2026, 51(3) DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2026.250539

围手术期尿源性脓毒症的危险因素分析及预测模型构建

叶子语[1]，丁彤[1]，李宜航[1]，梁爽[1]，邹望远[1,2,3]

[1. 中南大学湘雅医院麻醉科，长沙 410008；2. 湖南省麻醉与围术期医学临床研究中心，长沙 410008；
3. 老年疾病国家临床医学研究中心(湘雅医院)，长沙 410008]

[摘 要] 目的：尿源性脓毒症是上尿路结石患者围手术期常见的严重并发症。本研究旨在分析合并肾积脓的上尿路结石手术患者围手术期发生尿源性脓毒症的危险因素，并构建其预测模型。**方法：**收集2019年1月1日至2023年9月30日在中南大学湘雅医院接受上尿路结石手术且合并肾积脓的患者资料。根据是否发展为尿源性脓毒症分为尿源性脓毒症组和非尿源性脓毒症组，比较2组的基本情况、术前检查指标、术中及术后监测指标。采用最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator，LASSO)回归结合多因素Logistic回归分析筛选危险因素，构建围手术期肾积脓进展为尿源性脓毒症的列线图预测模型，应用受试者操作特征(receiver operator characteristic，ROC)曲线分析其预测效能。**结果：**纳入221例接受上尿路结石手术且合并肾积脓的患者，其中45例(20.4%)诊断为尿源性脓毒症(尿源性脓毒症组)，176例(79.6%)为非脓毒症患者(非尿源性脓毒症组)。尿源性脓毒症组和非尿源性脓毒症组在年龄，美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists，ASA)分级，围手术期最高体温，术前实验室检查指标，合并糖尿病、心脑血管疾病、自身免疫病，分期手术，术中补液量，手术时间，结石大小及重症监护病房(intensive care unit，ICU)住院天数方面的差异均具有统计学意义(均P<0.05)。Logistic回归分析结果显示，围手术期最高体温升高(OR=2.103，95% CI 1.231~3.751)和降钙素原(procalcitonin，PCT)水平升高(OR=1.097，95% CI 1.058~1.152)均是围手术期肾积脓进展为尿源性脓毒症的独立危险因素(均P<0.05)。基于LASSO回归分析筛选的8个变量(性别、年龄、围手术期最高体温、术前PCT水平、合并心脑血管疾病、合并肝功能不全、结石最大直径>2 cm、手术时间>2 h)构建列线图预测模型。校准曲线显示预测值与实际值基本一致，ROC曲线下面积为0.897，说明该模型具有临床预测价值。**结论：**围手术期最高体温升高与PCT水平升高是上尿路结石手术合并肾积脓患者发生尿源性脓毒症的独立危险因素。基于此构建的预测模型，可为围手术期尿源性脓毒症的防治提供初步临床参考。

[关键词] 尿源性脓毒症；肾积脓；围手术期；上尿路结石；降钙素原

Analysis of risk factors and construction of a predictive model for perioperative urosepsis

YE Ziyu[1], DING Tong[1], LI Yihang[1], LIANG Shuang[1], ZOU Wangyuan[1,2,3]

*[1. Department of Anesthesiology, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008;
2. Hunan Provincial Clinical Research Center for Anesthesia and Perioperative Medicine, Changsha 410008;
3. National Clinical Research Center for Geriatric Diseases (Xiangya Hospital), Changsha 410008, China]*

收稿日期(Date of reception)：2025-09-23
第一作者(First author)：叶子语，Email: ziyuye@csu.edu.cn, ORCID: 0009-0004-6444-1718
通信作者(Corresponding author)：邹望远，教授，Email: wangyuanzou@csu.edu.cn, ORCID: 0000-0003-4813-2806
基金项目(Foundation item)：国家自然科学基金(82372180)。This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (82372180).
开放获取(Open access)：本文遵循知识共享许可协议，允许第三方用户按照署名-非商业性使用-禁止演绎4.0(CC BY-NC-ND 4.0)的方式，在任何媒介以任何形式复制、传播本作品(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)。

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

ABSTRACT

Objective: Urosepsis is a common and severe perioperative complication in patients with upper urinary tract calculi. This study aims to analyze the risk factors for perioperative urosepsis in patients with upper urinary tract calculi complicated by pyonephrosis and to construct a predictive model.

Methods: Clinical data of patients with upper urinary tract calculi complicated by pyonephrosis who underwent surgical treatment at Xiangya Hospital, Central South University, between January 1, 2019 and September 30, 2023 were retrospectively collected. According to whether patients developed urosepsis, they were divided into a urosepsis group and a non-urosepsis group. Baseline characteristics, preoperative indicators, and intraoperative and postoperative monitoring parameters were compared between the 2 groups. Least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression combined with multivariate logistic regression analysis was used to identify risk factors. A nomogram prediction model for perioperative progression from pyonephrosis to urosepsis was established, and its predictive performance was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis.

Results: A total of 221 patients with upper urinary tract calculi complicated by pyonephrosis who underwent surgery were included, among whom 45 (20.4%) patients were diagnosed with urosepsis and 176 (79.6%) patients were classified as non-urosepsis. Significant differences were observed between the urosepsis group and the non-urosepsis group in age, American Society of Anesthesiologists (ASA) classification, highest perioperative body temperature, preoperative laboratory indicators, comorbidities (including diabetes mellitus, cardiovascular and cerebrovascular diseases, and autoimmune diseases), staged surgery, intraoperative fluid infusion volume, operative time, stone size, and length of intensive care unit stay (all $P<0.05$). Logistic regression analysis showed that elevated highest perioperative body temperature (*OR*=2.103, 95% *CI* 1.231 to 3.751, $P<0.05$) and increased procalcitonin (PCT) levels (*OR*=1.097, 95% *CI* 1.058 to 1.152, $P<0.05$) were independent risk factors for progression from pyonephrosis to urosepsis. Based on eight variables selected by LASSO regression analysis, including sex, age, highest perioperative body temperature, preoperative PCT level, concomitant cardiovascular and cerebrovascular diseases, concomitant hepatic insufficiency, maximum stone diameter >2 cm, and operation time >2 hours, a nomogram prediction model was constructed. The calibration curve demonstrated good agreement between predicted and observed values. The area under the ROC curve was 0.897, indicating that the model had good clinical predictive value.

