

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20222269

· 论 著 ·

## 开颅手术后颅内感染风险预测模型构建及效果评价

张丹梅<sup>1</sup>, 袁 丽<sup>2</sup>, 朱 琪<sup>1</sup>

(1. 宁夏医科大学总医院院内感染科, 宁夏 银川 750004; 2. 银川市第二人民医院长城中路卫生服务中心, 宁夏 银川 750004)

**[摘要]** **目的** 运用 logistic 回归分析构建神经外科开颅手术后颅内感染风险预测模型并进行效果评价。**方法** 选取某院神经外科 2019 年 1 月—2021 年 6 月行开颅手术的患者为研究对象, 根据术后是否发生颅内感染分为病例组和对照组, 采用 logistic 回归分析开颅手术后颅内感染发生的危险因素并构建风险预测模型, 通过 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验和受试者工作特征(ROC)曲线对其效果进行综合评价。**结果** 共纳入 778 例开颅手术患者, 121 例发生术后颅内感染, 发病率为 15.55%; logistic 多因素回归分析结果显示, 幕下手术、脑室引流时间 $\geq 3$  d、使用明胶海绵 $\geq 3$  片、出血量 $\geq 300$  mL、切口脑脊液漏是开颅手术后颅内感染的独立危险因素(均  $P < 0.05$ ); 开颅手术后颅内感染的风险预测模型为:  $\text{logit}(P) = 5.408 + 0.833 \times (\text{幕下手术}) + 0.083 \times (\text{脑室引流时间}) + 1.059 \times (\text{使用明胶海绵}) + 0.456 \times (\text{出血量}) + 2.821 \times (\text{切口脑脊液漏})$ ; Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果显示颅内感染的预测概率和实际发病率比较, 差异无统计学意义( $P = 0.768$ ); logistic 回归风险预测模型验证准确率为 86.00%, ROC 曲线下面积为 0.847, 95%CI 为 0.814~0.878。**结论** 幕下手术、脑室引流时间 $\geq 3$  d、使用明胶海绵 $\geq 3$  片、出血量 $\geq 300$  mL、切口脑脊液漏是神经外科开颅手术后颅内感染的独立危险因素, 运用 logistic 回归分析构建的风险预测模型对术后颅内感染的预测效果较好。

**[关键词]** 开颅手术; 颅内感染; logistic 回归分析; 风险预测模型

**[中图分类号]** R619+.3

## Construction and effect evaluation of risk prediction model for intracranial infection after craniotomy

ZHANG Dan-mei<sup>1</sup>, YUAN Li<sup>2</sup>, ZHU Qi<sup>1</sup> (1. Department of Healthcare-associated Infection Management, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China; 2. Health Service Center of the Great Wall Road of Yinchuan Second People's Hospital, Yinchuan 750004, China)

**[Abstract]** **Objective** To construct the risk prediction model for intracranial infection (ICI) after craniotomy in neurosurgery department by logistic regression analysis, and evaluate its effect. **Methods** Patients who underwent craniotomy from January 2019 to June 2021 in the neurosurgery department of a hospital were selected as research objects, according to whether ICI occurred after the operation, they were divided into case group and control group, logistic regression analysis was used to analyze the risk factors for ICI after craniotomy, the risk prediction model was constructed, and the effect was comprehensively evaluated by means of Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test and receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** A total of 778 patients undergoing craniotomy were included, 121 of whom had post-operative ICI, incidence was 15.55%; logistic multivariate regression analysis showed that subtentorial surgery, ventricular drainage time  $\geq 3$  days, use of gelatin sponge  $\geq 3$  pieces, bleeding volume  $\geq 300$  mL, cerebrospinal fluid leakage of incision were independent risk factors for ICI after craniotomy (all

[收稿日期] 2021-12-22

[基金项目] 宁夏回族自治区卫生健康系统重点科学研究项目(2021-NW-012)

[作者简介] 张丹梅(1990-), 女(汉族), 宁夏回族自治区银川市人, 主治医师, 主要从事医院感染管理学研究。

[通信作者] 朱琪 E-mail: Zhs7576@163.com

$P < 0.05$ ); the risk prediction model of ICI after craniotomy was  $\text{logit}(P) = 5.408 + 0.833 \times (\text{subtentorial surgery}) + 0.083 \times (\text{ventricular drainage time}) + 1.059 \times (\text{use gelatin sponge}) + 0.456 \times (\text{bleeding volume}) + 2.821 \times (\text{incision cerebrospinal fluid leakage})$ ; Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test showed that there was no significant difference in the predicted probability and the actual incidence of intracranial infection ( $P = 0.768$ ); the validation accuracy of logistic regression risk prediction model was 86.00%, the area under ROC curve was 0.847, and 95% CI was 0.814 - 0.878. **Conclusion** Subtentorial operation, ventricular drainage time  $\geq 3$  days, use of gelatin sponge  $\geq 3$  pieces, bleeding volume  $\geq 300$  mL and cerebrospinal fluid leakage of incision are independent risk factors for ICI after neurosurgical craniotomy, the risk prediction model constructed by logistic regression analysis has a good prediction effect on post-operative ICI.

