

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.15.009

尿道下裂术后患儿发生导尿管相关尿路感染的影响因素及 列线图评估模型构建^{*}

高宇光¹, 脱广鑫², 李静涛^{1△}, 魏建新¹, 马晓楠¹, 郎 兴¹

1. 河北省邯郸市中心医院小儿外科, 河北邯郸 056001; 2. 河北省儿童医院小儿外科, 河北石家庄 050030

摘要:目的 分析尿道下裂术后患儿发生导尿管相关尿路感染(CAUTI)的影响因素并构建列线图评估模型。方法 选取 2019 年 5 月至 2024 年 6 月在该院进行尿道下裂术的 712 例患儿作为研究对象, 根据 7 : 3 的比例随机分为建模集(498 例)和外部验证集(214 例), 再根据是否发生 CAUTI 将建模集患儿分为感染组(120 例)及对照组(378 例)。收集患儿资料。采用 LASSO 回归分析筛选变量, 多因素 Logistic 回归分析尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的影响因素。构建尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型并采用受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线评估尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型的区分度和一致性。结果 对照组和感染组年龄、疾病分型、阴茎下弯程度、尿道缺损长度、使用预防性抗菌药物情况、手术季节、导管留置时间、清洁频率、术前住院时间、术后疼痛程度、术后营养状况、并发症发生情况比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。LASSO 回归分析共筛选出 6 个与 CAUTI 相关的潜在变量, 包括使用预防性抗菌药物情况、术后疼痛程度、导管留置时间、清洁频率、术前住院时间及并发症发生情况。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 未使用预防性抗菌药物、术后疼痛程度为中重度、导管留置时间长、清洁频率低、术前住院时间长及发生并发症是患儿尿道下裂术后发生 CAUTI 的危险因素($P < 0.05$)。内部验证的校准曲线分析结果显示, 模型拟合度好(Hosmer-Lemeshow $\chi^2 = 6.063, P = 0.640$), 校准曲线斜率趋近 1, 一致性较好。内部验证的 ROC 曲线分析结果显示, 该列线图模型评估尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的曲线下面积(AUC)为 0.919, 区分度较好。外部验证结果显示, 模型一致性(Hosmer-Lemeshow $\chi^2 = 7.524, P = 0.532$)、区分度(AUC 为 0.903)均较好。结论 使用预防性抗菌药物情况、术后疼痛程度、导管留置时间、清洁频率、术前住院时间及并发症均是尿道下裂术患儿 CAUTI 的影响因素, 该研究建立的列线图评估模型实用性较高。

关键词:尿道下裂术; 导尿管相关尿路感染; 列线图模型; 影响因素

中图法分类号: R726.9; R695 文献标志码: A 文章编号: 1672-9455(2026)15-2070-08

Influencing factors and nomogram evaluation model construction of catheter-associated urinary tract infection in children after hypospadias surgery^{*}

Gao Yuguang¹, Tuo Guangxin², Li Jingtao^{1△}, Wei Jianxin¹, Ma Xiaonan¹, Lang Xing¹

1. Department of Pediatric Surgery, Handan Central Hospital, Handan, Hebei 056001, China; 2. Department of Pediatric Surgery, Hebei Children's Hospital, Shijiazhuang, Hebei 050030, China

Abstract: Objective To analyze the influencing factors of catheter-associated urinary tract infection (CAUTI) in children after hypospadias surgery and construct a nomogram evaluation model. **Methods** A total of 712 children who underwent hypospadias surgery in the hospital from May 2019 to June 2024 were selected as the research subjects. According to the ratio of 7 : 3, they were randomly divided into the modeling set (498 cases) and the external validation set (214 cases). Then, the children in the modeling set were further divided into an infection group (120 cases) and a control group (378 cases) based on whether they developed CAUTI. Data of the children were collected. LASSO regression analysis was used to screen variables, and multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors of CAUTI in children after hypospadias surgery. The nomogram model for predicting CAUTI after hypospadias surgery was constructed, and the

^{*} 基金项目: 河北省卫生健康委员会医学科学研究课题计划项目(20240453)。

作者简介: 高宇光, 男, 主治医师, 主要从事小儿外科方向的研究。△ 通信作者, E-mail: 15531193510@163.com。

引用格式: 高宇光, 脱广鑫, 李静涛, 等. 尿道下裂术后患儿发生导尿管相关尿路感染的影响因素及列线图评估模型构建[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(15): 2070-2077.

