

• 研究荟萃 •

# 脑卒中后神经源性膀胱患者尿路感染风险预测模型的构建与验证

潘玉佩<sup>1</sup>, 杨柳<sup>1</sup>, 黄婷婷<sup>1</sup>, 彭雅洁<sup>1</sup>, 熊惠芬<sup>2</sup>

(1. 武汉中西医结合骨科医院·武汉体育学院附属医院 康复医学科, 湖北 武汉 430074;

2. 武汉中西医结合骨科医院·武汉体育学院附属医院 护理部)

**【摘要】 目的** 建立脑卒中后神经源性膀胱(post-stroke neurogenic bladder, PSNB)患者尿路感染风险动态列线图模型,为临床筛查提供工具。**方法** 2023年6月至2025年6月,采用便利抽样法选取某院收治的360例PSNB患者为研究对象。根据其是否发生尿路感染分为感染组( $n=94$ )和对照组( $n=266$ ),分析其危险因素并建立动态列线图预测模型。**结果** 360例PSNB患者尿路感染发生率为26.11%;感染组与对照组患者在年龄、低蛋白血症、NIHSS评分、留置尿管时间等项目上的差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );年龄( $OR=3.065$ )、性别( $OR=3.467$ )、糖尿病( $OR=2.750$ )、NIHSS评分( $OR=1.192$ )、留置尿管时间( $OR=1.777$ )、膀胱功能训练介入时间( $OR=1.490$ )是PSNB患者尿路感染的影响因素(均 $P<0.05$ )。绘制PSNB患者尿路感染风险的列线图模型的受试者工作特征曲线下面积为0.929;经Hosmer-Lemeshow检验,模型拟合情况良好;校准曲线与决策曲线显示模型具有较好的校准度和临床有效性。**结论** 构建的PSNB患者尿路感染风险动态列线图模型具有良好的预测效能,值得推广。

**【关键词】** 脑卒中后神经源性膀胱;尿路感染;动态列线图;预测效能

**DOI:**10.3969/j.issn.2097-1826.2026.06.010

**【中图分类号】** R473.74 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2026)06-0040-04

## Development and Validation of a Risk Prediction Model for Urinary Tract Infection in Patients with Post-stroke Neurogenic Bladder

PAN Yupei<sup>1</sup>, YANG Liu<sup>1</sup>, HUANG Tingting<sup>1</sup>, PENG Yajie<sup>1</sup>, XIONG Huifen<sup>2</sup> (1. Department of Rehabilitation Medicine, Wuhan Orthopedics Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine & The Affiliated Hospital of Wuhan Sports University, Wuhan 430074, Hubei Province, China; 2. Nursing Department, Wuhan Orthopedics Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine & The Affiliated Hospital of Wuhan Sports University) Corresponding author: XIONG Huifen, Tel: 027-87870959

**【Abstract】 Objective** To establish a dynamic nomogram model for predicting the risk of urinary tract infection (UTI) in patients with post-stroke neurogenic bladder (PSNB), so as to provide a clinical screening tool. **Methods** A total of 360 PSNB patients admitted to a hospital from June 2023 to June 2025 were enrolled by the convenience sampling method. They were divided into infection group ( $n=94$ ) and control group ( $n=266$ ) according to the occurrence of UTI. The risk factors were analyzed, and a dynamic nomogram prediction model was constructed. **Results** The incidence of UTI in 360 PSNB patients was 26.11%. There were significant differences in age, hypoalbuminemia, NIHSS score, indwelling catheter duration and other indicators between the infection group and the control group (all  $P<0.05$ ). Age ( $OR=3.065$ ), gender ( $OR=3.467$ ), diabetes mellitus ( $OR=2.750$ ), NIHSS score ( $OR=1.192$ ), indwelling catheter duration ( $OR=1.777$ ), and intervention timing of bladder function training ( $OR=1.490$ ) were influencing factors for UTI in PSNB patients ( $P<0.05$ ). The area under the receiver operating characteristic curve (AUC) of the nomogram model was 0.929. The Hosmer-Lemeshow test showed good model fit. Calibration curve and decision curve analysis demonstrated favorable calibration and clinical effectiveness of the model. **Conclusions** The established dynamic nomogram model for predicting UTI risk in PSNB patients shows good predictive performance and is worthy of clinical promotion.

