

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20256233

· 论 著 ·

PICC 早产儿导管相关血流感染预测模型的构建与验证

豆瑛瑛¹, 郭永琴¹, 李建丽², 郝亚男¹, 王晓云¹

(长治市妇幼保健院 1. 新生儿科; 2. 护理部, 山西 长治 046000)

[摘要] **目的** 构建早产儿经外周静脉置入中心静脉导管(PICC)相关血流感染(CRBSI)发生风险的预测模型, 并对模型进行效果评价。**方法** 选取 2019 年 1 月—2023 年 10 月入住某院新生儿重症监护病房(NICU)行 PICC 进行静脉输注的 1 295 例早产儿为研究对象, 其中 2019 年 1 月—2022 年 12 月 1 080 例早产儿为建模集, 2023 年 1—10 月 215 例早产儿为验证集, 使用 24 项临床特征分析病例危险因素, 采用 LASSO 回归进行优化特征选择, 通过多因素 logistic 回归分析确定早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 的独立危险因素, 应用 R 软件制作列线图模型。使用受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)、Hosmer-Lemeshow 检验及校准曲线评估模型的区分度和拟合度, 使用决策曲线(DCA)评估该模型的临床实用性。**结果** 多因素 logistic 分析结果显示, 出生体重 $\geq 1 500$ g、导管维护时无菌防护、无菌巾包裹接头为早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 的保护性因素(OR 值分别为 0.172、0.187、0.063, 均 $P < 0.05$), 穿刺次数 > 2 次、导管留置时间 > 14 d、使用三通为早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 的独立危险因素(OR 值分别为 2.533、14.128、13.256, 均 $P < 0.05$)。建模集 ROC 曲线 AUC 为 0.953(95%CI: 0.936~0.969), 验证集 ROC 曲线的 AUC 为 0.930(95%CI: 0.885~0.974), 表明该模型区分度良好。校正曲线和 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示该模型准确性和一致性较好, 净收益值高, 表明预测模型的预测价值高, 有较好的临床实用性, 且模型的合理性分析中统计学检验结果 $P < 0.001$ 。**结论** 研究基于早产儿一般临床特征以及导管基础防控措施构建的列线图模型能够为临床医务人员早期识别 PICC 相关 CRBSI 高危因素提供可视化、简单的评估工具。

[关键词] 早产儿; PICC; 导管相关血流感染; 风险预测模型

[中图分类号] R181.3⁺2

Construction and validation of prediction model for catheter-related bloodstream infection in preterm infants receiving PICC

DOU Yingying¹, GUO Yongqin¹, LI Jianli², HAO Yanan¹, WANG Xiaoyun¹ (1. Department of Neonatology; 2. Department of Nursing, Changzhi Maternal and Child Health Hospital, Changzhi 046000, China)

[Abstract] **Objective** To construct a prediction model for the risk of peripherally inserted central venous catheter (PICC)-related bloodstream infection (CRBSI) in preterm infants, and evaluate the effect of the model. **Methods** 1 295 preterm infants admitted to the neonatal intensive care unit (NICU) in a hospital and received PICC intravenous infusion from January 2019 to October 2023 were selected as the study subjects, including 1 080 preterm infants from January 2019 to December 2022 in the modeling set and 215 premature infants from January to October 2023 in the validation set. Risk factors of cases were analyzed based on 24 clinical characteristics, optimized characteristics was selected by LASSO regression, independent risk factors for CRBSI of preterm infants during PICC in-dwelling period were identified by multiple logistic regression analysis, and nomogram model was constructed with R software. Discrimination and fitting of the model were evaluated by the area under the curve (AUC) of the receiver