Conclusion: High body temperature and elevated PCT levels are independent risk factors for perioperative urosepsis in patients with upper urinary tract calculi complicated by pyonephrosis. The predictive model constructed based on these factors may provide a preliminary clinical reference for the prevention and management of perioperative urosepsis.

KEY WORDS urosepsis; pyonephrosis; perioperative; upper urinary tract stones; procalcitonin

尿源性脓毒症是宿主对泌尿生殖道感染反应失调导致的危及生命的器官功能障碍。研究[1]表明，尿路梗阻是其最常见的病因，而泌尿系结石又是导致梗阻的主要原因。据统计，全球每年尿源性脓毒症新发病例280万~980万，死亡约160万例[2]，特定人群病死率可达25%~60%[3]。近年来其发病率呈上升趋势，但病死率有所下降[4]。然而，总体病死人数并未显著减少。目前治疗以引流、抗感染、液体复苏及器官支持为主。但由于早期症状不典型，易被漏诊或误诊，病情可能迅速进展为休克甚至死亡。因

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

此，早期识别与快速干预是降低脓毒症病死率、改善患者预后的关键。

本研究组的前期研究[5]虽然探讨了结石性肾积脓患者术后尿源性脓毒症的危险因素及结局，但尚未建立有效的预测模型。现有研究[6-7]多聚焦于诊断、治疗及一般影响因素，针对上尿路结石手术合并肾积脓患者围手术期尿源性脓毒症的危险因素研究仍较为有限。

本研究回顾性分析中南大学湘雅医院收治的上尿路结石手术合并肾积脓患者的临床资料，采用最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator，LASSO)回归筛选最优变量，并将其纳入Logistic回归分析以确定独立危险因素，从而构建围手术期肾积脓进展为尿源性脓毒症的预测模型。

1 对象与方法

1.1 伦理声明

本研究已获得中南大学湘雅医院医学伦理委员会批准(审批号：2024050538)。本研究为回顾性研究，不涉及医疗干预措施，经伦理委员会批准豁免患者知情同意。所有数据经去标识化处理，确保患者隐私得到保护。

1.2 对象

研究对象为2019年1月1日至2023年9月30日期间在中南大学湘雅医院泌尿外科接受上尿路结石手术的合并肾积脓的患者。

排除标准：1)合并严重系统性疾病，无论手术与否，生命均难以维持24 h的濒死情况及更严重的情况，即美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists，ASA)分级V~VI级；2)合并肿瘤或接受过肾切除术；3)合并其他外伤或解剖结构畸形；4)数据缺失。

1.3 诊断依据

采用序贯器官功能衰竭(Sequential Organ Failure Assessment，SOFA)评分作为脓毒症的主要诊断标准。围手术期SOFA评分较基线升高≥2者，诊断为脓毒症；若同时明确感染源位于泌尿系统(尿常规检测为脓尿或尿培养为菌尿)，则诊断为尿源性脓毒症。若SOFA评分不明(如实验室检查数据缺失)，则参考Sepsis-3标准[8]进行辅助诊断。Sepsis-3标准为：存在明确或疑似感染，且SOFA评分较基线升高≥2；或快速序贯器官衰竭评分(Quick Sequential Organ Failure Assessment，qSOFA)≥2[即符合以下3项中的至少2项：收缩压≤100 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)，呼吸频率≥22次/min，意识改变]。将纳入的研究对象分为尿源性脓毒症组和非尿源性脓毒症组。

术中低血压定义为收缩压(systolic blood pressure，SBP)≤90 mmHg，或平均动脉压(mean arterial pressure，MAP)<65 mmHg，或术中MAP降低≥20%，且均持续1 min以上[9-10]。肝功能不全定义为胆红素>21.0 μmol/L，国际标准比值(international normalized ratio，INR)≥1.2，以及影像学检查显示肝脏损伤或硬化，并排除其他原因。尿白细胞阳性定义为入院后首次尿沉渣镜检白细胞>5个/高倍镜视野。

1.4 数据收集

主要收集以下数据：1)患者基本情况，包括年龄、性别、身高、体重、体重指数(body mass index，BMI)、ASA分级、吸烟史、饮酒史、外科手术史、慢性肾病史、过敏史、感染史、术前合并症(高血压、糖尿病、心脑血管疾病、自身免疫病、肝功能不全、慢性阻塞性肺疾病、高尿酸血症等)。2)术前检查指标，包括尿白细胞、血白细胞、中性粒细胞及其百分比、淋巴细胞及其百分比、降钙素原(procalcitonin，PCT)、血肌酐(serum creatinine，SCr)、血尿素氮(blood urea nitrogen，BUN)，以及影像学检查资料(包括结石位置、最大直径、肾积水情况等)。3)术中监测指标，包括是否为分期手术(一期引流控制感染，二期碎石取石)、围手术期最高体温、手术时长、血流动力学波动情况，以及使用的血管活性药、补液量。4)术后监测指标，包括是否转入重症监护病房(intensive care unit，ICU)、90 d内是否再次住院、总住院天数、ICU住院天数、90 d内再次入院天数等。