receiver operating characteristic (ROC) curve and calibration curve were used to evaluate the discrimination and consistency of the nomogram model. **Results** There were significant differences in age, disease type, degree of penile curvature, length of urethral defect, use of prophylactic antibiotics, operation season, catheter indwelling time, cleaning frequency, preoperative hospital stay, postoperative pain degree, postoperative nutritional status and complications between the control group and the infection group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). A total of 6 potential variables related to CAUTI were screened out by LASSO regression analysis, including the use of prophylactic antibiotics, postoperative pain degree, catheter indwelling time, cleaning frequency, preoperative hospital stay and complications. Multivariate Logistic regression analysis showed that no use of prophylactic antibiotics, moderate to severe postoperative pain, long catheter indwelling time, low cleaning frequency, long preoperative hospital stay and complications were risk factors for CAUTI after hypospadias surgery in children ($P < 0.05$). The calibration curve analysis results of internal validation showed that the model fit was good (Hosmer-Lemeshow $\chi^2 = 6.063$, $P = 0.640$), the slope of the calibration curve was close to 1, and the consistency was good. The ROC curve analysis results of internal validation showed that the area under the curve (AUC) of the nomogram model for predicting CAUTI in children after hypospadias surgery was 0.919, and the discrimination was good. The results of external validation showed that the model had good consistency (Hosmer-Lemeshow $\chi^2 = 7.524$, $P = 0.532$) and discrimination (AUC = 0.903). **Conclusion** The use of prophylactic antibiotics, postoperative pain degree, catheter indwelling time, cleaning frequency, preoperative hospital stay and complications are the influencing factors of CAUTI in children with hypospadias surgery. The nomogram model established in this study is highly practical.

Key words: hypospadias surgery; catheter-associated urinary tract infection; nomogram model; influencing factor

尿道下裂是一种泌尿系统疾病,在存活的新生男婴中发病率为 0.33%,是阴茎常见的先天畸形^[1]。尿道下裂的治疗目标主要包括 2 个方面:一是矫正阴茎弯曲,二是重建管径良好的新尿道^[2]。术后,大多数外科医生会留置尿道支架或膀胱导管以引流尿液,通常保留 2~14 d^[3]。由于尿液会流经尚未完全愈合的缝合部位,过早拔除导尿管可能引发尿道皮肤瘻或伤口裂开^[4]。因此,导尿管不宜过早拔除,但延长导管留置时间又会增加伤口感染风险^[5]。导管相关尿路感染(CAUTI)是常见的器械相关感染,当细菌通过留置的导尿管进入体内时,就会发生 CAUTI^[6]。CAUTI 与多种后遗症有关,其不仅延长住院时间、增加医疗负担,还可能引起发热、尿路刺激等症状,甚至导致手术失败或尿道狭窄等严重后果^[7]。因此,识别 CAUTI 的影响因素并建立有效的风险评估工具,对于优化尿道下裂患儿的术后管理具有重要意义。目前,已有部分研究探讨了 CAUTI 的影响因素^[8]。然而,针对尿道下裂术后患儿这一特定群体,相关研究仍较为有限,现有研究在变量选择上常忽略围术期疼痛、清洁护理行为等可干预因素,导致评估方法的临床实用性不足。近年来,列线图作为一种可视化风险评估工具,已在多种疾病的评估模型中展现出良好的应用价值。鉴于此,本研究收集了多年的临床资料,系统分析了尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的影响因

素,并采用 LASSO 回归进行变量筛选,构建列线图评估模型。通过内部验证与独立时段的外部验证,评估模型的区分度与校准度,以期临床提供一种直观、个性化的 CAUTI 风险预警工具,辅助早期干预与精准管理。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2019 年 5 月至 2024 年 6 月在本院进行尿道下裂术的 712 例患儿作为研究对象,根据 7:3 的比例随机分为建模集(498 例)和外部验证集(214 例)。再根据是否发生 CAUTI^[9]将建模集患儿分为感染组(120 例)及对照组(378 例)。纳入标准:(1)男性;(2)首次诊治尿道下裂;(3)有尿道下裂术的手术指征^[10];(4)具有导尿管插管适应证;(5)病情稳定;(6)随访 6 个月以上,且随访资料完整;(7)智力正常。排除标准:(1)合并其他系统先天畸形;(2)合并泌尿系统结石;(3)合并恶性肿瘤;(4)既往有阴茎尿道手术史;(5)合并免疫系统、血液系统疾病;(6)临床资料不全。本研究经本院医学伦理委员会审核批准(hdszxyy20240827)。

1.2 方法 通过医院电子病历管理系统收集资料,包括:患儿年龄(<3 岁,≥3 岁)、监护人文化程度(高中及以下,大专及以上)、疾病分型(近端型,中端型,远端型)、阴茎下弯程度(轻度,中重度)、尿液反流、尿道缺损长度(<2 cm,≥2 cm)、尿道开口位置[I 型