[Key words] craniotomy; intracranial infection; logistic regression analysis; risk prediction model

颅内感染是开颅手术后常见的并发症之一,感染一旦发生将增加患者的住院时间和经济负担,并引起全身并发症及神经系统后遗症,严重时导致患者死亡<sup>[1-2]</sup>。根据某院神经外科医院感染目标性监测数据显示,颅内感染发病率较以往有升高趋势,通过采取常规医院感染防控措施仍不能有效减少该院开颅手术后颅内感染的发生。研究<sup>[3-5]</sup>显示,疾病风险预测模型是近年来应用在医院感染流行病学方面的一种全新的研究方法,通过对各项影响因素与疾病结局之间的关系进行分析并构建概率模型,进而评估疾病发生的风险。本研究拟采取 logistic 回归分析法构建开颅手术后颅内感染风险预警模型,为早期诊断颅内感染,尽早识别颅内感染发生的危险

因素及高危患者,进而从医院感染管理学角度提出更加科学、精准的预防与控制措施。

### 1 对象与方法

1.1 研究对象 选取 2019 年 1 月—2021 年 6 月在该院神经外科行开颅手术的患者作为研究对象,病例组为术后发生颅内感染的患者,对照组为未发生颅内感染的患者,对两组资料进行回顾性对比分析。患者及其家属对本研究知情并自愿签署知情同意书。本研究获医院伦理委员会批准(编号 KYLL-2021-332)。研究对象纳入标准和排除标准的筛选流程见图 1。

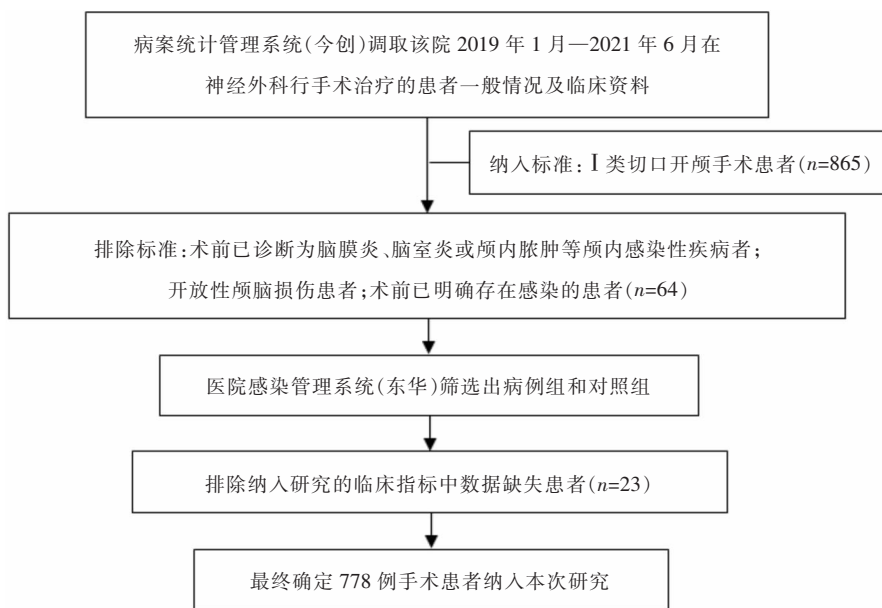


图 1 研究对象筛选流程图

Figure 1 Screening flow chart of research objects

### 1.2 研究方法

1.2.1 颅内感染诊断标准 依据《医院感染诊断标

准(试行)》(2001 版)<sup>[6]</sup>, 颅内感染诊断标准至少符合以下 5 条:(1)出现发热、头痛、意识障碍及脑膜刺

激征等颅内感染的临床症状及体征；(2)感染指标升高,如血常规白细胞计数 $>9.5 \times 10^9/L$ 、降钙素原 $>0.076 \text{ ng/mL}$ 或 C 反应蛋白 $>6.0 \text{ mg/L}$ 等；(3)脑脊液常规检查显示白细胞计数 $>8 \times 10^7/L$ 或蛋白水平 $>0.45 \text{ g/L}$ ；(4)颅脑 CT 或 MRI 检查显示脑脓肿、脑炎、硬膜脓肿或积脓；(5)引流的脑脊液呈现浑浊；(6)在脑脊液涂片中找到病原体；(7)脑脊液细菌培养结果阳性。