[收稿日期] 2024-09-12

[作者简介] 豆瑛瑛(1990-), 女(汉族), 山西省长治市人, 主管护师, 主要从事新生儿临床护理研究。

[通信作者] 郭永琴 E-mail: 13935530678@163.com

operating characteristic (ROC) as well as Hosmer-Lemeshow test and calibration curve, and clinical practicality of the model was evaluated by decision curve analysis (DCA). **Results** Multivariate logistic analysis showed that birth weight ≥ 1500 g, sterile protection during catheter maintenance, and sterile cloth wrapped joints were protective factors for CRBSI during PICC indwelling period in preterm infants ($OR = 0.172, 0.187, 0.063$, respectively, all $P < 0.05$), while puncture frequency > 2 times, catheter indwelling period > 14 days, and use of tees were independent risk factors for CRBSI during PICC indwelling period in premature infants ($OR = 2.533, 14.128, 13.256$, respectively, all $P < 0.05$). The AUC of ROC of the modeling set was 0.953 (95%CI: 0.936 - 0.969), and that of the validation set was 0.930 (95%CI: 0.885 - 0.974), indicating good discriminability of the model. The calibration curve and Hosmer-Lemeshow goodness of fit test showed that the model had good accuracy and consistency, with high net profit value, indicating that the predictive value of the model was high and with good clinical practicality. The statistical test result in the rationality analysis of the model was $P < 0.001$. **Conclusion** The nomogram model based on the general clinical characteristics of preterm infants as well as the basic prevention and control measures of the catheter can provide a visual and simple evaluation tool for early identification of high risk factors for CRBSI in preterm infants.

[**Key words**] preterm infant; PICC; catheter-related bloodstream infection; risk prediction model

随着新生儿救治水平的不断提高,早产儿特别是极低、超低出生体重儿存活率逐年升高,经外周静脉置入中心静脉导管(peripherally-inserted central venous catheter, PICC)得到广泛应用,主要用来为早产儿进行营养支持和药物的输送,是其重要的生命通道^[1-2]。研究^[3]指出,长时间的静脉营养需要依靠中心静脉导管,但中心静脉置管本身属于一种有创性操作,加之早产儿免疫功能低下,导管留置时间长可导致各种并发症的发生,其中最严重的并发症是导管相关血流感染(catheter-related bloodstream infection, CRBSI)^[4],其发生率为 3% ~ 10%^[5-6]。一旦感染,将会延长住院时间,增加住院费用,严重威胁早产儿的救治效果和生活质量。国家卫生健康委员会 2021 年将“降低血管内 CRBSI 发生率”设定为医疗质量安全的目标之一,因此对 CRBSI 的预防和控制尤为重要。以往文献大多关注于分析早产儿留置 PICC 期间发生血流感染的高危因素,而对于风险评估的相关研究鲜见报道,缺乏临床实用性。基于此,本研究通过对 CRBSI 潜在危险因素进行分析,构建 PICC 早产儿患者 CRBSI 风险预测模型,为医务人员早期监测及精准预防提供便捷的工具。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2019 年 1 月—2022 年 12 月入住长治市某三级甲等妇幼保健院新生儿重症监护病房(NICU)并留置 PICC 的 1 080 例早产儿为建模集研究对象,2023 年 1—10 月收集的 215 例 PICC 的早产儿为验证集研究对象,根据

CRBSI 诊断标准分为 CRBSI 组和非 CRBSI 组。纳入标准:(1)胎龄 < 37 周,出生体重 < 2500 g;(2)留置 PICC 的早产儿;(3)CRBSI 诊断依据《血管导管相关感染预防与控制指南(2021 版)》。排除标准:(1)存在除血管导管感染外的其他感染;(2)临床资料或病例信息不全的 PICC 早产儿;(3)未取得 PICC 早产儿家属知情同意者。本研究经过医院医学伦理委员会批准(CZSFYLL2023 字 001 号)。

1.2 样本量计算 本研究将样本量设置为 5EPV (events per variable)^[7],初步纳入 24 个相关因素,参考文献^[5]报道 PICC CRBSI 的发病率为 10%左右,构建预测模型所需样本量至少为 1 200 人,本研究样本量符合要求。

1.3 资料收集 根据查阅文献结果,制定影响早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 的影响因素调查表,通过医院电子病历、护理文书以及 PICC 维护记录单收集研究对象临床资料:(1)母亲一般资料,包括妊娠期糖尿病、胎盘早剥;(2)早产儿一般资料,包括胎龄、出生体重、性别、出生方式、胎数、出生 5 min Apgar 评分、呼吸窘迫综合征;(3)导管相关因素,包括 PICC 置管时日龄、置管护士资质、置管部位、穿刺次数、置管时长、导管留置时间、导管维护时无菌防护、接头断开频次、使用三通、无菌巾包裹接头、导管堵塞/移位;(4)其他治疗,包括气管插管、使用抗菌药物种类;(5)实验室检查,如降钙素原。

1.4 相关诊断标准 (1)CRBSI 诊断标准依据《血管导管相关感染预防与控制指南(2021 版)》^[8];血管导管留置期间及拔除血管导管后 48 h 内发生的原发性,且与其他部位感染无关的感染,包括血管导