(远端/前型),Ⅱ型(阴茎体型),Ⅲ型(近端型),Ⅳ型(会阴型)]、预防性抗菌药物使用情况、手术方式(弯曲矫正术,尿道成形术)、手术季节(春夏,秋冬)、手术时间、导管留置时间、清洁频率、术前住院时间、术后疼痛程度^[11][儿童疼痛行为(FLACC)量表,总分 10 分,0~3 分为轻度,4~6 分为中度,≥7 分为重度]、术后营养状况(良好,较差)、并发症发生情况(尿道狭窄,尿瘘,尿道憩室)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS22.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验,等级资料比较采用秩和检验。采用 LASSO 回归分析对候选变量进行降维筛选,通过十折交叉验证选择最小惩罚系数 λ 值,筛选出非零系数的变量;采用多因素 Logistic 回归分析尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的影响因素;采用 R3.6.3 软件及 rms 程序包构建尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型;采用受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线评估尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型的区分度和一致性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 建模集与外部验证集临床资料比较 建模集与外部验证集临床资料比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 建模集与外部验证集临床资料比较[$n(\%)$ 或 $\bar{x} \pm s$]				
项目	建模集 ($n=498$)	外部验证集 ($n=214$)	χ^2/t	P
患儿年龄(岁)			0.113	0.737
<3	331(66.47)	145(67.76)		
≥3	167(33.53)	69(32.24)		
监护人文化程度			0.004	0.949
高中及以下	241(48.39)	103(48.13)		
大专及以上	257(51.61)	111(51.87)		
疾病分型			<0.001	0.994
近端型	184(36.94)	79(36.91)		
中端型	157(31.53)	67(31.31)		
远端型	157(31.53)	68(31.78)		
阴茎下弯程度			0.013	0.910
轻度	263(52.81)	114(53.27)		
中重度	235(47.19)	100(46.73)		
尿液倒流			<0.001	0.986
是	261(52.41)	112(52.34)		
否	237(47.59)	102(47.66)		
尿道缺损长度(cm)			<0.001	0.998

续表 1 建模集与外部验证集临床资料比较[$n(\%)$ 或 $\bar{x} \pm s$]				
项目	建模集 ($n=498$)	外部验证集 ($n=214$)	χ^2/t	P
<2	270(54.22)	116(54.21)		
≥2	228(45.78)	98(45.79)		
尿道开口位置			0.003	>0.999
I型	105(21.08)	45(21.03)		
II型	141(28.31)	61(28.50)		
III型	110(22.09)	47(21.96)		
IV型	142(28.51)	61(28.50)		
使用预防性抗菌药物			0.068	0.794
否	189(37.95)	79(36.92)		
是	309(62.05)	135(63.08)		
手术方式			0.006	0.940
弯曲矫正术	162(32.53)	69(32.24)		
尿道成形术	336(67.47)	145(67.76)		
手术季节			0.006	0.939
春夏	190(38.15)	81(37.85)		
秋冬	308(61.85)	133(62.15)		
手术时间(min)	119.26±27.62	119.25±24.86	0.005	0.996
导管留置时间(d)	6.00±1.62	5.89±1.47	0.854	0.394
清洁频率(次/周)	7.80±1.93	7.87±1.89	0.446	0.655
术前住院时间(d)	7.04±2.15	7.12±2.06	0.461	0.645
术后疼痛程度			0.051	0.975
轻度	248(49.80)	108(50.47)		
中度	106(21.29)	44(20.56)		
重度	144(28.92)	62(28.97)		
术后营养状况			<0.001	0.985
良好	379(76.10)	163(76.17)		
较差	119(23.90)	51(23.83)		
并发症			0.045	0.833
有	188(37.75)	79(36.92)		
无	310(62.25)	135(63.08)		

2.2 对照组和感染组临床资料比较 对照组和感染组患儿年龄、疾病分型、阴茎下弯程度、尿道缺损长度、使用预防性抗菌药物情况、手术季节、导管留置时间、清洁频率、术前住院时间、术后疼痛程度、术后营养状况、并发症发生情况比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 LASSO 回归分析 通过 LASSO 回归分析共筛选出 6 个与 CAUTI 发生相关的潜在变量,包括使用预防性抗菌药物情况、术后疼痛程度、导管留置时间、清洁频率、术前住院时间及并发症发生情况。见图 1、2。

表 2 对照组和感染组临床资料比较[$n(\%)$ 或 $\bar{x}\pm s$]

组别	n	患儿年龄(岁)		监护人文化程度		疾病分型		
		<3	≥3	高中及以下	大专及以上	近端型	中端型	远端型
对照组	378	265(70.11)	113(29.89)	187(49.47)	191(50.53)	112(29.63)	132(34.92)	134(35.45)
感染组	120	66(55.00)	54(45.00)	54(45.00)	66(55.00)	72(60.00)	25(20.83)	23(19.17)
$\chi^2/t/Z$		9.325		0.729		36.132		
P		0.002		0.393		<0.001		

组别	n	阴茎下弯程度		尿液倒流		尿道缺损长度(cm)	
		轻度	中重度	是	否	<2	≥2
对照组	378	227(60.05)	151(39.95)	194(51.32)	184(48.68)	228(60.32)	150(39.68)
感染组	120	36(30.00)	84(70.00)	67(55.83)	53(44.17)	42(35.00)	78(65.00)
$\chi^2/t/Z$		33.010		0.743		23.520	
P		<0.001		0.389		<0.001	

组别	n	尿道开口位置				使用预防性抗菌药物	
		I 型	II 型	III 型	IV 型	否	是
对照组	378	75(19.85)	113(29.89)	78(20.63)	112(29.63)	114(30.16)	264(69.84)
感染组	120	30(25.00)	28(23.33)	32(26.67)	30(25.00)	75(62.50)	45(37.50)
$\chi^2/t/Z$		4.719				40.457	
P		0.194				<0.001	