1.2.2 预测模型指标收集 本研究收集了术前、术中及术后共计 30 项临床指标,主要包括:(1)术前:年龄、性别、身体质量指数(BMI)、是否合并糖尿病、是否合并高血压、是否为术前低蛋白(血清清蛋白 $<35 \text{ g/L}$ )、术前等待时间；(2)术中:美国麻醉医师协会(ASA)分级、手术风险分级(NNIS)、预防性抗菌药物使用、手术台次、麻醉方式、手术类型、是否后颅窝手术、手术入路、出血量、是否输血、手术时间、是否使用人工硬脑膜、是否使用骨瓣固定材料、是否使用明胶海绵、切口脑脊液漏情况；(3)术后:是否留置引流管及留置时间、感染前是否转入重症监护病房(ICU)、是否为非计划二次手术、是否低温治疗、是否气管插管、是否为术后低蛋白(血清清蛋白 $<35 \text{ g/L}$ )。

1.2.3 模型构建及应用效果评价 通过单因素和 logistic 多因素回归分析筛选神经外科开颅手术后颅内感染的危险因素,并结合临床工作经验,构建 logistic 回归预测模型及绘制列线图(nomogram),研究人群分别按照 70%建模、30%验证进行随机抽样。采用统计学中 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验和受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC 曲线)两种方法综合评价风险预测模型的准确性。

1.3 统计学方法 应用 SPSS 22.0 和 StataSE 17.0 软件进行数据分析。定量资料采用  $t$  检验;计数资料采用  $\chi^2$  检验。通过单因素分析手术后颅内感染的危险因素,并纳入多因素 logistic 回归分析,采用 Forward-LR 法建立预测模型。应用列线图进行模型结果的展现,采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验、ROC 曲线和校准曲线进行模型评价。 $P \leq 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 开颅手术后颅内感染及病种构成情况 778 例开颅手术患者中发生术后颅内感染 121 例,颅内感染发病率为 15.55%。神经外科开颅手术中以脑肿瘤最为常见,占总手术例数的 44.99%,其次为脑出血,占 20.82%,硬膜下血肿占 14.91%,见表 1。

表 1 开颅手术患者病种构成情况

Table 1 Constitute of diseases in craniotomy operation patients

病种	手术例数	构成比(%)
脑肿瘤	350	44.99
脑出血	162	20.82
硬膜下血肿	116	14.91
颅脑损伤	54	6.94
脑疝	34	4.37
阿基综合征	10	1.29
面肌痉挛	6	0.77
三叉神经痛	4	0.51
其他病种	42	5.40
合计	778	100.00

注:其他病种包括血管畸形、脊髓空洞症、颅底凹陷症等。

2.2 开颅手术后颅内感染单因素分析 研究结果显示,不同年龄、合并高血压、合并糖尿病、BMI、使用明胶海绵、低温治疗、术后低血清清蛋白、ASA 分级、输血、留置皮下引流管等开颅手术后患者的颅内感染发病率比较,差异均无统计学意义(均  $P \geq 0.05$ )。女性、术前低血清清蛋白、术前住院时间 $\geq 3 \text{ d}$ 、NNIS 分级 $\geq 2$  级、择期手术、首台手术、全麻、未预防使用抗菌药物、后颅窝手术、幕下手术、出血量 $\geq 300 \text{ mL}$ 、使用人工硬脑膜、使用明胶海绵 $\geq 3$  片、使用骨瓣固定材料、留置脑室引流管、脑室引流时间 $\geq 3 \text{ d}$ 、切口脑脊液漏、手术时间 $\geq 3 \text{ h}$ 、感染前转入 ICU、气管插管、非计划二次手术患者的开颅手术后颅内感染发病率较高,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 开颅手术后颅内感染的单因素分析