1.5 统计学处理

采用SPSS 23.0统计学软件进行数据分析。计量资料首先采用Kolmogorov-Smirnov检验及Q-Q图判断其正态分布性，并检验方差齐性。符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示，组间比较采用非配对t检验；不符合正态分布的计量资料以中位数(第1四分位数，第3四分位数)表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料以例数和百分比(%)描述，组间比较采用χ^2检验或Fisher确切概率法。

对以下变量进行二分类赋值处理后纳入统计分析。性别(女性=1，男性=0)；结石大小(直径>2 cm=1，≤2 cm=0)；手术时长(>2 h=1，≤2 h=0)；合并症(有慢性疾病史=1，无慢性疾病史=0)。采用

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

LASSO回归结合多因素Logistic回归分析筛选危险因素，并通过R软件(版本4.2.1)构建预测模型。采用校准曲线及受试者操作特征(receiver operating characteristic，ROC)曲线评估列线图的预测效能。以双侧检验P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 研究对象的基本资料

最终纳入符合纳入和排除标准的患者221例(图1)。根据Sepsis 3.0标准和SOFA评分，其中45例(20.4%)诊断为尿源性脓毒症，176例(79.6%)为非脓毒症患者。上尿路结石手术患者的尿源性脓毒症发生率为1.83%(45/2 458)。尿源性脓毒症组和非脓毒症组患者在年龄，ASA分级，围手术期最高体温，术前实验室检查指标，合并糖尿病、心脑血管疾病、自身免疫病，分期手术，术中补液量，手术时间，结石大小及ICU住院天数方面的差异均具有统计学意义(均P<0.05)，其余变量无统计学意义(均P>0.05，表1)。2组均无死亡病例。

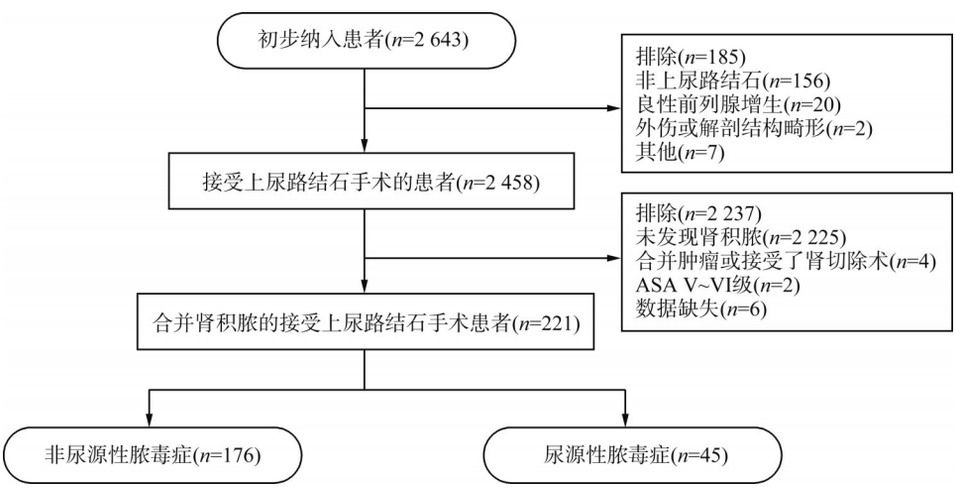


图1 研究对象入组流程图

Figure 1 Flowchart of study participant enrollment

ASA: American Society of Anesthesiologists.

表1 研究对象的基本资料

Table 1 Baseline characteristics of the patients

变量	非尿源性脓毒症组(n=176)	尿源性脓毒症组(n=45)	$t/\chi^2/U$	P
年龄/岁	57.4±11.7	62.1±10.7	t=2.418	0.016
性别/[例(%)]			χ^2=0.159	0.993
男	74(42.05)	17(37.78)		
女	102(57.95)	28(62.22)		
身高/cm	159.6±7.0	161.2±9.7	t=1.042	0.298
体重/kg	60.0±11.3	58.7±14.7	t=0.526	0.600
BMI/(kg·m^{-2})	23.5±3.6	22.3±3.7	t=1.657	0.099
ASA分级/[例(%)]			χ^2=42.500	<0.001
2	63(35.80)	0(0.00)		
3	107(60.80)	23(51.11)		
4	6(3.40)	22(48.89)		

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

表1(续)