组别	n	手术方式		手术季节		手术时间	导管留置时间	清洁频率	术前住院时间
		弯曲矫正术	尿道成形术	春夏	秋冬	(min)	(d)	(次/周)	(d)
对照组	378	115(30.42)	263(69.58)	130(34.39)	248(65.61)	118.47±25.34	5.62±1.12	8.25±2.08	6.13±1.34
感染组	120	47(39.17)	73(60.83)	60(50.00)	60(50.00)	121.73±26.68	7.18±1.74	6.39±1.15	9.92±2.37
$\chi^2/t/Z$		3.173		9.404		-1.212	-11.487	9.348	-21.963
P		0.075		0.002		0.226	<0.001	<0.001	<0.001

组别	n	术后疼痛程度			术后营养状况		并发症	
		轻度	中度	重度	良好	较差	有	无
对照组	378	224(59.26)	75(19.84)	79(20.90)	301(79.63)	77(20.37)	105(27.78)	273(72.22)
感染组	120	24(20.00)	31(25.83)	65(54.17)	78(65.00)	42(35.00)	83(69.17)	37(30.83)
$\chi^2/t/Z$		64.588			10.720		66.397	
P		<0.001			<0.001		<0.001	

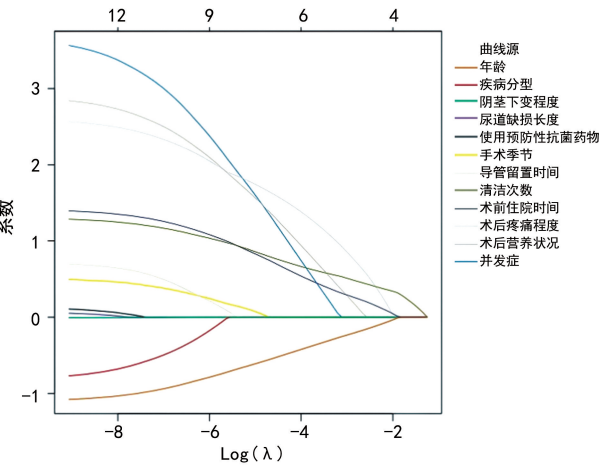


图 1 回归系数路径图

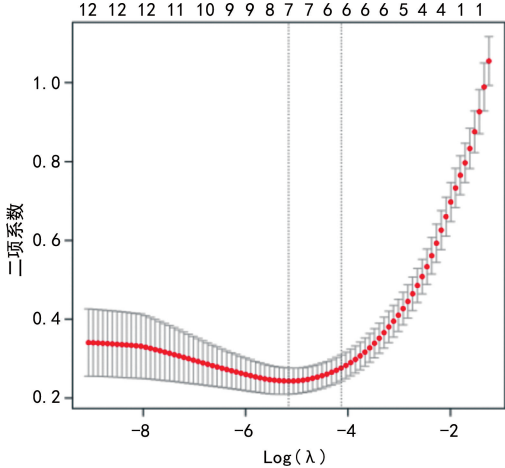


图 2 回归交叉验证误差曲线

2.4 多因素 Logistic 回归分析尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的影响因素 将 LASSO 回归分析筛选出的 6 个变量(使用预防性抗菌药物情况、术后疼痛程度、导管留置时间、清洁频率、术前住院时间及并发症发生情况)纳入多因素 Logistic 回归分析。以使用预防性抗菌药物情况(是=0,否=1)、术后疼痛程度(轻度=1,中度=2,重度=3)、导管留置时间(原值输入)、清洁频率(原值输入)、术前住院时间(原值输入)

及并发症发生情况(是=1,否=0)作为自变量,以尿道下裂术后患儿是否发生 CAUTI 作为因变量(是=1,否=0),进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,未使用预防性抗菌药物、术后疼痛程度为中重度、导管留置时间长、清洁频率低、术前住院时间长及发生并发症是患儿尿道下裂术后发生 CAUTI 的危险因素($P<0.05$)。见表 3。

表 3 多因素 Logistic 回归分析尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的影响因素

因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	OR 的 95%CI
预防性抗菌药物使用情况	0.905	0.217	17.383	<0.001	2.471	1.615~3.780
术后疼痛程度(以轻度为参照)						
中度	0.690	0.210	10.800	0.001	1.994	1.321~3.009
重度	1.168	0.205	32.393	<0.001	3.216	2.150~4.806
导管留置时间	1.435	0.436	10.843	0.001	4.200	1.787~9.861
清洁频率	-1.100	0.365	9.080	0.003	0.333	0.163~0.681
术前住院时间	1.292	0.309	17.444	<0.001	3.640	1.985~6.671
并发症	1.216	0.186	42.783	<0.001	3.374	2.344~4.857
常数项	-16.842	4.621	13.282	<0.001	—	—

注:—表示无数据。

2.5 尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型构建 根据多因素 Logistic 回归分析结果,构建尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型,每项危险因素分值为上方得分标尺分值,总分为 0~240 分,对应风险范围 0~0.9,分数越高表示尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的风险越大。见图 3。

