

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20222693

## 论著·风险评估专题

## 急性缺血性脑卒中患者卒中相关感染风险预测模型构建与验证

王嘉钰<sup>1</sup>, 刘 蕾<sup>2</sup>, 吴 薇<sup>3</sup>, 李春景<sup>2</sup>, 边 露<sup>1</sup>, 贺庆磊<sup>2</sup>, 曲志鑫<sup>2</sup>, 胡寒朔<sup>2</sup>

(1. 辽宁中医药大学护理学院, 辽宁 沈阳 110847; 2. 沈阳医学院护理学院, 辽宁 沈阳 110034; 3. 沈阳大学人文社会科学研究院, 辽宁 沈阳 110003)

**[摘要]** **目的** 探讨急性缺血性脑卒中患者发生卒中相关感染的危险因素, 并构建决策树预测模型。**方法** 回顾性选取 2020 年 6 月—2021 年 6 月某院神经内科病房收治的急性缺血性脑卒中患者为研究对象。将其以一定比例分配为训练组与验证组。通过 Lasso 回归筛选预测因子, 基于 CHAID 算法构建急性缺血性脑卒中患者卒中相关感染的决策树模型。内部验证采用随机拆分验证法, 使用受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)对模型效果进行评价。**结果** 共收治 693 例 AIS 患者, 训练组 484 例, 验证组 209 例。训练组卒中相关感染发病率为 17.8% (86 例), 验证组卒中相关感染发病率为 20.1% (42 例)。年龄、空腹血糖、糖尿病史、甘油三酯、吸烟、合并呼吸系统疾病、合并心血管系统疾病、意识障碍、住院时长是急性缺血性脑卒中患者发生卒中相关感染的危险因素。将以上因素纳入并构建决策树模型, 决策树模型包含 3 层, 共 7 个节点。合并呼吸系统疾病、糖尿病史、吸烟是发生卒中相关感染的预测指标。验证组决策树模型 ROC 的 AUC 为 0.980, 灵敏度为 97.0%, 特异度为 97.6%, Youden 指数为 0.946, Kappa 值为 0.914。**结论** 本研究构建的模型可以较好的预测急性缺血性脑卒中患者发生卒中相关感染的风险, 可作为临床护理人员对患者进行风险预测的评估工具。

**[关键词]** 急性缺血性脑卒中; 卒中相关感染; 决策树; Lasso 回归; 预测模型

**[中图分类号]** R181.3<sup>+</sup>2

## Construction and validation of risk prediction model for stroke-related infection in patients with acute ischemic stroke

WANG Jia-yu<sup>1</sup>, LIU Lei<sup>2</sup>, WU Wei<sup>3</sup>, LI Chun-jing<sup>2</sup>, BIAN Lu<sup>1</sup>, HE Qing-lei<sup>2</sup>, QU Zhi-xin<sup>2</sup>, HU Han-shuo<sup>2</sup> (1. Nursing School, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110847, China; 2. Nursing School, Shenyang Medical College, Shenyang 110034, China; 3. Academy of Humanities and Social Sciences, Shenyang University, Shenyang 110003, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the risk factors for the occurrence of stroke-related infection in patients with acute ischemic stroke (AIS), and construct a decision tree prediction model. **Methods** AIS patients admitted to the department of neurology of a hospital from June 2020 to June 2021 were retrospectively selected as the research objects. They were divided into training group and validation group in a certain proportion. The predictors were screened by Lasso regression, and a decision tree model for stroke-related infection in AIS patients was constructed based on the CHAID algorithm. Random split validation method was adopted for internal validation, and the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) was used to evaluate the effect of the model. **Results**

A total of 693 AIS patients were treated, 484 in training group and 209 in validation group. Incidence of stroke-related infection in training group and validation group were 17.8% ( $n = 86$ ) and 20.1% ( $n = 42$ ) respectively. Age, fasting blood glucose, history of diabetes, triglycerides, smoking, complicated respiratory diseases, compli-