**【Key words】** post-stroke neurogenic bladder; urinary tract infection; dynamic nomogram; predictive performance

[Mil Nurs, 2026, 43(06): 40-43]

**【收稿日期】** 2025-10-27 **【修回日期】** 2026-04-28  
**【基金项目】** 武汉中西医结合骨科医院(武汉体育学院附属医院)科研项目(WTFY202312)  
**【作者简介】** 潘玉佩, 本科, 主管护师, 电话: 027-86643855  
**【通信作者】** 熊惠芬, 电话: 027-87870959

脑卒中后神经源性膀胱(post-stroke neurogenic bladder, PSNB)为常见的膀胱功能障碍,患者主要表现为排尿困难和/或失禁,对其身心健康造成不利影响<sup>[1]</sup>。现阶段,PSNB的治疗以康复训练为主,通过排尿训练、盆底肌训练并配合间歇导尿,可促进患者膀胱功能的恢

复<sup>[2]</sup>。PSNB 患者康复期间易出现尿路感染,这会加重患者尿路症状,延缓康复进程,严重时甚至危及患者生命<sup>[3]</sup>。因此,明确 PSNB 患者尿路感染的影响因素并进行个体化预测对促进脑卒中患者康复具有重要意义。然而,现有研究多局限于对 PSNB 患者尿路感染的影响因素进行探讨,鲜有研究建立相应风险预测模型以评估患者尿路感染的发生风险。动态列线图模型是一种将传统列线图通过 R 软件动态化的新型模型,具有操作简便、临床实用性强等优势<sup>[4]</sup>,在临床实践中获得广泛的应用和认可。基于此,本研究将在分析 PSNB 患者尿路感染影响因素的基础上,建立相关风险动态列线图模型,以期为临床识别高危患者提供可靠工具。

### 1 对象与方法

1.1 研究对象 2023 年 6 月至 2025 年 6 月,采用便利抽样法选取某院收治的 PSNB 患者为研究对象。纳入标准:年龄 > 18 周岁;符合 PSNB 的相关诊断标准<sup>[5]</sup>;病情稳定且神志清楚;临床资料完整;排除标准:入院前合并泌尿系统感染者;有泌尿外科手术史;合并其他感染性疾病;合并恶性肿瘤或其他器官功能衰竭等严重疾病。本研究已经获得医院伦理委员会批准。根据自变量事件数法<sup>[6]</sup>计算所需样本量,即样本量应为变量数的 5~10 倍。本研究拟纳入 14 个自变量,根据文献<sup>[7]</sup>报道的 PSNB 患者尿路感染发生率(59.8%),再考虑 20% 的流失率,样本量最少 126 例,本研究最终纳入 360 例。

#### 1.2 方法

1.2.1 资料收集 通过医学文献复习、专家小组会议等方式确定本次研究所需收集的临床资料,主要包括患者基线资料(年龄、性别、体重指数等)、基础疾病(高血压、糖尿病等)、留置尿管时间、膀胱功能训练介入时间、卧床时间及美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of health stroke scale, NIHSS)评分。NIHSS 评分包含 11 个项目,总分 42 分,1~4 分为轻度、5~15 分为中度、16~20 分为中重度、21~42 分为重度<sup>[8]</sup>。挑选 2 名具有中级或以上职称的护理人员通过医院病案系统查询病历记录和康复手册,并完成相关资料的收集,最后由护士长对数据进行校准和复核。