2.6 尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型的内部验证 基于以上列线图评估模型,使用 Bootstrap 法对尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型进行验证。校准曲线分析结果显示,模型拟合度好(Hosmer-Lemeshow $\chi^2=6.063$, $P=0.640$),校准曲线斜率趋近 1,一致性较好。ROC 曲线分析结果显示,该列线图模型评估尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的曲线下面积(AUC)为 0.919(95%CI:0.870~0.969),区分度较好。见图 4、5。

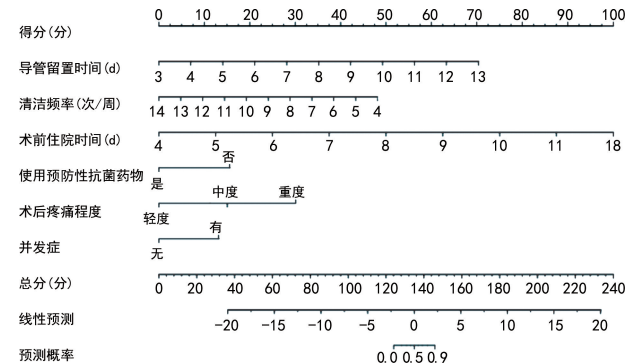


图 3 尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型

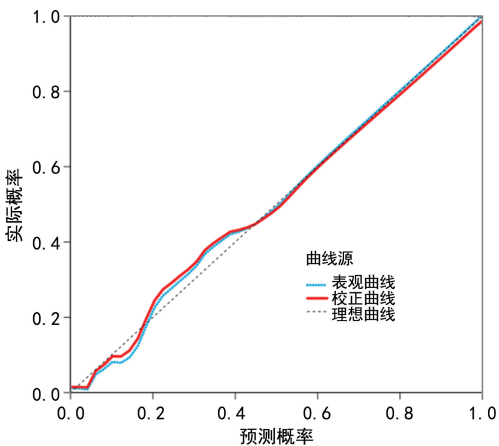


图 4 内部验证的校准曲线

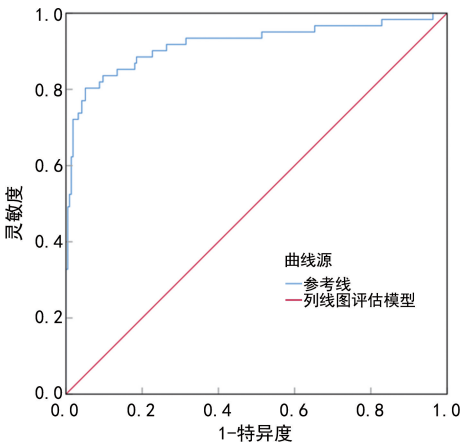


图 5 内部验证的 ROC 曲线

2.7 尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的列线图评估模型的外部验证 214 例外部验证集中,有 47 例患儿发生 CAUTI,发生率为 21.96%。外部验证结果显示,模型一致性(Hosmer-Lemeshow $\chi^2=7.524, P=0.532$)、区分度[AUC 为 0.903 (95% CI: 0.860 ~ 0.946)]均较好。见图 6、7。

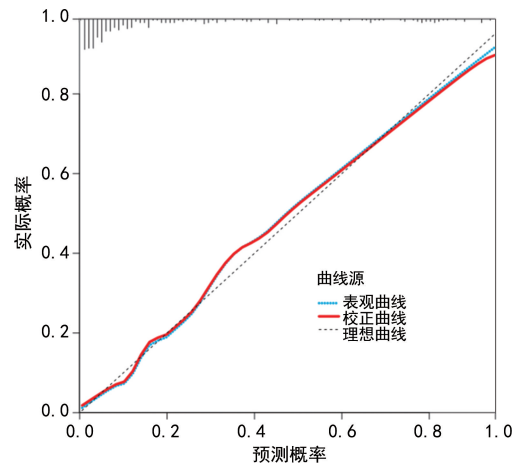


图 6 外部验证的校准曲线

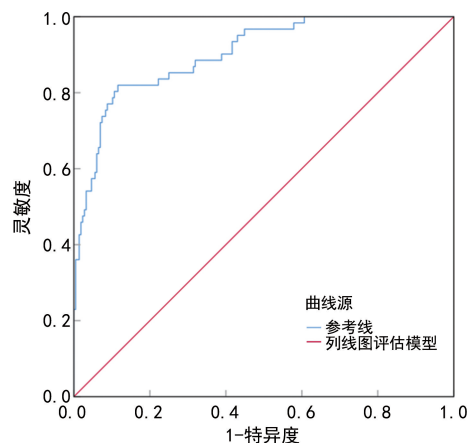


图 7 外部验证的 ROC 曲线

3 讨 论

导尿管作为连接外界环境与膀胱的直接通道,为直肠及尿道周围微生物上行至膀胱提供了途径,并可能在膀胱处形成感染灶。同时,导管绕过尿道括约肌,减弱了自发排尿时的生理性湍流冲刷作用,且可成为持续感染病灶,从而增加尿路感染风险。此外,导管的机械性刺激可损伤泌尿上皮,破坏表面的生理性黏多糖保护层,使细菌更易黏附和侵入^[12-14]。因此,CAUTI 是留置导尿管后需重点防治的并发症,而有效防治的前提在于明确其影响因素。基于此,本研究分析了尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的影响因素并构建了列线图评估模型。