[收稿日期] 2022-03-28

[基金项目] 2021 年度辽宁省教育厅重点(面上)科研项目(LJKR0555); 国家级大学生创新创业训练计划项目(202110164002)

[作者简介] 王嘉钰(1998-), 女(满族), 辽宁省锦州市人, 硕士研究生, 主要从事老年护理及临床护理研究。

[通信作者] 刘蕾 E-mail: liulei0428@sina.com

cated cardiovascular diseases, disturbance of consciousness, and long length of hospitalization were risk factors for stroke-related infection in AIS patients. The above factors were included and a decision tree model was constructed. The decision tree model contained 3 layers and a total of 7 nodes. Complicated respiratory disease, history of diabetes, and smoking were predictors of stroke-related infection. The AUC of ROC of validation group decision tree model was 0.980, the sensitivity and specificity were 97.0% and 97.6% respectively, Youden index was 0.946, Kappa value was 0.914. **Conclusion** The model constructed in this study can better predict the risk of stroke-related infection in AIS patients, and can be used as an evaluation tool for clinical nurses to predict the risk of patients.

[Key words] acute ischemic stroke; stroke-related infection; decision tree; Lasso regression; prediction model

据全球疾病负担研究(global burden of disease study,GBD)<sup>[1]</sup>显示,2005—2017 年,我国缺血性脑卒中患病率由 112/10 万升高至 156/10 万。同期,患者的伤残调整寿命年也由 975/10 万增长至 1 007/10 万。卒中相关感染是其最常见且严重的并发症。塞尔维亚临床中心的回顾性研究<sup>[2]</sup>显示,急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)患者卒中相关感染患病率为 47.4%。其中肺部感染在卒中相关感染中的死亡比例最高,约占总死亡人数的三分之一<sup>[3]</sup>。在美国,因卒中相关感染每年花费的医疗费用约 4.59 亿美元<sup>[4]</sup>,对家庭和社会而言是沉重的经济负担。风险评估是一种有效判断疾病高危人群的手段,风险预测模型则可以通过对高危个体筛选实现疾病的三级预防。因此,尽早对 AIS 患者进行卒中相关感染风险评估,对指导卒中相关感染的预防与控制有重要意义。

《中国急性缺血性脑卒中早期血管内介入诊疗指南 2018》<sup>[5]</sup>显示,结合我国具体国情,由于部分 AIS 患者在发病后未能及时就医,未能在时间窗内得到介入手术治疗<sup>[6]</sup>,加之基层医院开展介入手术的技术力量、组织管理能力均弱于上级脑卒中中心,因此大部分患者接受非手术治疗。现有研究多针对 AIS 手术患者构建卒中相关感染风险预测模型,较少聚焦于 AIS 非手术治疗患者。因此,本研究旨在通过 CHAID 算法构建 AIS 患者发生卒中相关感染的决策树模型,为基层临床医务人员提供筛查工具。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性选取 2020 年 6 月—2021 年 6 月某院神经内科病房收治的 AIS 患者为研究对象,将其以一定比例分配为训练组与验证组。纳入标准:①符合中国 AIS 的诊治指南<sup>[7]</sup>;②首次发生 AIS;③年龄≥18 周岁;④住院时间>2 d;⑤具有正常沟通能力;⑥自愿积极配合护理人员、已签署同

意书者。排除标准:①入院前存在局部或全身性严重感染;②患有免疫或血液系统疾病;③合并恶性肿瘤;④纳入研究的临床指标数据缺失的患者;⑤ AIS 手术治疗或入住重症监护病房(ICU)的重症患者。