Table 2 Univariate analysis on intracranial infection after craniotomy

项目	患者例数	感染组 (n = 121)	对照组 (n = 657)	$\chi^2$	P	项目	患者例数	感染组 (n = 121)	对照组 (n = 657)	$\chi^2$	P
年龄(岁)				3.775	0.151	BMI(kg/m <sup>2</sup> )				3.056	0.217
<18	28	4(14.29)	24(85.71)			<18.5	47	9(19.15)	38(80.85)		
18~60	460	81(17.61)	379(82.39)			18.5~24	360	63(17.50)	297(82.50)		
>60	290	36(12.41)	254(87.59)			>24	371	49(13.21)	322(86.79)		
性别				5.435	0.020	麻醉方式				31.893	<0.001
男性	410	52(12.68)	358(87.32)			全麻	679	120(17.67)	559(82.33)		
女性	368	69(18.75)	299(81.25)			局麻	85	0(0.00)	85(100.00)		
合并高血压				3.444	0.063	硬膜外麻	14	1(7.14)	13(92.86)		
是	256	31(12.11)	225(87.89)			使用人工硬脑膜				11.526	0.001
否	522	90(17.24)	432(82.76)			是	643	113(17.57)	530(82.43)		
合并糖尿病				0.296	0.586	否	135	8(5.93)	127(94.07)		
是	54	7(12.96)	47(87.04)			使用明胶海绵				3.541	0.060
否	724	114(15.75)	610(84.25)			是	729	118(16.19)	611(83.81)		
术前低血清清蛋白				4.240	0.039	否	49	3(6.12)	46(93.88)		
是	699	115(16.45)	584(83.55)			使用明胶海绵(片)				17.699	<0.001
否	79	6(7.59)	73(92.41)			<3	136	5(3.68)	131(96.32)		
术前住院时间(d)				13.453	<0.001	≥3	642	116(18.07)	526(81.93)		
<3	330	33(10.00)	297(90.00)			使用骨瓣固定材料				4.228	0.040
≥3	448	88(19.64)	360(80.36)			是	550	95(17.27)	455(82.73)		
ASA 分级				0.213	0.644	否	228	26(11.40)	202(88.60)		
<3 级	278	41(14.75)	237(85.25)			置入皮下引流管				2.667	0.102
≥3 级	500	80(16.00)	420(84.00)			是	684	101(14.77)	583(85.23)		
NNIS 分级				12.029	0.001	否	94	20(21.28)	74(78.72)		
<2 级	512	63(12.30)	449(87.70)			放置脑室引流管				15.651	<0.001
≥2 级	266	58(21.80)	208(78.20)			是	36	14(38.89)	22(61.11)		
手术类型				15.073	<0.001	否	742	107(14.42)	635(85.58)		
急诊	310	29(9.35)	281(90.65)			脑室引流时间(d)				10.797	<0.001
择期	468	92(19.66)	376(80.34)			<3	761	113(14.85)	648(85.15)		
手术台次				12.487	<0.001	≥3	17	8(47.06)	9(52.94)		
首台	324	68(20.99)	256(79.01)			切口脑脊液漏				145.736	<0.001
连台	454	53(11.67)	401(88.33)			是	321	110(34.27)	211(65.73)		
预防性使用抗菌药物				6.135	0.013	否	457	11(2.41)	446(97.59)		
是	317	37(11.67)	280(88.33)			手术时间(h)				26.301	<0.001
否	461	84(18.22)	377(81.78)			<3	237	13(5.49)	224(94.51)		
后颅窝手术				45.896	<0.001	≥3	541	108(19.96)	433(80.04)		
是	131	46(35.11)	85(64.89)			术后低血清清蛋白				0.236	0.627
否	647	75(11.59)	572(88.41)			是	338	55(16.27)	283(83.73)		
手术入路				45.896	<0.001	否	440	66(15.00)	374(85.00)		
幕上	647	75(11.59)	572(88.41)			感染前转入 ICU				11.016	0.001
幕下	131	46(35.11)	85(64.89)			是	453	87(19.21)	366(80.79)		
出血量(mL)				12.572	<0.001	否	325	34(10.46)	291(89.54)		
<300	520	64(12.31)	456(87.69)			气管插管				10.483	0.001
≥300	258	57(22.09)	201(77.91)			是	449	86(19.15)	363(80.85)		
输血				1.303	0.254	否	329	35(10.64)	294(89.36)		
是	121	23(19.01)	98(80.99)			低温治疗				0.635	0.426
否	657	98(14.92)	559(85.08)			是	40	8(20.00)	32(80.00)		
						否	738	113(15.31)	625(84.69)		
						非计划二次手术				4.470	0.034
						是	12	5(41.67)	7(58.33)		
						否	766	116(15.14)	650(84.86)		

2.3 开颅手术后颅内感染多因素 logistic 回归分析 将单因素分析中有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回归分析, 研究结果显示, 幕下手术、脑

室引流时间 $\geq 3$  d、使用明胶海绵 $\geq 3$  片、出血量 $\geq 300$  mL、切口脑脊液漏是神经外科开颅手术后颅内感染的独立危险因素(均  $P < 0.05$ ), 见表 3。