变量	非尿源性脓毒症组(n=176)	尿源性脓毒症组(n=45)	$t/\chi^2/U$	P
术前实验室检查				
血白细胞/($\times10^9\cdot L^{-1}$)	6.8(5.4, 8.5)	10.5(6.9, 19)	U=1 772.500	<0.01
血肌酐/($\mu mol\cdot L^{-1}$)	98.7(73.5, 172)	203(119, 341.9)	U=1 658.000	<0.01
血尿素氮/($mmol\cdot L^{-1}$)	5.8(4.8, 9.1)	13.6(7.2, 19.5)	U=1 731.500	<0.01
降钙素原/($ng\cdot mL^{-1}$)	0.06(0.04, 0.15)	33.3(1.0, 62.4)	U=582.000	<0.01
中性粒细胞计数/($\times10^9\cdot L^{-1}$)	4.5(3.2, 6.1)	8.4(5.6, 16.3)	U=1 632.500	<0.01
淋巴细胞计数/($\times10^9\cdot L^{-1}$)	1.4(1.1, 1.8)	0.7(0.4, 1.2)	U=1 700.000	<0.01
中性粒细胞百分比/%	67.0(60.0, 70.0)	80.0(80.0, 90.0)	U=1 146.000	<0.01
淋巴细胞百分比/%	23.0(15.0, 28.0)	6.0(4.0, 11.0)	U=1 089.500	<0.01
尿白细胞阳性/[例(%)]	3(1.70)	37(82.22)	χ^2=139.600	<0.01
合并症/[例(%)]				
糖尿病	35(19.89)	17(37.78)	χ^2=6.615	0.010
高血压	62(35.23)	18(40.00)	χ^2=0.343	0.558
心脑血管疾病*	25(14.20)	13(28.89)	χ^2=5.395	0.020
自身免疫病†	0(0.00)	2(4.44)	χ^2=1.220	<0.01
肝功能不全	10(5.68)	3(6.67)	χ^2=0.059	0.808
COPD	3(1.70)	1(2.22)	χ^2=0.050	0.823
高尿酸血症	3(1.70)	3(6.67)	χ^2=3.235	0.072
吸烟/[例(%)]	22(12.50)	6(13.33)	χ^2=0.022	0.882
饮酒/[例(%)]	20(11.36)	5(11.11)	χ^2=0.002	0.963
外科手术史/[例(%)]	87(49.43)	22(48.89)	χ^2=0.004	0.948
慢性肾脏病/[例(%)]	4(2.27)	3(6.67)	χ^2=1.880	0.170
过敏史/[例(%)]	12(6.82)	1(2.22)	χ^2=1.369	0.242
感染史‡/[例(%)]	3(1.70)	2(4.44)	χ^2=1.220	0.269
分期手术/[例(%)]	30(17.05)	0(0.00)		0.01
围手术期最高体温/℃	37.3±0.9	37.8±1.0	t=3.256	0.001
术中总补液量/mL	775.0±293.0	617.0±259.0	t=3.289	<0.01
术中使用血管活性药物/[例(%)]	76(43.18)	17(37.78)	χ^2=0.420	0.631
术中低血压/[例(%)]	79(44.89)	18(40.00)	χ^2=0.343	0.382
手术时间>2 h§/[例(%)]	58(32.95)	5(11.11)	χ^2=8.340	<0.01
术中每小时补液量/mL	463.6±226.4	448.9±237.6	t=0.387	0.699
结石大小>2 cm/[例(%)]	54(30.68)	4(8.89)	χ^2=8.898	<0.01
总住院天数	9.1±3.6	10.3±5.3	t=1.826	0.069
90 d内再次入院/[例(%)]	76(43.18)	24(53.33)	χ^2=1.473	0.252
90 d内再次入院天数	3.7±4.9	4.6±5.4	t=1.077	0.283
90 d内再次手术/[例(%)]	75(42.61)	23(51.11)	χ^2=1.041	0.340
术后ICU天数>2/[例(%)]	2(1.14)	23(51.11)	χ^2=83.200	<0.01

符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示，组间比较采用非配对t检验；不符合正态分布的计量资料以中位数(第1四分位数，第3四分位数)表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料组间比较采用χ^2检验或Fisher确切概率法。*包括冠心病、心肌梗死、脑梗死、脑出血及其他的心脑大血管病变；†包括系统性红斑狼疮和类风湿关节炎等；‡1个月内影像学提示的肺部感染及其他确诊的感染；§从麻醉诱导开始直至离室转运前往ICU、PACU或病房等其他地点之间的时间，于麻醉记录单中收集。BMI：体重指数；ASA：美国麻醉医师协会；COPD：慢性阻塞性肺疾病；ICU：重症监护病房；PACU：麻醉恢复室。

2.2 围手术期尿源性脓毒症的危险因素

对上述收集到的指标进行单因素分析，共获得20个组间差异有统计学意义的变量。采用LASSO回归模型对这20个变量进行筛选，各变量系数的变化

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

特征如图2A所示。采用十折交叉验证法进行迭代分析，当模型误差最小时，log(λ)=−4.648(图2B)，据此筛选出8个变量纳入多因素Logistic回归分析，包括性别、年龄、围手术期最高体温、术前PCT水平、合并心脑血管疾病、合并肝功能不全、结石最大直径>2 cm、手术时间>2 h。结果显示，围手术期最高体温升高(*OR*=2.103，95% *CI* 1.231~3.751)和PCT水平升高(*OR*=1.097，95% *CI* 1.058~1.152)均是肾积脓进展为尿源性脓毒症的独立危险因素(均*P*<0.05)，而女性、高龄、合并心脑血管疾病、手术时长>2 h及结石最大直径>2 cm对预测尿源性脓毒症的发生风险无统计学意义(均*P*>0.05，表2)。

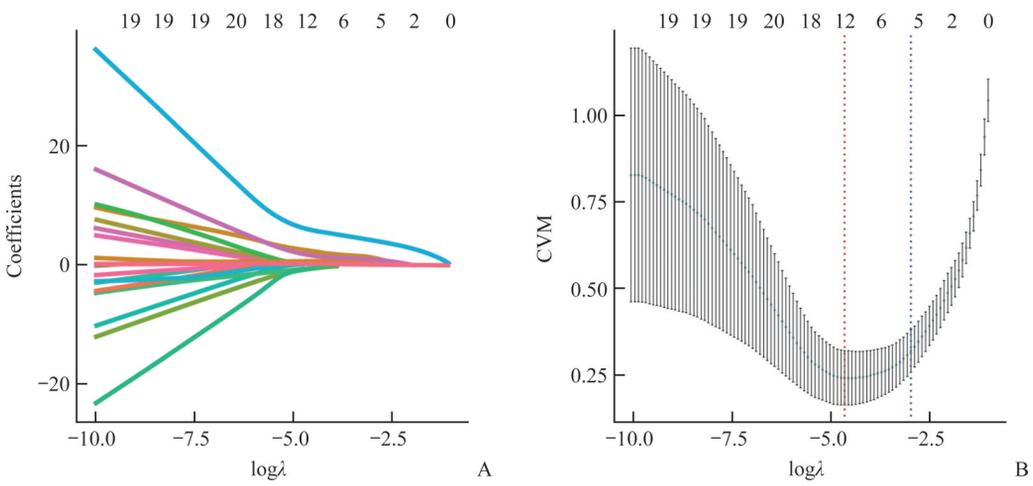


图2 LASSO回归模型筛选临床变量

Figure 2 Clinical variable selection using the LASSO regression model

A: Coefficient distribution plot of LASSO for 20 variables. As the λ value decreases, the model compression intensity increases, enhancing the model's ability to select important variables. B: Cross-validation results. The range between the 2 dashed lines represents the positive and negative standard deviation of log(λ). The left dashed line indicates the value of log(λ) when the model error is minimized; when log(λ)=−4.648, 8 variables are selected. LASSO: Least absolute shrinkage and selection operator; CVM: Mean cross-validated error.