### 1.2 研究方法

1.2.1 临床资料收集 研究人员对患者的电子病历进行查阅,分别收集患者的社会人口学资料、疾病与实验室相关资料(纳入首次检查指标)三部分。第一部分包括年龄、性别、身体质量指数(body mass index,BMI)、住院时长、吸烟与饮酒史。第二部分收集患者既往手术史、患病史、意识状态、是否吞咽障碍、是否进行溶栓治疗;第三部分包括尿酸、尿素、肌酐、总胆固醇、空腹血糖、清蛋白(albumin,ALB)、高密度脂蛋白、胆固醇、甘油三酯等实验室检查结果。

1.2.2 结局指标测量标准 依据卫生部 2001 年颁发的《医院感染诊断标准(试行)》<sup>[8]</sup>对卒中相关感染进行判定。卒中相关感染指患者在脑卒中发病过程中未出现感染也未处于潜伏期,但在发作 1 周内出现感染的症状<sup>[9-10]</sup>。

1.3 统计学方法 应用 R(4.0.3)与 SPSS 26.0 进行统计分析。符合正态分布的计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,计数资料采用频数和百分率(%)表示。采用 Lasso 回归筛选预测因子,CHAID 算法构建 AIS 患者发生卒中相关感染的决策树模型。模型内部验证采用随机拆分验证法,区分度通过计算受试者工作特征(ROC)曲线评价,校准度采用 Brier 评价。以  $P \leq 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 AIS 患者一般资料及卒中相关感染发生情况 2020 年 6 月—2021 年 6 月神经内科病房共收治 693 例 AIS 患者,将其以 7:3 的比例分配为训练组(484 例)和验证组(209 例)。训练组卒中相关感染发病率为 17.8%(86 例),分别为泌尿系统感染 34

例(39.5%),下呼吸道感染 36 例(41.9%),上呼吸道感染、皮肤软组织感染各 8 例(各占 9.3%)。验证组卒中相关感染发病率为 20.1%(42 例),分别为

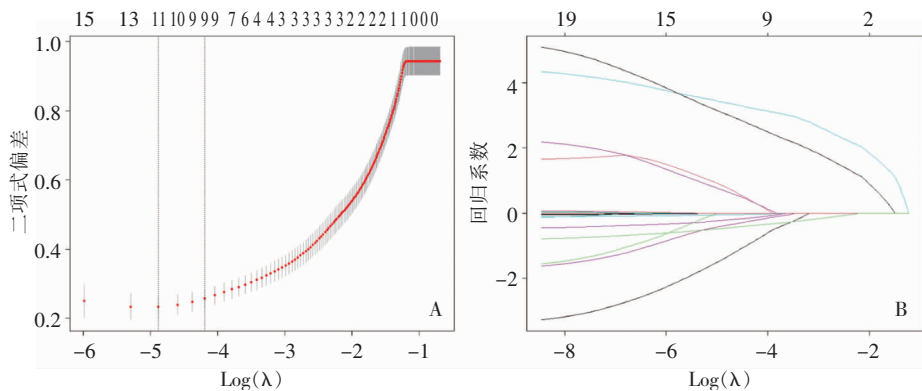
泌尿系统感染 25 例(59.5%),下呼吸道感染 15 例(35.7%),上呼吸道感染 2 例(4.8%)。研究对象的一般特征见表 1。