1.2.2 尿液检测与分组 收集患者清洁中段尿标本进行尿常规检查,并记录检查结果。以患者出现尿频、尿急、尿痛等尿路刺激症状,且尿沉渣白细胞计数  $\geq 10$  个/高倍视野,判定为存在尿路感染<sup>[9]</sup>;同时,将发生尿路感染的患者纳入感染组,未发生尿路感染的患者纳入对照组。

1.2.3 统计学处理 采用 SPSS 25.0 统计软件,正

态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用  $t$  检验;非正态分布的计量资料以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,采用秩和检验。计数资料分别以例数和百分比表示,并采用  $\chi^2$  检验;以 Logistic 回归分析筛选 PSNB 患者尿路感染的危险因素。采用 R 4.4.1 软件构建 PSNB 患者尿路感染风险动态列线图模型,并绘制受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线、校准曲线、决策曲线评估模型性能。采用 K 折交叉法进行内部验证。以  $P < 0.05$  或  $P < 0.01$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

2.1 PSNB 患者尿路感染的发生情况及单因素分析结果 360 例 PSNB 患者中发生尿路感染 94 例,占 26.11%。感染组与对照组患者在年龄、性别、糖尿病、低蛋白血症、NIHSS 评分、留置尿管时间、膀胱功能训练介入时间上的差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ),本文仅列出差异有统计学意义的项目,见表 1。

表 1 PSNB 患者尿路感染的单因素分析结果(N=360)

项目	感染组 (n=94)	对照组 (n=266)	$\chi^2$ 或 $t$	P
年龄[n(%)]			9.139	0.003
<60 岁	26(27.66)	121(45.49)		
$\geq 60$ 岁	68(72.34)	145(54.51)		
性别[n(%)]			12.640	<0.001
男	43(45.74)	177(66.54)		
女	51(54.26)	89(33.46)		
糖尿病[n(%)]			31.257	<0.001
是	46(48.94)	51(19.17)		
否	48(51.06)	215(80.83)		
低蛋白血症[n(%)]			4.154	0.042
是	25(26.60)	45(16.92)		
否	69(73.40)	221(83.08)		
NIHSS 评分[分, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	8(4, 15)	4(2, 7)	7.222	<0.001
留置尿管时间[ $t/d, \bar{x} \pm s$ ]	10.47 $\pm$ 3.29	6.47 $\pm$ 2.08	13.945	<0.001
膀胱功能训练介入时间[ $t/d, \bar{x} \pm s$ ]	7.96 $\pm$ 2.30	6.39 $\pm$ 2.03	6.193	<0.001

2.2 PSNB 患者尿路感染的多因素回归分析 以表 1 中  $P < 0.05$  的项目作为自变量,尿路感染的发生情况为因变量进行二元 Logistic 回归分析。结果显示,年龄、性别、糖尿病、NIHSS 评分、留置尿管时间、膀胱功能训练介入时间是 PSNB 患者发生尿路感染的主要影响因素( $P < 0.05$ ),见表 2。

表 2 PSNB 患者尿路感染的多因素回归分析(n=360)

项目	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR
常数项	-11.590	1.251	85.765	<0.001	-
年龄 $\geq 60$ 岁	1.120	0.408	7.542	0.006	3.065
女性	1.243	0.377	10.857	0.001	3.467
糖尿病	1.012	0.389	6.745	0.009	2.750
NIHSS 评分	0.176	0.036	23.479	<0.001	1.192
留置尿管时间	0.575	0.080	51.940	<0.001	1.777
膀胱功能训练介入时间	0.399	0.083	22.913	<0.001	1.490

2.3 PSNB患者尿路感染发生风险动态列线图模型的构建 根据多因素分析结果进行模型构建:Logit(P)=1.120(年龄)+1.243(性别)+1.012(糖尿病)+0.176(NIHSS评分)+0.575(导尿管留置时间)+0.399(膀胱功能训练介入时间)-11.590。使用R软件绘制PSNB患者尿路感染风险的列线图模型,见图1。采用“DynNom”和“shiny”包构建动态列线图模型(<https://panyupei.shinyapps.io/dynnomapp/>),见图2。