表2 Logistic回归分析结果

Table 2 Results of the Logistic regression analysis

变量	*β*	*SE*	*OR*(95% *CI*)	*P*
女性	−0.546 1	0.542 9	0.579(0.197~1.700)	0.314 5
年龄	0.019 3	0.023 3	1.020(0.975~1.069)	0.406 3
围手术期最高体温	0.743 5	0.280 8	2.103(1.231~3.751)	0.008 1
降钙素原	0.092 7	0.021 4	1.097(1.058~1.152)	<0.001 0
心脑血管疾病	0.869 4	0.618 8	2.385(0.694~8.054)	0.160 1
肝功能不全	0.779 1	0.829 7	2.180(0.363~10.308)	0.347 7
结石>2 cm	−1.583 6	0.816 6	0.205(0.032~0.872)	0.052 5
手术时间>2 h	−1.236 1	0.661 1	0.291(0.069~0.976)	0.061 5

2.3 围手术期尿源性脓毒症预测模型

以LASSO回归筛选出的8个变量(性别、年龄、围手术期最高体温、术前PCT水平、合并心脑血管疾病、合并肝功能不全、结石最大直径>2 cm、手术时间>2 h)作为预测因素，以接受上尿路结石手术的肾积脓患者是否发生尿源性脓毒症作为临床结局，构建围手术期尿源性脓毒症的列线图预测模型(图3)。该模型具有统计学意义，其Logistic回归方程如下：Logit(*p*)=−30.463−0.546×女性+0.019×年龄+0.743×体温+0.093×PCT+0.869×心脑血管疾病+0.779×肝功能不全−1.584×(结石>2 cm)−1.236×(手术时间>2 h)。绘制校准曲线及ROC曲线(图4)，结果显示，上尿路结石梗阻所致尿源性脓毒症的预测值与实际观测值基本一致，曲线下面积(area under curve，AUC)为0.897。当最佳截断值为0.215时，敏感性为84.4%，特异性为81.5%。为进一步评估预测模型的稳定性与

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

校准能力，采用Bootstrap重抽样方法(重复抽样1 000次)进行内部验证。验证后的校准曲线如图5所示，其中“Bias-corrected”曲线与“Ideal”对角线基本重合，表明模型在经过内部验证后仍保持良好的校准性能。