表 1 训练组与验证组患者的一般特征

Table 1 General characteristics of patients in training group and validation group									
变量	训练组 (n = 484)	验证组 (n = 209)	t/ $\chi^2$	P	变量	训练组 (n = 484)	验证组 (n = 209)	t/ $\chi^2$	P
年龄(岁)	66.62 ± 11.21	65.41 ± 11.28	1.308	0.191	住院天数(d)	7.93 ± 3.05	8.11 ± 3.07	-0.732	0.465
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	24.65 ± 3.38	24.70 ± 3.38	-0.163	0.871	饮酒[例(%)]			2.090	0.148
甘油三酯(mmol/L)	1.81 ± 1.17	1.76 ± 1.11	0.526	0.599	是	362(74.79)	64(30.62)		
高密度脂蛋白 (mmol/L)	1.21 ± 0.37	1.21 ± 0.50	-0.657	0.511	否	122(25.21)	145(69.38)		
胆固醇(mmol/L)	48.50 ± 1.23	4.83 ± 1.18	-0.999	0.319	既往手术史[例(%)]			2.977	0.840
尿素(mmol/L)	5.79 ± 2.14	5.71 ± 1.83	-0.155	0.877	是	379(78.31)	151(72.25)		
肌酐( $\mu$ mol/L)	77.12 ± 25.59	76.78 ± 21.25	0.351	0.725	否	105(21.69)	58(27.75)		
尿酸( $\mu$ mol/L)	320.29 ± 91.22	323.98 ± 96.75	0.870	0.384	高血压病史[例(%)]			1.598	0.206
空腹血糖(mmol/L)	7.57 ± 3.85	7.25 ± 2.48	1.431	0.153	是	165(34.09)	148(70.81)		
清蛋白(g/dl)	41.84 ± 4.57	42.97 ± 3.97	0.116	0.002	否	319(65.91)	61(29.19)		
性别[例(%)]			2.451	0.117	合并呼吸系统疾病 [例(%)]			6.566	0.390
男性	318(65.70)	150(71.77)			是	73(15.08)	46(22.01)		
女性	166(34.30)	59(28.23)			否	411(84.92)	163(77.99)		
糖尿病史[例(%)]			0.635	0.728	合并心血管疾病 [例(%)]			0.158	0.691
是	288(59.50)	128(61.24)			是	359(74.17)	152(72.73)		
否	196(40.50)	81(38.76)			否	125(25.83)	57(27.27)		
意识障碍[例(%)]			0.553	0.457	吞咽障碍[例(%)]			0.868	0.351
是	66(13.64)	33(15.79)			是	18(3.72)	11(5.26)		
否	418(86.36)	176(84.21)			否	466(96.28)	198(94.74)		
吸烟[例(%)]			7.718	0.051	溶栓治疗[例(%)]			0.546	0.046
是	294(60.74)	106(50.72)			是	46(9.50)	17(8.13)		
否	190(39.26)	103(49.28)			否	438(90.50)	192(91.87)		

2.2 Lasso 回归筛选预测变量 为解决多重共线性问题,本研究采用 Lasso 回归筛选预测变量。进入回归方程的变量共计 9 个,分别为年龄、甘油三酯、空腹血糖、糖尿病史、吸烟、合并呼吸系统疾病、心血管系统疾病、意识障碍、住院时长,在模型中具有系数非零。通过 10 倍交叉验证确定最优  $\lambda$  值,见

图 1。如图 1A 所示,两条虚线范围内模型的标准偏差改变幅度相对小,Lambda. 1se = 0.015 1 时模型最精简,图 1B 中的曲线为候选预测因子系数轨迹,模型压缩程度随  $\lambda$  值增大而增大,相应得到更少的候选变量。



注:A 为十倍交叉验证图;B 为收缩系数图。

图 1 基于 Lasso 回归的预测变量选择

Figure 1 Selection of predictive variables based on Lasso regression

2.3 基于 CHAID 算法构建卒中相关感染决策树模型 以是否发生卒中相关感染(否 = 0,是 = 1)为因变量,将上述 Lasso 回归筛选出的 9 个预测因子作为协变量(赋值方式见表 2),采用 CHAID 算法对所有的变量进行筛查,构建决策树模型,见图 2。该决策树模型共 3 层、7 个节点(4 个终端节点)与 4 条分类规则,见表 3。以 AIS 患者所占节点构成比例代表该类人群卒中相关感染发生风险,筛选出 2 类高危人群:①未合并呼吸系统疾病、吸烟占该节点构成的 11.2%;②未合并呼吸系统疾病、不吸烟、有糖尿病史占该节点构成的 6.5%。