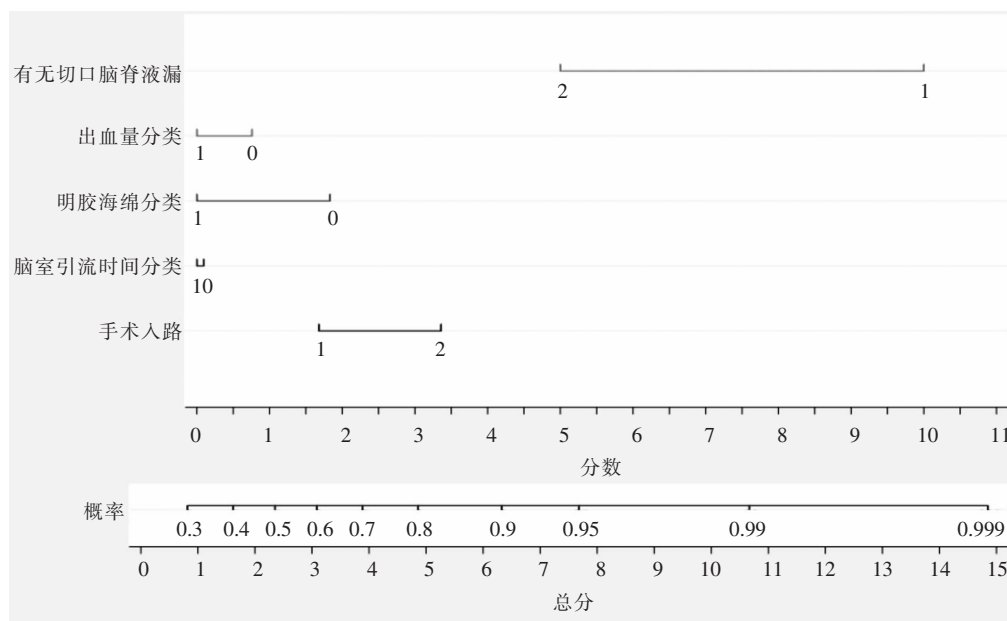
表 3 开颅手术后颅内感染的多因素 logistic 回归分析

Table 3 Logistic multivariate regression analysis on intracranial infection after craniotomy

项目	B	SE	Ward $\chi^2$	P	OR	95%CI
幕下手术	0.833	0.251	11.043	0.001	2.301	1.407~3.761
脑室引流时间 $\geq 3$ d	0.083	0.036	5.297	0.021	1.920	0.857~3.988
使用明胶海绵 $\geq 3$ 片	1.059	0.542	3.820	0.048	1.347	1.120~3.003
出血量 $\geq 300$ mL	0.456	0.233	3.841	0.049	1.634	0.140~3.062
切口脑脊液漏	2.821	0.336	70.572	$<0.001$	4.060	1.031~12.105
常量	5.408	0.969	31.132	$<0.001$	223.131	

2.4 构建开颅手术后颅内感染预测模型 根据 logistic 回归分析结果构建预测模型:  $\text{logit}(P) = 5.408 + 0.833 \times (\text{幕下手术}) + 0.083 \times (\text{脑室引流时间}) +$

$1.059 \times (\text{使用明胶海绵}) + 0.456 \times (\text{出血量}) + 2.821 \times (\text{切口脑脊液漏})$ , 并绘制预测模型列线图, 见图 2。



注: 每一项因素对应不同的分值, 各因素分值总和对应开颅手术后颅内感染的预测概率。

图 2 开颅手术后颅内感染预测模型列线图

Figure 2 Nomogram of prediction model for intracranial infection after craniotomy

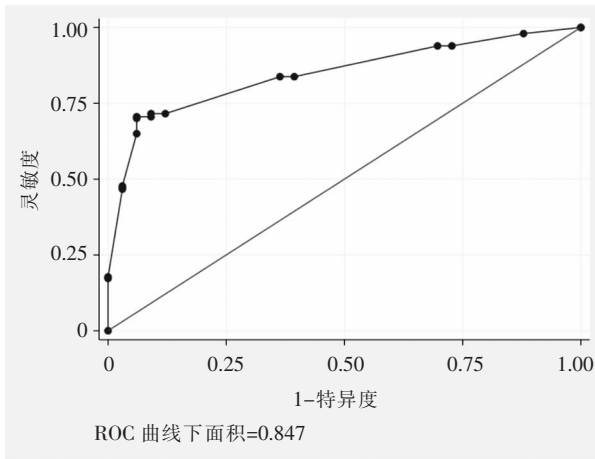
2.5 预测模型结果评价 构建的颅内感染 logistic 风险预测模型结果显示准确率为 86.00%, 见表 4。通过采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验, 结果显示该模型预测颅内感染的概率和实际发病率比

较, 差异无统计学意义, 研究表明该模型拟合效果较好( $\chi^2 = 4.101, df = 6, P = 0.768$ ); 随机抽取 30% 人群(230 例)验证预测模型, ROC 曲线下面积为 0.847, 95%CI 为 0.814~0.878, 见图 3。

**表 4** 颅内感染 logistic 风险预测模型判别与实际发生情况比较

**Table 4** Comparison between the discrimination of logistic risk prediction model and the actual occurrence of intracranial infection