CAUTI 的发生率在不同手术及不同年龄段的人群中并不统一,如谢朝云等^[15]分析新生儿发生 CAUTI 的影响因素发现,362 例新生儿中有 63 例发生了 CAUTI,发生率 <20%。段娜等^[16]分析直肠癌术后患者发生 CAUTI 的影响因素发现,186 例患者中有

38 例出现了 CAUTI,发生率 <21.00%。本研究中,498 例患儿共有 120 例术后出现了 CAUTI,发生率为 24.10%(120/498),略高于上述研究,这可能与研究对象的年龄及采用的手术方式有关,提示 CAUTI 的发生风险较高,需在临床上引起重视。

本研究多因素 Logistic 回归分析显示,未使用预防性抗菌药物、术后疼痛程度为中重度、导管留置时间长、清洁频率低、术前住院时间长及发生并发症是患儿术后发生 CAUTI 的危险因素($P<0.05$),并以此建立了列线图评估模型。

本研究中,多因素 Logistic 回归分析结果显示,未使用预防性抗菌药物是尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的危险因素($P<0.05$)。究其原因,使用预防性抗菌药物可使患儿在围术期维持较高的血药浓度,有效抑制微生物繁殖,从而发挥预防细菌感染的作用^[17]。因此,其术后发生 CAUTI 的风险降低,这与王剑锋等^[18]的研究结果一致,该研究发现,围术期预防性使用抗菌药物是降低小儿术后感染并发症发生风险的重要程序。肖秋秋等^[19]通过多因素 Logistic 回归分析,明确了提前使用抗菌药物在预防尿道下裂术后 CAUTI 中具有重要意义。这些研究结果提示,针对需要进行尿道下裂术的患儿,术前使用抗菌药物是十分必要的。此外,抗菌药物的剂量需控制在合理的范围内,避免滥用,影响后续治疗及康复。

本研究多因素 Logistic 回归分析结果显示,术后疼痛程度为中重度是患儿尿道下裂术后发生 CAUTI 的危险因素($P<0.05$),提示患儿术后疼痛程度越严重,发生 CAUTI 的风险就越高。分析原因,疼痛是人体对外界刺激产生的一种感觉,剧烈的疼痛会引发患儿应激反应,造成肾上腺素等分泌异常,进而影响患儿的排尿过程,造成残余尿量的增加,甚至会引起术后伤口渗血现象^[20-21],导致患儿出现恐惧心理,影响患儿身心健康,诱发 CAUTI。这提醒在临床治疗尿道下裂术后患儿时,应及时对患儿及家属进行心理及生理疏导,若出现疼痛较严重或其他不良反应,应及时处理,以防发生 CAUTI。

本研究中,导管留置时间长是患儿尿道下裂术后发生 CAUTI 的危险因素($P<0.05$),这是因为导管留置时间越长,尿道抵御外界细菌入侵的能力越弱,因而更易发生 CAUTI,导管会损伤尿道黏膜,破坏了膀胱及尿道对细菌的防御能力,细菌进入体内繁殖的机会更大^[22-23],从而造成 CAUTI 发生风险升高。谢朝云等^[15]研究报道,留置导尿管第 3、10 天菌尿发生率由 23.8% 上升至 94.16%,与本研究结果具有一致性。这提示针对术后留置导尿管的患儿,应在身体允许的条件下,及时拔出导管,以防细菌入侵率随着导管留置时间的增加而不断升高,引发 CAUTI。

本研究中,清洁频率低是患儿尿道下裂术后发生

CAUTI 的危险因素 ($P < 0.05$)。细菌通常经直肠菌群污染尿道,微生物逆行上行至膀胱,黏附并定植于尿路上皮,进而引发感染;随后细菌大量繁殖并形成生物膜,其分泌的蛋白酶和毒素可导致上皮损伤。CAUTI 的发生主要与导尿管及其周围定植菌密切相关,若在留置导管期间未及时进行导尿管口消毒护理,定植菌不能被及时清除,CAUTI 的发生率便会升高^[24]。因此,家属及护理人员应注意及时清理患儿尿管口,以防细菌感染,降低 CAUTI 发生风险。

本研究中,术前住院时间长是患儿尿道下裂术后发生 CAUTI 的危险因素 ($P < 0.05$)。分析原因为术前住院时间越长,患儿暴露于医院环境的时间延长,导尿管留置相关操作(如插管、护理)频次增加,且医院环境中耐药菌定植风险更高,易引发交叉感染^[25]。

本研究中,发生并发症是患儿尿道下裂术后发生 CAUTI 的危险因素 ($P < 0.05$)。分析原因为并发症可能引起尿流瘀滞,细菌定植率提升,尿流阻力加大,残余尿量增加,尿道口感染细菌的概率亦随之增高,循环往复,易引发 CAUTI。因此,若患儿术后出现了并发症,应及时进行针对性治疗,以防出现 CAUTI 发生率大幅增加的现象。