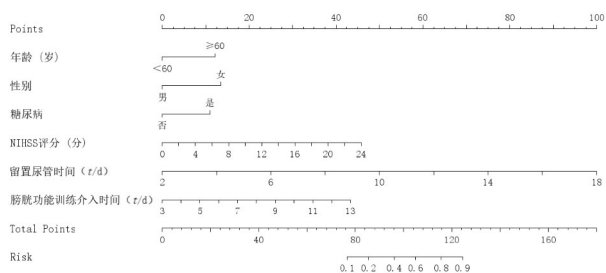


图1 PSNB患者尿路感染风险列线图模型

2.4 PSNB患者尿路感染风险动态列线图模型的验证 以PSNB患者尿路感染风险预测值为检验变

量,尿路感染的发生情况为状态变量绘制ROC曲线。结果显示,其曲线下的面积(area under curve, AUC)为0.929(95%CI:0.897~0.962),灵敏度为87.23%,特异度为90.23%。Hosmer-Lemeshow检验结果显示模型拟合情况良好( $\chi^2=7.264, P=0.508$ );校准曲线趋近于理想曲线,说明预测概率与实际发生概率一致性较好;决策曲线显示,在4%~97%的阈值范围内,决策曲线高于all线和none线,说明模型的净获益较高,提示该模型有较高的临床有效性。5折交叉验证、10折交叉验证结果显示,模型的正确率分别为88.34%、87.99%。

### 3 讨论

3.1 PSNB患者尿路感染的发生现状 本研究中,360例PSNB患者尿路感染发生率为26.11%(94/360),低于蒋玮<sup>[7]</sup>调查结果显示(59.8%)。这可能与蒋玮的研究对象均为入院24h内放置导尿管的患者,其留置尿管时间更长有关。本研究表明,PSNB患者尿路感染的发生率较高,提示医护人员应注重对高危人群的早期筛查和识别,并采取针对性干预,降低尿路感染的发生风险<sup>[10]</sup>。