管相关局部感染和血流感染。判定标准如下:患者局部感染时出现红、肿、热、痛、渗出等炎症表现,血流感染除局部表现外还会出现发热($>38^{\circ}\text{C}$)、寒战或低血压等全身感染表现。血流感染实验室微生物学检查结果:外周静脉血培养细菌或真菌阳性,或导管尖端和外周血培养出相同种类、相同药敏结果的致病菌。(2)母亲妊娠期糖尿病诊断标准依据《妇产科学》第 9 版^[9],新生儿呼吸窘迫综合征诊断标准依据《实用新生儿学》第 5 版^[10],外周血检验及病原学监测细菌分离培养按照《全国临床检验操作规程》^[11]进行。

1.5 统计学方法 应用 SPSS 26.0 与 R4.2.1 软件进行统计学分析,应用 SPSS 26.0 对基线资料进行分析,组间比较采用 χ^2 检验,计数资料以例数(百分率)描述。应用 R4.2.1 软件进行预测模型的构建与验证,LASSO 回归采用 glmnet 包、多因素

logistic 回归分析采用 qlm 包,列线图模型构建采用 rms 包,区分度分析采用 pROC 包,校准曲线采用 riskregression 包,Hosmer-Lemeshow 检验采用 ResourceSelection 包,临床决策(DCA)曲线绘制采用 rmda 包,合理性分析采用 report ROC 包,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。在建模组数据中通过 Bootstrap 重复抽取 500 次进行模型的内部验证,通过验证组数据进行模型的外部验证。

2 结果

2.1 CRBSI 组与非 CRBSI 组的临床资料比较 本研究共收集符合纳入排除标准的早产儿 1 295 例,180 例(13.9%)发生 CRBSI。其中建模集 1 080 例,154 例(14.3%)发生 CRBSI。见表 1。

表 1 CRBSI 组与非 CRBSI 组早产儿一般资料比较[例(%)]

Table 1 Comparison of general data between preterm infants in CRBSI group and non-CRBSI group (No. of cases [%])

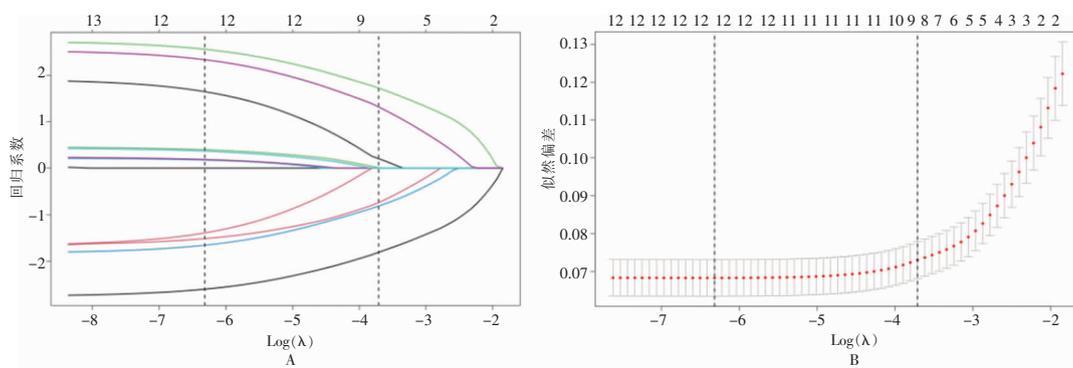
变量	非 CRBSI 组	CRBSI 组	χ^2	P	变量	非 CRBSI 组	CRBSI 组	χ^2	P
妊娠期糖尿病			1.222	0.269	分娩方式			0.082	0.775
是	384(37.6)	56(36.4)			顺产	466(50.3)	80(51.9)		
否	542(58.5)	98(63.6)			剖宫产	460(49.7)	74(48.1)		
胎盘早剥			9.991	0.002	胎数			0.980	0.322
是	181(19.5)	48(31.2)			单胎	745(80.5)	118(76.6)		
否	745(80.5)	106(68.8)			双胎	181(19.5)	36(23.4)		
胎龄(周)			24.987	<0.001	降钙素原(ng/mL)			3.072	0.080
<34	581(62.7)	129(83.8)			<0.5	477(51.5)	67(43.5)		
≥ 34	345(37.3)	25(16.2)			≥ 0.5	449(48.5)	87(56.5)		
出生体重(g)			50.786	<0.001	置管时日龄(d)			1.033	0.309
$<1\ 500$	407(44.0)	116(75.3)			≤ 7	509(55.0)	92(59.7)		
$\geq 1\ 500$	519(56.0)	38(24.7)			>7	417(45.0)	62(40.3)		
性别			0.287	0.592	置管人员资质(年)			<0.001	1.000
女	474(51.2)	83(53.9)			≥ 5	892(96.3)	148(96.1)		
男	452(48.8)	71(46.1)			<5	34(3.7)	6(3.9)		
出生 5 min Apgar 评分(分)			32.703	<0.001	置管部位			26.999	<0.001
>7	668(72.1)	75(48.7)			肘正中静脉	347(37.4)	66(42.9)		
≤ 7	258(27.9)	79(51.3)			大隐静脉	370(40.0)	43(27.9)		
新生儿呼吸窘迫综合征			14.069	<0.001	颞浅静脉	148(16.0)	18(11.7)		
是	209(22.6)	57(37.0)			腋静脉	61(6.6)	27(17.5)		
否	717(77.4)	97(63.0)			穿刺次数(次)			23.291	<0.001
					≤ 2	752(81.2)	98(63.6)		
					>2	174(18.8)	56(36.6)		