为验证本研究建立列线图评估模型的实际意义,进行了内部及外部验证,2 项结果均证明本研究列线图评估模型对尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的评估价值较高,即临床上针对尿道下裂术患儿,可在术中使用抗菌药物,若术后留置导尿管,注意患儿术后疼痛程度,及时给予缓解措施,在留置导尿管期间,注意及时清洁、拔管,针对需要术前住院时间较长的患儿,注意周围环境的干净整洁,操作时注意无菌消毒,若术后出现了并发症,注意及时进行治疗,以免造成 CAUTI 等更严重的后果。

本研究为单中心回顾性研究,在数据收集方面存在一定的局限性。部分关键变量,如“术后疼痛程度”“术后营养状况”等,其评估依赖于病历系统中的历史记录,由于不同评估者间可能存在主观判断差异,且记录标准随时间或人员变动可能不完全一致,这可能会对数据的客观性和一致性产生一定影响。未来研究可通过前瞻性设计,采用统一化、标准化的评估工具与流程对上述变量进行测量,以进一步验证和优化本评估模型。

目前临床上对于 CAUTI 的建议之一是更换导管以加快恢复并防止感染,但在尿道下裂患儿这一群体中依从性较低^[26-27]。近期有学者尝试分析儿童基因多态性与 CAUTI 的关联,发现尿道缺损长度及 CYP1A2 基因多态性与 CAUTI 发生风险有关,但其结果无法证明提前操作可预防 CAUTI 发生,难以直接适用于尿道下裂术后患儿 CAUTI 风险的提前规避^[28]。国外亦有研究报道,尿道下裂表型、手术技术、

脊索切除术和外科医生的经验均是 CAUTI 发生的影响因素,但其研究中不包含患者因素^[29]。本研究模型整合了 6 个影响因素,包含患者自身状态、医师操作双重因子,并将其量化为可视化的评分系统,在保持较高灵敏度(如识别高危患儿)的同时,通过多变量联合提升了评估的特异度,使模型更具操作性。

本团队此前曾基于传统 Logistic 回归分析尿道下裂术后感染影响因素,发现尿道缺损长度、患儿年龄、尿道下裂类型、术前阴茎下弯、手术时间、留置导尿时间等影响因素^[30-31],本研究在此基础上展开工作,采用 LASSO 回归进行变量筛选,避免了传统方法中可能存在的共线性问题,使模型更为精简稳健,并纳入未使用预防性抗菌药物、清洁频率等可操作因素,结合列线图构建 CAUTI 风险评估模型,增强了模型的临床适用性与解释性,这是对前期研究的重要拓展与验证。结果差异可能源于研究时段、人群特征及统计方法的更新,体现了疾病影响因素随时间与临床实践变化的动态特征。

综上所述,未使用预防性抗菌药物、术后疼痛程度为中重度、导管留置时间长、清洁频率低、术前住院时间长及发生并发症是患儿尿道下裂术后发生 CAUTI 的危险因素,本研究建立的列线图评估模型实用性较高。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 高宇光:负责研究设计与构思、数据收集与整理、统计分析、论文初稿撰写;脱广鑫:协助数据收集、参与结果分析与解释、文献检索;李静涛:负责研究总体指导、论文审阅与最终定稿、研究资源协调;魏建新:参与数据审核、提供临床专业知识支持;马晓楠:参与文献调研、数据整理;郎兴:参与论文修改、提供统计学方法指导。

参考文献

- [1] Kumar A, Ram Dhayal I. A comparative study on the outcomes of hypospadias surgery following early versus late bladder catheter removal [J]. Cureus, 2022, 14 (6): e26104.
- [2] Huang L Q, Ge Z, Wang L X, et al. A novel onlay urethroplasty for hypospadias with mild chordee after degloving; modified for complete removal of scar tissue underlying the urethral plate and for long-term outcomes [J]. Asian J Androl, 2022, 24(6): 639-642.
- [3] Rowe C K, Jamdee T, Foster C, et al. Do the materials matter? A review of the literature and analysis of the materials properties of urethral stents for hypospadias repair [J]. J Pediatr Urol, 2022, 18(2): 160-167.
- [4] Vaidyanathan S, Soni B, Khadr R, et al. Erosion of urethra by malleable penile prosthesis in a spinal cord injury patient with diabetes mellitus and repeated misplacement of Foley balloon in the urethra: lessons we learn: a case re-