训练组决策树模型的曲线下面积(AUC)为 0.921(95%CI:0.889~0.954, $P<0.05$ ),见图 3。Youden 指数为 0.719,灵敏度为 97.5%,特异度为 74.4%,Brier 得分为 0.004。

表 2 自变量赋值表

Table 2 Assignment of independent variables

自变量	赋值方法
年龄	原值输入
空腹血糖	原值输入
住院日数	原值输入
吸烟	否 = 0;是 = 1
合并呼吸系统疾病	否 = 0;是 = 1
合并心血管疾病	否 = 0;是 = 1
糖尿病史	否 = 0;是 = 1
存在意识障碍	否 = 0;是 = 1

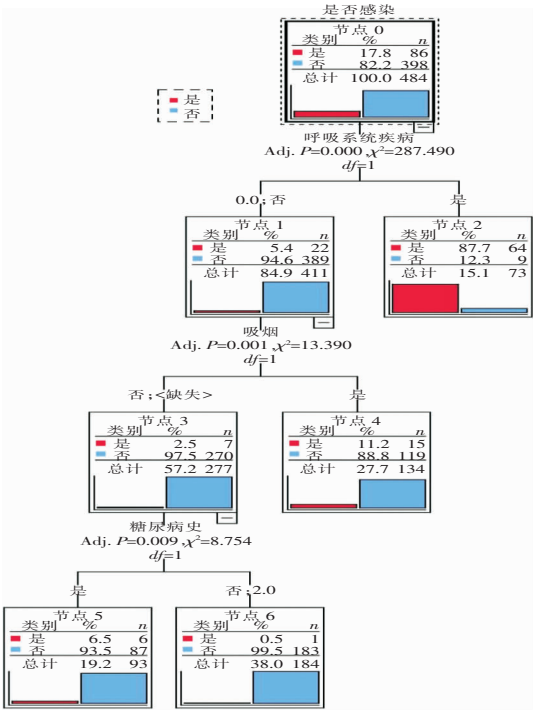


图 2 AIS 患者发生卒中相关感染的决策树模型图

Figure 2 Decision tree model of occurrence of stroke-related infection in AIS patients

2.4 模型验证 应用 SPSS 26.0 绘制 ROC 曲线,决策树模型的 AUC 为 0.980(95%CI:0.962~0.999, $P<0.05$ ),见图 4。Youden 指数为 0.946,灵敏度为 97.0%,特异度为 97.6%,Brier 得分为 0.000 8。阳性与阴性检测率分别为 97.62%、97.01%。验证组实际发生卒中相关感染的有 41 例,根据风险预测发生卒中相关感染的有 41 例。Kappa 值为 0.914,预测与实际临床结局具有较好一致性。

表 3 卒中相关感染风险预测决策树模型分类规则

Table 3 Classification rules of decision tree model for risk prediction of stroke-related infection

序号	条件 1	条件 2	条件 3	卒中相关感染发生风险(%)	例数
1	未合并呼吸系统疾病	吸烟	-	11.2	15
2	未合并呼吸系统疾病	不吸烟	-	2.5	7
3	未合并呼吸系统疾病	不吸烟	有糖尿病史	6.5	6
4	未合并呼吸系统疾病	不吸烟	无糖尿病史	0.5	1