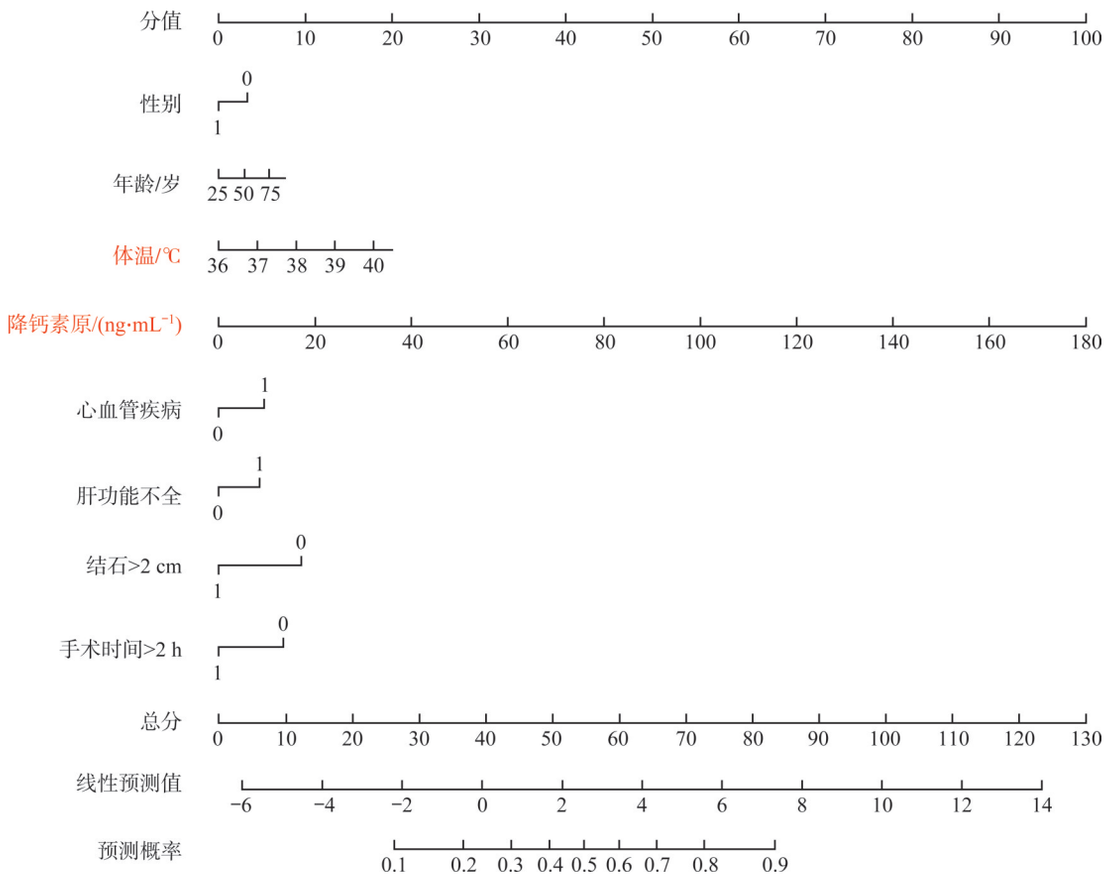


图3　围手术期尿源性脓毒症的预测模型列线图

Figure 3　Nomogram of the prediction model for perioperative urosepsis

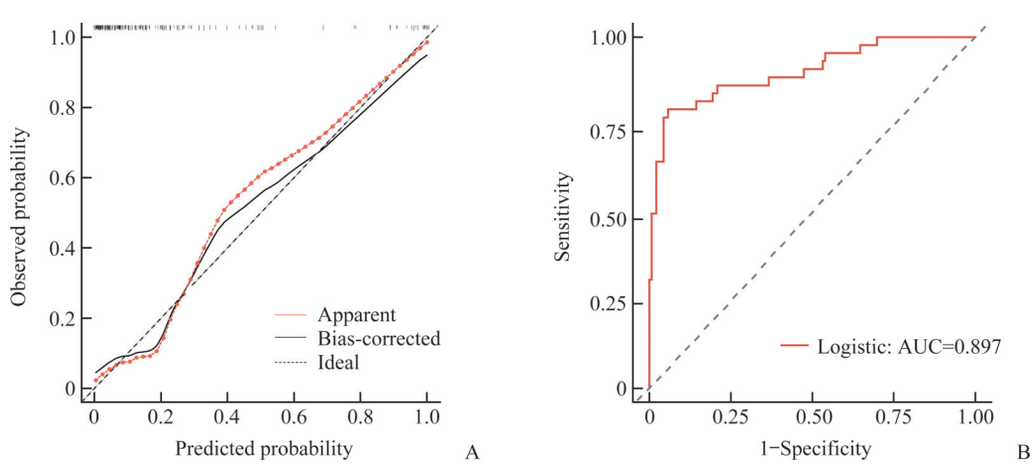


图4　预测模型校准曲线及受试者操作特征曲线

Figure 4　Calibration curve of the prediction model and receiver operating characteristic curve

A: *X*- and *Y*-axes show predicted and observed urosepsis risk in pyonephrosis patients, respectively. The diagonal dashed line represents ideal prediction, while the solid line indicates the nomogram’s performance. Better alignment between lines reflects higher predictive accuracy. B=300 repetitions, boot; mean absolute error=0.033; *n*=180. B: *X*-axis denotes the false positive rate, while the *Y*-axis corresponds to the true positive rate. An AUC of 0.897 demonstrates excellent predictive discrimination of the model. AUC: Area under the curve.

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

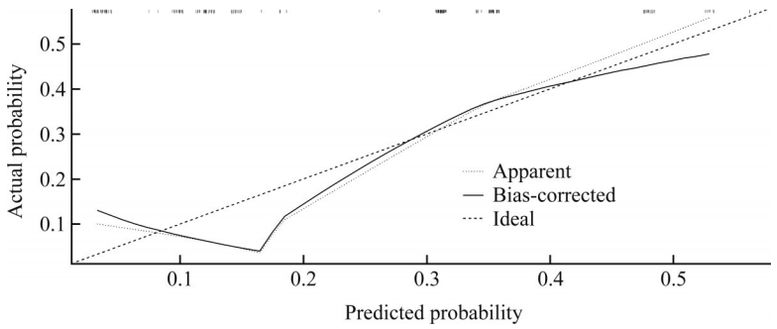


图5 Bootstrap内部验证校准曲线

Figure 5 Calibration curve of the prediction model after Bootstrap internal validation

This figure shows that the close alignment between the bias-corrected line and the ideal line demonstrates good calibration performance of the model. B=1 000 repetitions, boot.

3 讨 论

本研究发现，合并肾积脓的上尿路结石患者中尿源性脓毒症的发生率为20.4%。围手术期体温升高及PCT水平升高是围手术期尿源性脓毒症的独立危险因素。体温升高是宿主过度炎症反应与代谢紊乱的直接表现。虽然体温升高在脓毒症早期具有一定的防御意义，但过高的体温可加剧代谢亢进、增加氧耗，促进内皮细胞活化及微循环障碍，从而放大全身炎症反应并加重器官损伤[11]。PCT作为细菌感染的特异性生物标志物，其水平与细菌负荷及感染严重程度呈正相关，尤其在尿路感染进展为全身性感染时显著升高[12]。二者共同构成了预测模型的核心病理生理学基础。本研究基于性别、年龄、围手术期体温升高、PCT水平升高、合并心脑血管疾病、合并肝功能不全、结石最大直径>2 cm、手术时间>2 h这8项临床指标构建的预测模型，具有良好的区分能力(AUC>0.8)。

本研究组前期研究[5]发现，2015年1月至2018年8月本中心接受尿路结石手术的肾积脓患者中尿源性脓毒症的发病率为14.3%。本研究发现，2019年1月至2023年9月上尿路结石手术合并肾积脓的患者围手术期尿源性脓毒症的发生率上升至20.36%。这一发病率的升高，可能源于整体医疗环境对脓毒症诊断标准的严格执行及临床认识的提高，使得更多轻型病例得以被及时确诊。基于这一趋势，未来需通过多中心临床研究进一步区分诊断敏感性提升与实际发病率变化的影响，并建立更精准的风险预测体系，以优化防治策略。在本研究期间，尽管尿源性脓毒症的发病率呈上升趋势，但未出现死亡病例。其原因主要有以下2个方面。一方面，随着国际上对脓毒症治疗重视程度的不断提高，相关诊疗方案日趋明确，使得重症监护室与外科病房能够更规范地落实脓毒症治疗指南。另一方面，可能与分期手术策略(如先行肾造瘘术或输尿管支架管置入引流)的广泛应用有关。已有研究[13-14]报道，分期手术可减少术中肾盂正压灌注导致的细菌易位，显著提高结石清除率并降低并发症风险。