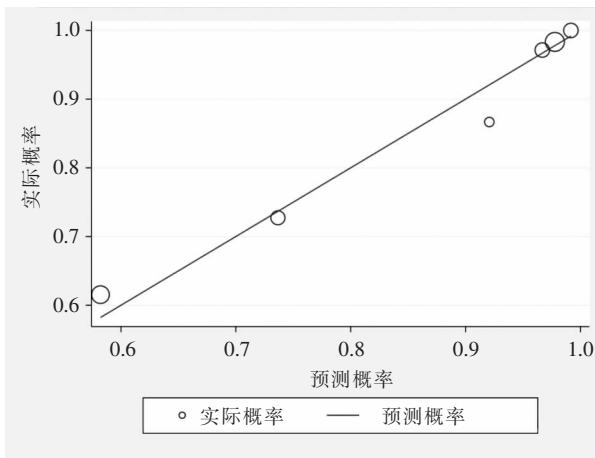
模型预测结果	实际发生情况		
	感染(例)	未感染(例)	准确率(%)
感染	39	27	32.23
未感染	82	630	95.89
合计	121	657	86.00



**图 3** 预测模型 ROC 曲线

**Figure 3** ROC curve of the prediction model

**2.6 预测模型一致性评估** 以模型的预测概率作为横坐标,实际发生颅内感染的概率作为纵坐标绘制校准曲线,图中显示预测模型曲线与校准曲线基本重合,说明该预测模型能够准确预测开颅手术后颅内感染发生概率。见图 4。



**图 4** 预测模型校准曲线

**Figure 4** Calibration curve of the prediction model

### 3 讨论

开颅手术后发生颅内感染,不仅影响外科手术效果,还会对患者病情的发展和预后产生不良后果,严重者将导致患者死亡,其病死率高达 15%~30%<sup>[7]</sup>。本研究结果显示,该院神经外科开颅手术后颅内感染发病率为 15.55%,高于国外学者的相关报道(3.6%~14.7%)<sup>[8-9]</sup>,介于国内研究的颅内感染发病率为 2.6%~30.0%<sup>[10]</sup>的平均水平,分析可能与该院神经外科开颅手术中主要以脑肿瘤切除手术为主(占 44.99%)有关,大部分脑肿瘤病变位置较深,与周围组织或血管黏连,手术切除难度大造成手术暴露时间较长,因此术后更容易发生感染。

本研究通过对术前、术中及术后共计 30 项临床指标进行单因素分析,初步筛选出 21 项术后颅内感染的危险因素,通过 logistic 多因素分析明确了 5 项独立危险因素,即幕下手术、脑室引流时间 $\geq 3$  d、使用明胶海绵 $\geq 3$  片、出血量 $\geq 300$  mL、切口脑脊液漏,并进一步构建了神经外科开颅手术后颅内感染发生的风险预测模型。本研究结果表明,各危险因素之间存在交互作用,并提示手术相关因素是颅内感染发生的主要原因。(1)手术入路方式:幕下手术为术后颅内感染的独立危险因素,与相关研究<sup>[11-12]</sup>结果一致,分析可能原因为颅脑解剖结构本身的特殊性和复杂性,在手术操作时暴露困难,一定程度上发生颅内感染的风险系数较高。因此,对于幕下手术患者,手术医生应充分做好术前准备,结合影像学检查结果精准定位实施操作<sup>[13]</sup>,减少因术中操作不当增加感染风险;也可借鉴宋艳艳等<sup>[14]</sup>的研究采取术中尽量避免死腔残留,切口缝合牢固,术后实施无菌加压包扎的干预措施,以减少颅内感染的发生。(2)放置脑室引流管及引流时间:开颅手术结束后为引流残余积血,通常会在脑室放置引流管,但此项操作又会增加外界细菌进入无菌脑组织的机会,同时引流时间过长也会并发颅内感染。孙建平等<sup>[15]</sup>研究建议置入脑室引流管时可采用密闭式脑脊液外引流,既可防止脑脊液逆流,又减少与外界细菌接触的风险。因此,选择合适的引流管放置方式并及时拔除引流管是防止颅内感染的一种有效防控措施。(3)使用明胶海绵:本研究中,是否使用明胶海绵的开颅手术患者颅内感染发病率比较,差异无统计学意义( $P = 0.06$ ),可能是开颅手术中有 93.70% (729/778) 的患者使用了明胶海绵,单纯分析两组患