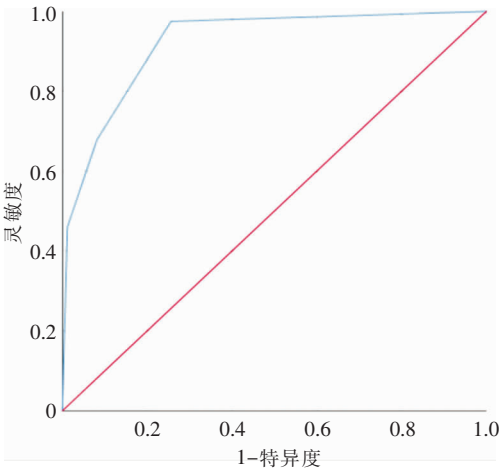


图 3 建模组 ROC 曲线

Figure 3 ROC curve of modeling group

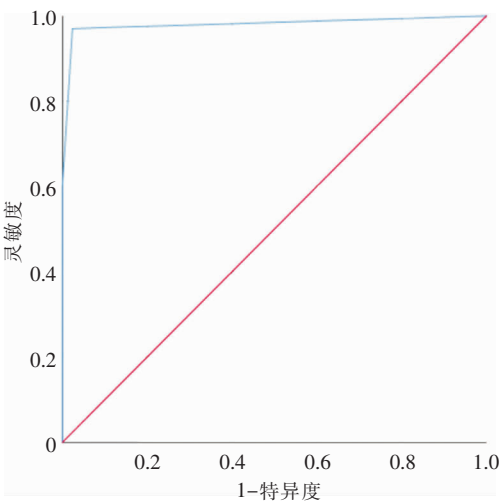


图 4 验证组 ROC 曲线

Figure 4 ROC curve of validation group

3 讨论

本研究构建的模型共有 3 个预测指标,分别为合并呼吸系统疾病、吸烟与糖尿病史。合并呼吸系统疾病的 AIS 患者卒中相关感染发生风险高达 87.7%,与无吸烟史的患者(卒中相关感染发生风险为 2.5%)相比,有吸烟史者发生风险为 11.2%,与毕宗勤等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。AIS 合并呼吸系统疾病者,由于其呼吸道纤毛结构功能异常、摆动频率降低,呼吸系统免疫功能降低。同时,脑卒中后患者体内免疫细胞数量和功能下降,因此易继发呼吸道感染<sup>[11]</sup>。研究<sup>[12]</sup>显示,吸烟产生的烟雾会导致纤毛清理能力降低,引发支气管黏膜下腺体增生肥大、黏液分泌过多,从而造成支气管阻塞,增加感染概率。另外,烟雾导致机体全身氧化应激反应,加速血管老化,增加感染风险<sup>[13]</sup>。研究<sup>[14]</sup>发现,有糖尿病史的脑卒中患者卒中相关感染发病率高达 33.3%。本研究结果显示,有糖尿病史相比于无糖尿病史的 AIS 患者发生卒中相关感染风险由 0.5% 增长至 6.5%,与国内外研究<sup>[15-16]</sup>结果相似。这是由于患者机体长期处于高血糖状态,为细菌提供良好的生长环境,抑制体内白细胞趋化性,降低白细胞抗炎能力,增加了感染风险。Lin 等<sup>[17]</sup>研究表明,糖尿病患者血浆葡萄糖浓度每升高 1 mmol/L,肺部感染风险就会增加 6%~10%。糖尿病合并脑卒中患者若血糖水平控制不佳,不仅会增加原发病的治疗难度,还会进一步增加其感染甚至死亡风险<sup>[18]</sup>。因此,临床护理人员需要加强对医院感染防控工作的落实。对患者进行全面的入院健康评估。并结合本研究结果对重点人群加强防护,包括制定个性化戒烟干预方案、积极控制血糖、规范抗菌药物的使用等,以防卒中相关感染的发生。

本研究开发的模型预测能力良好,两组模型 ROC 曲线下面积分别为 0.921、0.980。Westendorp 等<sup>[19]</sup>学者采用 logistic 回归联合多个因素构建预测模型,模型 ROC 的 AUC 为 0.82。目前临床上常用一些评分系统预测卒中相关感染发生风险,如格拉斯哥昏迷指数(Glasgow coma scale,GCS)、美国国立卫生研究院卒中量表(National Institute of Health stroke scale,NIHSS)等。宋甜田等<sup>[20]</sup>与吴晓慧等<sup>[21]</sup>分别用 GCS、NIHSS 评分对脑卒中手术后患者医院感染风险进行预测,ROC 的 AUC 分别为 0.747、0.678。本研究模型预测效能优于以上研