- port[J]. Spinal Cord Ser Cases, 2022, 8(1): 12.
- [5] Wang C, Zhang Z C, Zhang D Y, et al. A new modified Duckett urethroplasty for repair of proximal hypospadias with severe chordee: outcomes of 133 patients[J]. BMC Urol, 2022, 22(1): 47.
- [6] Mangal S, Pho A, Arcia A, et al. Patient and family engagement in catheter-associated urinary tract infection (CAUTI) prevention: a systematic review[J]. Jt Comm J Qual Patient Saf, 2021, 47(9): 591-603.
- [7] Rajaramon S, Shanmugam K, Dandela R, et al. Emerging evidence-based innovative approaches to control catheter-associated urinary tract infection: a review[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2023, 13: 1134433.
- [8] Su L. Effectiveness of nurse-driven protocols in reducing catheter-associated urinary tract infections: a systematic review and meta-analysis[J]. J Nurs Care Qual, 2025, 40(1): 39-45.
- [9] 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.
- [10] 中华医学会小儿外科学分会泌尿学组. 尿道下裂专家共识[J]. 中华小儿外科杂志, 2018, 39(12): 883-888.
- [11] 陈梅芳. 婴儿和儿童疼痛评估的 FLACC 量表法[J]. 国际护理学杂志, 2003, 22(6): 289-290.
- [12] Van D S G, Bosch N, Murphy J. Catheter-associated urinary tract infection reduction in critical care units: a bundled care model[J]. BMJ Open Qual, 2021, 10(4): e001534.
- [13] Clarke K, Hall C L, Wiley Z, et al. Catheter-associated urinary tract infections in adults: diagnosis, treatment, and prevention[J]. J Hosp Med, 2020, 15(9): 552-556.
- [14] Buetti N, Marschall J, Drees M, et al. Strategies to prevent central line-associated bloodstream infections in acute-care hospitals: 2022 update[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2022, 43(5): 553-569.
- [15] 谢朝云, 李文华, 蒙桂鸾, 等. 新生儿导尿管相关性尿路感染影响因素分析[J]. 临床儿科杂志, 2021, 39(12): 891-894.
- [16] 段娜, 郑玲, 刘战涛, 等. 直肠癌术后 CAUTI 病原学及影响因素[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(1): 73-76.
- [17] Rutherford S J, Glenny A M, Roberts G, et al. Antibiotic prophylaxis for preventing bacterial endocarditis following dental procedures[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2022, 5(5): CD003813.
- [18] 王剑锋, 谢旭敏, 凌枫盛, 等. 小儿尿道下裂手术预防性应用抗生素对结局影响的对照研究[J]. 世界复合医学, 2022, 8(2): 131-133.
- [19] 肖秋秋, 黄锡琳, 陈阳. 尿道下裂术后患儿发生 CAUTI 的影响因素及风险预测模型研究[J]. 当代护士, 2024, 31(10): 141-145.
- [20] 李梅, 马艳, 刘萍, 等. 妊娠期糖尿病产妇会阴侧切切口感染危险因素及与疼痛评分关系[J]. 中国计划生育学杂志, 2023, 31(8): 1917-1921.
- [21] Wyndaele M, Charrua A, Hervé F, et al. Beyond the urothelium: interplay between autonomic nervous system and bladder inflammation in urinary tract infection, bladder pain syndrome with interstitial cystitis and neurogenic lower urinary tract dysfunction in spinal cord injury-ICI-RS 2023[J]. Neuro Urodyn, 2024, 43(6): 1283-1292.
- [22] Perrin K, Vats A, Qureshi A, et al. Catheter-associated urinary tract infection (CAUTI) in the NeuroICU: identification of risk factors and time-to-CAUTI using a case-control design[J]. Neurocrit Care, 2021, 34(1): 271-278.
- [23] Babar M, Masoud Z, Labagnara K, et al. Efficacy and safety of the Rezum system for the treatment of catheter-dependent urinary retention: three-year real-world outcomes in a multimorbid, multiethnic population[J]. Low Urin Tract Symptoms, 2023, 15(4): 148-153.
- [24] Mitchell B, Curryer C, Holliday E, et al. Effectiveness of meatal cleaning in the prevention of catheter-associated urinary tract infections and bacteriuria: an updated systematic review and Meta-analysis[J]. BMJ Open, 2021, 11(6): e046817.
- [25] 张晓丹, 包丹丹, 李茜, 等. 脊髓损伤术后 CAUTI 多药耐药菌及其影响因素[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(3): 429-433.
- [26] Westgeest A C, van Uhm J I M, Pattacini L, et al. "Catheter replacement in catheter-associated urinary tract infection: current state of evidence"[J]. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 2024, 43(8): 1631-1637.
- [27] Ling M L, Ching P, Apisarnthanarak A, et al. APSIC guide for prevention of catheter associated urinary tract infections (CAUTIs)[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2023, 12(1): 52.
- [28] 喻正波, 罗雪松, 顾胜利, 等. CYP1A2 基因多态性与尿道下裂患儿术后尿路感染的关联[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(8): 1234-1238.
- [29] Dokter E M, van der Zanden L F, Laumer S J, et al. Development of a prediction model for postoperative complications after primary hypospadias correction[J]. J Pediatr Surg, 2020, 55(10): 2209-2215.
- [30] 高宇光, 脱广鑫, 马新生, 等. 尿道下裂术后尿路感染风险预测模型的构建与验证[J]. 安徽医药, 2025, 29(9): 1787-1791.
- [31] 高宇光, 脱广鑫, 马新生, 等. 尿道下裂患儿术后尿路感染影响因素分析及预测模型的构建与验证[J]. 国际泌尿系统杂志, 2025, 45(4): 155-159.

(收稿日期: 2025-12-25 修回日期: 2026-03-08)

(编辑: 熊欣然 廖薇薇)