者是否使用的差别并无意义;而使用不同明胶海绵数量的开颅手术患者颅内感染发病率比较,差异有统计学意义,明胶海绵作为止血材料在手术中普遍应用,虽具有可吸收性,但作为植入性材料,机体仍然存在一定的排斥性,存在感染的可能性<sup>[16]</sup>。因此,术中应尽量减少明胶海绵的使用,或待止血后取出。(4)术中出血量:本研究结果表明出血量 $\geq 300$  mL是开颅手术后颅内感染的危险因素,与郭致飞等<sup>[17]</sup>研究结果一致。术中失血较多时会引起低血压,通常术中采取自体或异体输血或大量补液,进而导致低体温,同时增加了手术创伤应激反应,造成机体免疫力下降,进一步增加颅内感染的风险。(5)切口脑脊液漏:本次研究结果显示,切口脑脊液漏是颅内感染发生的独立危险因素,与既往学者研究<sup>[18-19]</sup>结果一致。赵四军等<sup>[18]</sup>研究发现,因手术中切口缝合或引流管留置等操作不规范可导致术后脑脊液漏。谭博等<sup>[19]</sup>研究指出,脑脊液漏持续时间与颅内感染的发生风险成正相关。付立平<sup>[12]</sup>研究还显示,颅内感染发生后进一步加重脑脊液漏。本研究运用 logistic 回归分析构建的颅内感染风险预测模型拟合效果较好,表明在风险预测方面与实际感染发病率的一致性程度较高,在识别颅内感染发生的危险因素及高危患者上发挥着重要作用,为今后的医院感染管理工作提供了一种更加精准、实用的防控策略。

综上所述,开颅手术后颅内感染的发病率较高,造成颅内感染的危险因素较多且存在交互作用。因此,手术医生应早期识别高危患者,充分做好术前准备和手术方案,加强围手术期管理,术中尽量减少脑室引流管的使用及缩短留置时间,减少内植物耗材的使用,规范手术操作,减少出血并避免脑脊液漏,进而降低颅内感染发病率。由于回顾性调查的局限性,本研究未能对每台手术围手术期的影响因素进行全程追踪观察,可能存在潜在危险因素未纳入本次研究范围,若要进一步明确开颅手术后颅内感染各个环节中存在的危险因素,需进一步开展多中心、精细化的前瞻性调查研究。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参 考 文 献]

- [1] Hweidi IM, Barbarawi MA, Tawalbeh LJ, et al. Surgical site infections after craniotomy: a matched health-care cost and length of stay study[J]. *J Wound Care*, 2018, 27(12): 885 - 890.
- [2] Maurer E, Wallmeier V, Reumann MK, et al. Risk of malnutrition in orthopedic trauma patients with surgical site infections is associated with increased morbidity and mortality - a 3-year follow-up study[J]. *Injury*, 2020, 51(10): 2219 - 2229.
- [3] Wolkewitz M, Zortel M, Palomar-Martinez M, et al. Landmark prediction of nosocomial infection risk to disentangle short- and long-stay patients[J]. *J Hosp Infect*, 2017, 96(1): 81 - 84.
- [4] 彭晓洁, 张雨, 包赞, 等. 胃神经内分泌肿瘤患者一年内发生进展预测风险模型的建立及其预测价值[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2016, 19(11): 1247 - 1251.  
Peng XJ, Zhang Y, Bao Y, et al. Establishment of risk model for predicting the progression within 1 year of patients with gastric neuroendocrine neoplasms and its value of prediction [J]. *Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery*, 2016, 19(11): 1247 - 1251.
- [5] 黄婷敏, 钱宏, 杨敏娟, 等. 老年骨折术后手术部位感染 Logistic 预测模型建立及其价值[J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 31(5): 681 - 684.  
Huang TM, Qian H, Yang MJ, et al. Establishment of logistic prediction model for postoperative surgical site infection in elderly fracture patients and its value[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2021, 31(5): 681 - 684.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 关于印发医院感染诊断标准(试行)的通知[EB/OL]. (2001-11-07)[2021-12-20]. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s3593/200804/e19e4448378643a09913ccf2a055c79d.shtml>.  
Medical Administration of the State Health Commission of the People's Republic of China. Notice on printing and distributing the diagnostic criteria for nosocomial infection (for Trial Implementation)[EB/OL]. (2001-11-07)[2021-12-20]. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s3593/200804/e19e4448378643a09913ccf2a055c79d.shtml>.
- [7] 中华医学会神经外科学分会, 中国神经外科重症管理协作组. 中国神经外科重症患者感染诊治专家共识(2017)[J]. *中华医学杂志*, 2017, 97(21): 1607 - 1614.  
Neurosurgery Branch of Chinese Medical Association, Chinese Neurosurgery Critical Care Management Cooperative Group. Expert consensus on the diagnosis and treatment of severe infection in neurosurgery in China (2017)[J]. *National Medical Journal of China*, 2017, 97(21): 1607 - 1614.