究。可能与本研究采用的统计学方法可提高模型的预测精度有关。

本研究应用决策树构建模型,与 logistic 回归相比更加考虑到预测因子之间的交互作用,可为临床预测提供更准确可靠的分类规则。如当 AIS 患者未合并呼吸系统疾病,有吸烟史时可以直接预测患者发生卒中相关感染的风险性为 11.2%;当患者未合并呼吸系统疾病、无吸烟史时,需要考虑患者是否有糖尿病史才可以作出判断,预测指标与卒中发生之间的路径关系更为清晰,结果直观易懂。因此,本研究为 AIS 患者发生卒中相关感染提供了一个简便易行、预测效能好的评估工具。且模型所纳入的预测因子是临床易于收取的资料,使该模型具备较好的临床适用性与操作性,为医护人员简化了评估流程。

综上所述,本研究面向 AIS 非手术治疗患者群体,采用 Lasso 回归筛选变量解决数据共线性问题;基于 CHAID 算法决策树建模为临床提供更准确可靠的分类规则。本研究构建的模型较简单直观,预测因子获取简便,从而为预防 AIS 非手术治疗患者住院期间发生卒中相关感染提供简便清晰的评估工具。由于本研究采用回顾性方法来收集病历资料,病历记录缺失或错误可能会导致在资料收集过程中产生信息偏倚。另外,由于本研究只观察住院期间患者感染发生情况,未进行随访,导致感染的发生率可能低于实际发生率。因此,日后可对其进行随访,并采用多种模型横向对比以获得准确性更高、适用性更强的预测模型。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 《中国脑卒中防治报告》编写组.《中国脑卒中防治报告 2019》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2020, 17(5): 272-281.  
Report on Stroke Prevention and Treatment in China Writing Group. Brief report on stroke prevention and treatment in China, 2019[J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2020, 17(5): 272-281.

[2] Popović N, Stefanović-Budimkić M, Mitrović N, et al. The frequency of poststroke infections and their impact on early stroke outcome[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2013, 22(4): 424-429.

[3] Heuschmann PU, Kolominsky-Rabas PL, Misselwitz B, et al. Predictors of in-hospital mortality and attributable risks of death after ischemic stroke: the German Stroke Registers

Study Group[J]. Arch Intern Med, 2004, 164(16): 1761-1768.

[4] Hannawi Y, Hannawi B, Rao CPV, et al. Stroke-associated pneumonia: major advances and obstacles[J]. Cerebrovasc Dis, 2013, 35(5): 430-443.

[5] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组. 中国急性缺血性脑卒中早期血管内介入诊疗指南 2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 683-691.  
Chinese Society of Neurology, Cerebrovascular Disease Group, Chinese Society of Neurology, Neurovascular Intervention Collaborative Group. Chinese guidelines for the endovascular treatment of acute ischemic stroke 2018[J]. Chinese Journal of Neurology, 2018, 51(9): 683-691.

[6] Kaur H, Prakash A, Medhi B. Drug therapy in stroke: from preclinical to clinical studies[J]. Pharmacology, 2013, 92(5-6): 324-334.

[7] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.  
Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute ischemic stroke 2018[J]. Chinese Journal of Neurology, 2018, 51(9): 666-682.

[8] 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 PRC. Diagnostic criteria for nosocomial infections (proposed) [J]. National Medical Journal of China, 2001, 81(5): 314-320.

[9] Worthmann H, Tryc AB, Dirks M, et al. Lipopolysaccharide binding protein, interleukin-10, interleukin-6 and C-reactive protein blood levels in acute ischemic stroke patients with post-stroke infection[J]. J Neuroinflammation, 2015, 12: 13.