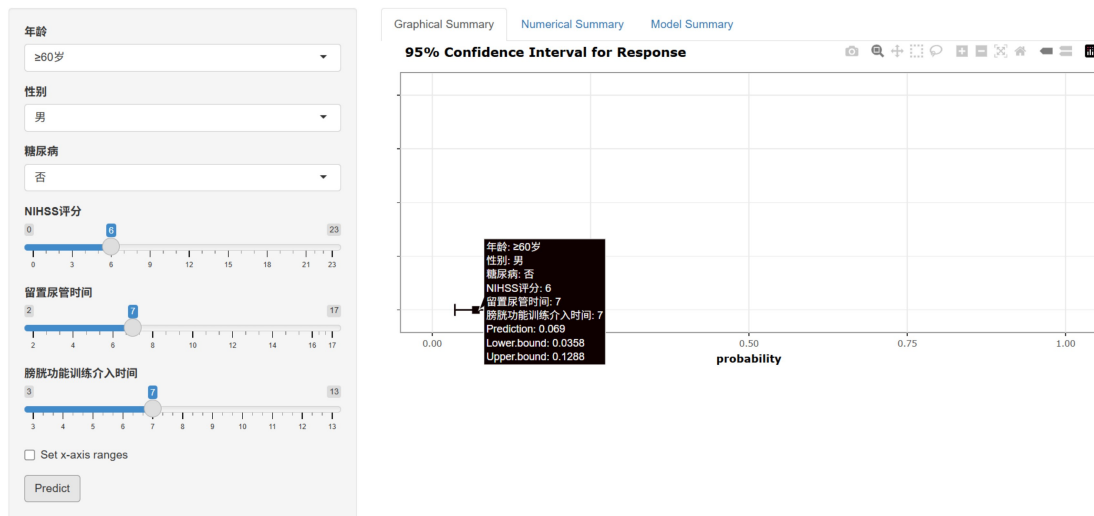


图2 PSNB患者尿路感染风险动态列线图模型

### 3.2 PSNB患者尿路感染的影响因素分析

3.2.1 年龄 本研究显示,年龄≥60岁的PSNB患者发生尿路感染的风险是<60岁者的3.065倍( $P<0.05$ )。这主要是因为随着年龄的增长,机体的抵抗能力、免疫能力会随之降低,病原体更容易入侵泌尿系统并大量繁殖,从而引发尿路感染。建议护理人员对老年患者进行重点管理,定期对其尿液进行检测,若有异常应及时向医生报告并协助处理。

3.2.2 性别 本研究显示,女性是PSNB患者发生尿路感染的独立危险因素。女性尿道特点使得细菌

容易从阴道口和肛门周围进入尿道,引发尿道感染。另有研究<sup>[11]</sup>认为,尿路感染的发生与女性雌激素水平密切相关,雌激素水平降低可导致尿道闭合性降低和阴道局部抵抗力下降,使细菌更容易侵入尿道,从而增加尿路感染的发生风险。

3.2.3 糖尿病 本研究显示,合并糖尿病的PSNB患者发生尿路感染的风险将提高1.750倍。分析原因:机体持续处于高血糖状态,可为细菌提供良好生长繁殖环境,增加感染的发生风险;同时,高血糖环境会抑制中性粒细胞、巨噬细胞、白细胞等多种免疫

细胞的趋化、吞噬能力,导致感染的发生风险进一步增加。对此,护理人员应加强对糖尿病患者血糖水平的监测,提高患者的血糖自我管理意识。

3.2.4 NIHSS 评分 本研究显示,NIHSS 评分是 PSNB 患者发生尿路感染的独立影响因素。NIHSS 评分越高表明患者神经受损越重,对正常膀胱功能造成的影响也随之增加。而患者膀胱功能越差,其恢复所需的时间往往越长,需留置尿管的时间也会延长,因此更容易发生尿路感染。对此,护理人员可根据患者 NIHSS 评分制订个性化的排尿计划,帮助其规律排空膀胱,促进膀胱功能恢复。

3.2.5 留置尿管时间 本研究显示,留置尿管时间越长,感染的发生风险越高。导尿属于侵入性操作,置入尿管的过程中可能会对尿道黏膜组织造成损伤,导致局部防御屏障被破坏,从而增加感染风险。同时,尿管的留置可使外界致病菌沿其上行,从而诱发尿路感染。建议在病情允许和安全的前提下,尽可能早地移除尿管。

3.2.6 膀胱功能训练介入时间 本研究显示,膀胱功能训练介入时间是 PSNB 患者发生尿路感染的独立影响因素。膀胱功能训练介入时间过晚,不仅不利于患者膀胱功能的恢复,还可能会增加尿路感染风险,延长患者住院时间。对此,护理人员应及早引导 PSNB 患者进行膀胱功能训练,以改善患者膀胱功能,减少尿路感染的发生。

3.3 PSNB 患者尿路感染风险动态列线图模型的预测效能分析 列线图在实际应用中存在操作繁琐、制图易出现误差等不足<sup>[4]</sup>。相比之下,动态列线图模型能以网页的形式呈现,医护人员只需进行数次点击,即可得到相应的风险预测值,其便捷性和实用性明显更高<sup>[12]</sup>。本研究根据 Logistic 回归筛选出的危险因素,建立了 PSNB 患者尿路感染风险动态列线图模型,并对多个维度对其性能进行评价,其 AUC 值为 0.929(95%CI:0.897~0.962),灵敏度为 87.23%,特异度为 90.23%,表明模型区分度良好; Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果与校准曲线均提示模型的预测值与真实值之间具有较高的一致性。决策曲线显示模型的净获益值较高,提示该模具有较高的临床有效性。在临床实践中,医护人员仅需登录该网站(<https://panyupei.shinyapps.io/dynomapp/>),并根据患者实际情况在相应的变量选项里进行选择,即可快速地获取患者尿路感染风险预测值,方便医护人员根据风险预测结果进行针对性干预,从而减少尿路感染的发生。