本研究的主要目的之一是探讨结石性肾积脓患者围手术期发生尿源性脓毒症的危险因素。与预期相反，多数基线特征与尿源性脓毒症的发生率并无关联。单因素分析显示，ASA分级与脓毒症的发生显著相关，但该指标未纳入多因素Logistic回归模型。其主要原因在于，多数确诊尿源性脓毒症的患者入院时已出现脓毒症休克的临床表现(如心动过速、低血压及意识障碍等)，而这些表现本身即可导致ASA分级升高。因此，ASA分级更倾向于作为脓毒症的结果，而非其独立的危险因素。此外，本研究发现尿源性脓毒症组术中低血压发生率与非尿源性脓毒症组差异无统计学意义，这一结果与既往临床研究[5, 15]及临床经验不一致。笔者推测，可能的原因是部分尿源性脓毒症组患者在术前已通过影像学检查确诊为肾积脓，并表现出明显的感染征象(如白细胞计数升高、PCT水平异常或发热等)。这些征象促使麻醉医师在术中常规使用有创动脉血压监测，从而实现对术中低血压更早期、更积极的干预[16]；同时，外科医师会有意识地缩短手术时间，降低术中冲洗压力，并尽量避免因损伤内壁而导致上尿路内积脓的细菌入血。此外，研究[17-18]表明，糖尿病、高龄及女性性别是尿源性脓毒症的独立危险因素。但在本研究中，上述因素均未显示出统计学意义，可能与本研究为单中心研究、样本量相对不足有关。值得注意的是，现有研究[18-19]提示，尿路结石直径增大与尿源性脓毒症风险呈正相关。然而，本研究发

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

现，非尿源性脓毒症组结石最大直径>2 cm的比例更高，且手术时间更长。笔者推测，一方面可能存在选择偏倚，临床医师倾向于对术前已有感染征象的高危患者采取分期手术策略，而对低风险患者的手术时间管控相对宽松。但这一假设尚需通过前瞻性队列研究进一步验证。另一方面，直径较大的结石可能导致完全性尿路梗阻，使肾盂内的细菌和内毒素局限在封闭空间内，从而降低其全身播散的风险；同时，结石直径较大的患者往往病程较长，机体可能已启动代偿性抗炎反应，从而降低术后脓毒症的发生率。

本研究存在一定局限性。首先，样本量有限，可能影响模型的稳定性与泛化能力。其次，研究人群的基线特征分布范围较窄，且为单中心设计，结果可能受特定地域或诊疗模式的影响，存在混杂偏倚。此外，本研究为回顾性、非干预性设计，导致若干在尿源性脓毒症危险分层或辅助诊断中具有潜在价值的临床指标未被系统收集与分析，如床旁qSOFA评分、血气分析、C反应蛋白、血培养及尿培养与药敏结果、尿亚硝酸盐、术中冲洗液压力及术后冲洗时长等。最后，本研究尚未经多中心外部数据验证，作为一项样本量有限的单中心研究，其结果的外推性有待进一步评估，未来拟通过多中心合作开展外部验证。

作者贡献声明：叶子语　数据采集与统计分析，论文起草与修改；丁彤　研究实施，数据分析，论文修改；李宜航、梁爽　数据分析，论文修改；邹望远　课题设计，研究指导，论文修改，对文章的知识性内容作批评性审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

利益冲突声明：作者声称无任何利益冲突。

参考文献

[1] Hu Y, Wang X, Chen Y, et al. Pathogen distribution and antibiotic sensitivity analysis in urosepsis associated with urinary stones: a retrospective observational study[J/OL]. Medicine (Baltimore), 2025, 104(26): e43079[2025-09-01]. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000043079.

[2] Guliciuc M, Maier AC, Maier IM, et al. The urosepsis-a literature review[J]. Medicina (Kaunas), 2021, 57(9): 872. https://doi.org/10.3390/medicina57090872.

[3] Taniguchi LU, Pires EMC, Vieira JM, et al. Systemic inflammatory response syndrome criteria and the prediction of hospital mortality in critically ill patients: a retrospective cohort study[J]. Rev Bras Ter Intensiva, 2017, 29(3): 317-324. https://doi.org/10.5935/0103-507X.20170047.

[4] Paoli CJ, Reynolds MA, Sinha M, et al. Epidemiology and costs of sepsis in the United States-an analysis based on timing of diagnosis and severity level[J]. Crit Care Med, 2018, 46(12): 1889-1897. https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003342.

[5] Liang X, Huang J, Xing M, et al. Risk factors and outcomes of urosepsis in patients with calculous pyonephrosis receiving surgical intervention: a single-center retrospective study[J]. BMC Anesthesiol, 2019, 19(1): 61. https://doi.org/10.1186/s12871-019-0729-3.

[6] Kranz J, Stangl F, Kuppe C, et al. Urosepsis-sicher diagnostizieren und effektiv behandeln![J]. Urologie, 2022, 61(6): 596-601. https://doi.org/10.1007/s00120-022-01832-5.

[7] Stangl F, Wagenlehner F, Schneidewind L, et al. Urosepsis: pathophysiology, diagnosis, and management-an update[J]. Urologie, 2024, 63(6): 543-550. https://doi.org/10.1007/s00120-024-02336-0.