- [8] Buchanan IA, Donoho DA, Patel A, et al. Predictors of surgical site infection after nonemergent craniotomy: a nationwide readmission database analysis[J]. *World Neurosurg*, 2018, 120: e440 - e452.
- [9] Paredes I, Lagares A, San-Juan R, et al. Reduction in the infection rate of cranioplasty with a tailored antibiotic prophylaxis: a nonrandomized study[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2020, 162(11): 2857 - 2866.
- [10] 马修尧, 刘彬, 任超, 等. 脑动脉瘤术后腰大池置管引流患者颅内感染及影响因素[J]. *中国感染控制杂志*, 2019, 18(7): 660 - 664.
- Ma XY, Liu B, Ren C, et al. Occurrence of intracranial infection and its influencing factors in patients with lumbar cistern catheter drainage after cerebral aneurysm surgery[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2019, 18(7): 660 - 664.
- [11] 王世华, 朱金君, 朱坤灿, 等. 开颅脑肿瘤术后颅内感染的特点与相关危险因素分析[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2020, 27(S1): 8 - 9.
- Wang SH, Zhu JJ, Zhu KC, et al. Analysis of risk factors for intracranial infection after craniotomy for brain tumor[J]. *Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment*, 2020, 27(S1): 8 - 9.
- [12] 付立平. 神经外科病人颅脑术后并发颅内感染的危险因素分析及防护措施[J]. *全科护理*, 2021, 19(17): 2436 - 2439.
- Fu LP. Analysis of risk factors and protective measures of intracranial infection after craniocerebral surgery in patients with neurosurgery[J]. *Chinese General Practice Nursing*, 2021, 19(17): 2436 - 2439.
- [13] 苏新森, 杜秀明, 冷忠诚. 磁共振成像增强扫描联合弥散加权成像对颅内感染的诊断价值[J]. *河南医学研究*, 2021, 30(5): 936 - 938.
- Su XS, Du XM, Leng ZC. Diagnostic value of enhanced magnetic resonance imaging combined with diffusion weighted imaging for intracranial infection[J]. *Henan Medical Research*, 2021, 30(5): 936 - 938.
- [14] 宋艳艳, 吴春梅, 闫俊萍. 神经外科术后颅内感染的手术室相关因素分析[J]. *医药高职教育与现代护理*, 2019, 2(3): 178 - 181.
- Song YY, Wu CM, Yan JP. Relevant factors of intracranial infection after neurosurgery in operation room[J]. *Medical Higher Vocational Education and Modern Nursing*, 2019, 2(3): 178 - 181.
- [15] 孙建平, 王峰, 谷晓玉, 等. 开颅患者术后颅内感染的病原学特点及影响因素分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2018, 28(2): 218 - 221.
- Sun JP, Wang F, Gu XY, et al. Etiological characteristics and influencing factors for intracranial infections in patients after craniotomy[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2018, 28(2): 218 - 221.
- [16] 蒲云学. 开颅术后颅内感染的相关因素探讨[J]. *世界复合医学*, 2021, 7(5): 88 - 90.
- Pu YX. Discussion on related factors of intracranial infection after craniotomy[J]. *World Journal of Complex Medicine*, 2021, 7(5): 88 - 90.
- [17] 郭致飞, 赵兵, 吴德俊, 等. 颅底肿瘤开颅手术后颅内感染相关危险因素分析[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2021, 21(8): 659 - 664.
- Guo ZF, Zhao B, Wu DJ, et al. Analysis on risk factors for intracranial infection after craniotomy for resection of skull base neoplasms[J]. *Chinese Journal of Contemporary Neurology and Neurosurgery*, 2021, 21(8): 659 - 664.
- [18] 赵四军, 赵明, 徐欣, 等. 脑肿瘤患者术后颅内感染病原学特点及危险因素分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2017, 27(21): 4916 - 4918, 4934.
- Zhao SJ, Zhao M, Xu X, et al. Etiological characteristics and risk factors for postoperative intracranial infections in patients with brain tumor[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2017, 27(21): 4916 - 4918, 4934.
- [19] 谭博, 闫瑞姝, 何明方, 等. 择期开颅术后颅内感染的危险因素[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2018, 23(2): 126 - 128.
- Tan B, Yan RS, He MF, et al. Risk factors for intracranial infection after selective craniotomy[J]. *Chinese Journal of Clinical Neurosurgery*, 2018, 23(2): 126 - 128.

(本文编辑:陈玉华)

**本文引用格式:**张丹梅,袁丽,朱琪. 开颅手术后颅内感染风险预测模型构建及效果评价[J]. *中国感染控制杂志*, 2022, 21(5): 439 - 446. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20222269.

**Cite this article as:** ZHANG Dan-mei, YUAN Li, ZHU Qi. Construction and effect evaluation of risk prediction model for intracranial infection after craniotomy[J]. *Chin J Infect Control*, 2022, 21(5): 439 - 446. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222269.