[10] 毕宗勤, 廖凯, 田秀丽. 急性缺血性脑卒中患者并发脑卒中相关性感染危险因素分析及预防对策[J]. 贵州医药, 2021, 45(2): 284-285.  
Bi ZQ, Liao K, Tian XL. Analysis of risk factors for acute ischemic stroke patients with concurrent stroke-associated infections and preventive measures[J]. Guizhou Medical Journal, 2021, 45(2): 284-285.

[11] Walter U, Kolbaske S, Patejdl R, et al. Insular stroke is associated with acute sympathetic hyperactivation and immunodepression[J]. Eur J Neurol, 2013, 20(1): 153-159.

[12] Hedman L, Backman H, Stridsman C, et al. Association of electronic cigarette use with smoking habits, demographic factors, and respiratory symptoms [J]. JAMA Netw Open, 2018, 1(3): e180789.

[13] Zuo L, He F, Sergakis GG, et al. Interrelated role of cigarette smoking, oxidative stress, and immune response in COPD and corresponding treatments[J]. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol, 2014, 307(3): L205-L218.

[14] 陈兰英, 徐添, 杨辉, 等. 糖尿病合并脑卒中患者医院感染风

- 险预测模型构建及经济负担评价[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(14): 2104–2108.
- Chen LY, Xu T, Yang H, et al. Construction of risk prediction model for nosocomial infection and economic burden of diabetes mellitus patients complicated with stroke[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(14): 2104–2108.
- [15] Zonneveld TP, Nederkoorn PJ, Westendorp WF, et al. Hyperglycemia predicts poststroke infections in acute ischemic stroke[J]. Neurology, 2017, 88(15): 1415–1421.
- [16] 王树泉, 何鑫, 韩秀明. 缺血性脑卒中患者并发肺部感染的病原菌分布、危险因素及血清因子水平分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2020, 15(2): 214–216, 220.
- Wang SQ, He X, Han XM. Analysis of pathogens, risk factors, and serum factor levels in patients with ischemic stroke and a pulmonary infection[J]. Journal of Pathogen Biology, 2020, 15(2): 214–216, 220.
- [17] Lin WL, Muo CS, Lin WC, et al. Association of increased risk of pneumonia and using proton pump inhibitors in patients with type II diabetes mellitus[J]. Dose Response, 2019, 17(2): 1559325819843383.
- [18] Lehuen A, Diana J, Zacccone P, et al. Immune cell crosstalk in type 1 diabetes[J]. Nat Rev Immunol, 2010, 10(7): 501–513.
- [19] Westendorp WF, Vermeij JD, Hilken NA, et al. Development and internal validation of a prediction rule for post-stroke infection and post-stroke pneumonia in acute stroke patients[J]. Eur Stroke J, 2018, 3(2): 136–144.
- [20] 宋甜田, 杜金阁, 孟藏, 等. GCS 评分对脑卒中手术患者医院感染的预测效果[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(6): 561–565.
- Song TT, Du JG, Meng W, et al. Predictive effect of Glasgow Coma Scale score on healthcare-associated infection in stroke patients undergoing surgery[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2019, 18(6): 561–565.
- [21] 吴晓慧, 刘芸宏, 李倩, 等. NIHSS 评分对脑卒中手术患者医院感染的预测作用[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(22): 3432–3435.
- Wu XH, Liu YH, Li Q, et al. Predictive effect of NIHSS score on healthcare-associated infection in stroke patients undergoing surgery[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(22): 3432–3435.
- (本文编辑:陈玉华)

**本文引用格式:**王嘉钰,刘蕾,吴薇,等. 急性缺血性脑卒中患者卒中相关感染风险预测模型构建与验证[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(9): 837–843. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222693.

**Cite this article as:** WANG Jia-yu, LIU Lei, WU Wei, et al. Construction and validation of risk prediction model for stroke-related infection in patients with acute ischemic stroke[J]. Chin J Infect Control, 2022, 21(9): 837–843. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222693.