[8] Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3)[J]. JAMA, 2016, 315(8): 801-810. https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287.

[9] van Waes JA, van Klei WA, Wijeysundera DN, et al. Association between intraoperative hypotension and myocardial injury after vascular surgery[J]. Anesthesiology, 2016, 124(1): 35-44. https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000922.

[10] Südfeld S, Brechnitz S, Wagner JY, et al. Post-induction hypotension and early intraoperative hypotension associated with general anaesthesia[J]. Br J Anaesth, 2017, 119(1): 57-64. https://doi.org/10.1093/bja/aex127.

[11] Walter EJ, Hanna-Jumma S, Carraretto M, et al. The pathophysiological basis and consequences of fever[J]. Crit Care, 2016, 20(1): 200. https://doi.org/10.1186/s13054-016-1375-5.

[12] Wacker C, Prkno A, Brunkhorst FM, et al. Procalcitonin as a diagnostic marker for sepsis: a systematic review and meta-analysis[J]. Lancet Infect Dis, 2013, 13(4): 426-435. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(12)70323-7.

[13] Lidawi G, Fanne RA, Majdoub M, et al. Facilitated ureteroscopy using DJ stent implantation in ureterolithiasis: a retrospective study[J]. J Int Med Res, 2023, 51(5): 3000605231152088. https://doi.org/10.1177/03000605231152088.

[14] 梁霞, 邹望远 . 尿源性脓毒症的研究进展[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(4): 455-460. https://doi.org/10.11817/j.issn.1672-7347.2019.04.018.
LIANG Xia, ZOU Wangyuan. Research advance in urosepsis [J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2019, 44(4): 455-460. https://doi. org/10.11817/j. issn. 1672-7347.2019.04.018.

[15] Shapiro NI, Douglas IS, Brower RG, et al. Early Restrictive or liberal fluid management for sepsis-induced hypotension [J]. N Engl J Med, 2023, 388(6): 499-510. https://doi.org/10.1056/NEJMoa2212663.

[16] Kouz K, Wegge M, Flick M, et al. Continuous intra-arterial versus intermittent oscillometric arterial pressure monitoring

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

and hypotension during induction of anaesthesia: the AWAKE randomised trial[J]. Br J Anaesth, 2022, 129(4): 478-486. https://doi.org/10.1016/j.bja.2022.06.027.

[17] Wagenlehner FME, Bjerklund Johansen TE, Cai T, et al. Epidemiology, definition and treatment of complicated urinary tract infections[J]. Nat Rev Urol, 2020, 17(10): 586-600. https://doi.org/10.1038/s41585-020-0362-4.

[18] Gou JJ, Zhang C, Han HS, et al. Risk factors of concurrent urinary sepsis in patients with diabetes mellitus comorbid with upper urinary tract calculi[J]. World J Diabetes, 2023, 14(9): 1403-1411. https://doi.org/10.4239/wjd.v14.i9.1403.

[19] Zhu H, Liu B, Karagöz MA, et al. Reasons and risk factors for delayed discharge after day-surgery percutaneous nephrolithotomy[J]. BMC Urol, 2022, 22(1): 209. https://doi.org/10.1186/s12894-022-01159-5.

[20] Hao X, Wang X, Ding H, et al. A model for sepsis prediction after retrograde intrarenal surgery and the use of the preoperative/postoperative white blood cell ratio to predict progression from sepsis to septic shock[J]. World J Urol, 2022, 40(12): 2979-2990. https://doi.org/10.1007/s00345-022-04182-1.

(责任编辑 郭征)

欢迎订阅2027年《中南大学学报(医学版)》

《中南大学学报(医学版)》原名《湖南医科大学学报》，创刊于1958年，为教育部主管、中南大学主办的医药卫生类综合性学术期刊。本刊被美国国家医学图书馆MEDLINE及其《医学索引》(IM)、PubMed、PubMed Central (PMC)，Scopus，荷兰《医学文摘》(EM)，美国化学文摘数据库(CAS)，俄罗斯《文摘杂志》(AJ，VINITI)，世界卫生组织《医学增补文摘》(ExtraMED)，日本科学技术振兴机构数据库(JST)，中国科学引文数据库核心库(CSCD)，《中文核心期刊要目总览》，《世界期刊影响力指数(WJCI)报告》，中国知网，万方数据，维普数据等国内外权威检索系统收录。本刊是中国科技论文统计源期刊、中文核心期刊及中国期刊方阵“双效”期刊；入选“中国科技期刊卓越行动计划(二期)中文领军期刊”，获中国精品科技期刊，2024、2025中国最具国际影响力学术期刊，中国高校科技期刊建设示范案例库·百佳科技期刊案例，中国高校百佳科技期刊，湖南省精品期刊及湖南省十佳科技期刊等荣誉。

本刊为月刊，国际标准开本(A4幅面)，每月月末出版。内芯采用进口亚光铜版纸印刷，图片彩色印刷。定价30元/册，全年360元。国内外公开发行。国内统一连续出版物号为CN 43-1427/R，国际标准连续出版物号为ISSN 1672-7347；国内邮发代号为42-10，国外邮发代号为BM422。欢迎新老用户向当地邮局(所)订阅，漏订或需增订者也可直接与本刊编辑部联系订阅。

欢迎投稿　　欢迎订阅

地址：湖南省长沙市湘雅路110号中南大学开福校区　　邮编：410078

电话：0731-84805495, 0731-84805496, 0731-84454931

Email: xbyxb@csu.edu.cn, xyxb2005@vip.163.com, xyxb2005@126.com

https://xbyxb.csu.edu.cn

《中南大学学报(医学版)》编辑部

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.