#### 4 小结

PSNB 患者尿路感染的发生与其年龄、性别、糖

尿病、NIHSS 评分、留置尿管时间、膀胱功能训练介入时间有关,根据以上因素建立的动态列线图具有良好的预测效能,可作为初步筛查工具使用。由于本研究的对象均来自同一所医院的康复医学科,样本的代表性欠佳,且未能收集不同地区、不同级别医疗机构的患者资料对模型进行外部验证,其外推性和稳定性有待进一步验证。另外,未能纳入相关实验室指标进行分析,结果全面性存在不足。后续可针对以上不足之处进行完善,以构建出性能更优的预测模型。

#### 【参考文献】

- [1] 郑娟娟,周咏梅,余凤玲,等.基于知识-信念-行为理论的脑卒中后神经源性膀胱临床护理评价指标体系构建[J].军事护理,2025,42(8):90-93,97.
- [2] CHEN J, TAN B, CHEN Y, et al. A randomized controlled trial of low-frequency repeated transcranial magnetic stimulation in patients with poststroke neurogenic bladder[J/OL]. [2025-09-10]. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-69345-z>. DOI:10.1038/s41598-024-69345-z.
- [3] MUKAPA N, MATARUSE A, NGWENDE G W, et al. Incidence, risk factors and microbiological aetiology of urinary tract infections in admitted stroke patients at a teaching hospital in Zimbabwe: a prospective cohort study[J/OL]. [2025-09-10]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259008892200117?via%3Dihub>. DOI:10.1016/j.infpip.2022.100210.
- [4] IASONOS A, SCHRAG D, RAJ G V, et al. How to build and interpret a nomogram for cancer prognosis[J]. J Clin Oncol, 2008, 26(8):1364-1370.
- [5] 王毅,赵耀瑞.卒中后神经源性膀胱诊治专家共识[J].中国卒中杂志,2016,11(12):1057-1066.
- [6] RILEY R D, ENSOR J, SNELL K, et al. Calculating the sample size required for developing a clinical prediction model[J/OL]. [2025-09-10]. <https://www.bmj.com/content/368/bmj.m441>. DOI:10.1136/bmj.m441.
- [7] 蒋玮.脑卒中神经源性膀胱患者留置导尿与其不良后果的相关性分析[D].遵义:遵义医科大学,2019.
- [8] 张慧,仇丽霞.卒中后抑郁病人恢复期抑郁严重程度影响因素分析[J].护理研究,2020,34(6):1001-1005.
- [9] 尿路感染诊断与治疗中国专家共识编写组.尿路感染诊断与治疗中国专家共识(2015版)——尿路感染抗菌药物选择策略及特殊类型尿路感染的治疗建议[J].中华泌尿外科杂志,2015,36(4):245-248.
- [10] 周美玲,张荀芳,何炼英,等.卒中后患者神经源性膀胱管理的最佳证据总结[J].解放军护理杂志,2021,38(5):67-70.
- [11] FOX K A, LOKKEN E M, REED S D, et al. Evaluation of systemic estrogen for preventing urinary tract infections in postmenopausal women[J]. Menopause, 2021, 28(7):836-844.
- [12] YIN T, SHI S, ZHU X, et al. A survival prediction for acute heart failure patients via web-based dynamic nomogram with internal validation: a prospective cohort study[J]. J Inflamm Res, 2022(15):1953-1967.

(本文编辑:郁晓路)