26] 谢朝云, 蒙桂鸾, 熊芸, 等. 脊柱结核患者术后手术部位感染影响因素分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(8): 1206-1209.
- [27] NAMBA T, UENO M, INOUE G, *et al.* Prediction tool for high risk of surgical site infection in spinal surgery[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2020, 41(7): 799-804.

(本文编辑:梁琥 钱锋)