续表 1 (Table 1, Continued)

变量	非 CRBSI	CRBSI	χ^2	P	变量	非 CRBSI	CRBSI	χ^2	P
置管时长 (min)			4.394	0.036	无菌巾包裹接头			215.792	<0.001
≤30	564(60.9)	108(70.1)			是	748(80.8)	36(23.4)		
>30	362(39.1)	46(29.9)			否	178(19.2)	118(76.6)		
导管留置时间 (d)			188.947	<0.001	导管堵塞			0.362	0.547
≤14	844(91.1)	74(48.1)			是	170(18.4)	32(20.8)		
>14	82(8.9)	80(51.9)			否	756(81.6)	122(79.2)		
导管维护时无菌防护			84.054	<0.001	导管移位			2.320	0.128
是	688(74.3)	57(37.0)			是	187(20.2)	40(26.0)		
否	238(25.7)	97(63.0)			否	739(79.8)	114(74.0)		
接头断开频次 (次/天)			15.706	<0.001	气管插管			1.851	0.174
≤2	776(83.8)	108(70.1)			是	544(58.7)	100(64.9)		
>2	150(16.2)	46(29.9)			否	382(41.3)	54(35.1)		
使用三通			117.382	<0.001	抗菌药物使用种类			3.276	0.070
是	384(41.5)	137(89.0)			<2	693(74.8)	104(67.5)		
否	542(58.5)	17(11.0)			≥2	233(25.2)	50(32.5)		

2.2 CRBSI 预测因素筛查 本研究将基线分析中有意义的 13 个潜在预测因子通过 LASSO 回归进行降维处理,由最优 λ (λ 取值为 0.024) 筛选出最具有

代表性的 7 个预测因子,分别为出生体重、出生 5 min Apgar 评分、穿刺次数、导管留置时间、导管维护时无菌防护、使用三通、无菌巾包裹接头。见图 1。



注:A 为 λ 与变量的动态过程图;B 为 LASSO 回归模型中 λ 的选择过程。

图 1 PICC 早产儿 CRBSI 预测因素的 LASSO 回归分析

Figure 1 LASSO regression analysis on predictors of CRBSI in preterm infants receiving PICC

2.3 CRBSI 预测因素的多因素 logistic 回归选择 以 PICC 早产儿是否发生 CRBSI 为因变量,根据 LASSO 回归分析法得出的 7 个重要因素为自变量,进行多因素 logistic 回归分析。结果显示:出生体重 ≥ 1500 g、导管维护时无菌防护、无菌巾包裹接

头是早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 的保护性因素(均 $OR < 1$, 均 $P < 0.05$),穿刺次数 > 2 次、导管留置时间 > 14 d、使用三通是早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 的独立危险因素(均 $P < 0.05$),见表 2。

表 2 早产儿 PICC CRBSI 多因素 logistic 回归分析

Table 2 Multivariate logistic regression analysis on PICC CRBSI in preterm infants

自变量	β	S_o	$Wald\chi^2$	OR	95%CI	P
出生体重	- 1.762	0.314	- 5.615	0.172	0.090~0.312	<0.001
5 min Apgar 评分	0.411	0.282	1.459	1.509	0.867~2.626	0.145
穿刺次数	0.929	0.286	3.248	2.533	1.445~4.450	0.001
导管留置时间	2.648	0.318	8.328	14.128	7.692~26.860	<0.001
导管维护时无菌防护	- 1.675	0.278	- 6.020	0.187	0.107~0.319	<0.001
使用三通	2.584	0.346	7.470	13.256	6.948~27.120	<0.001
无菌巾包裹接头	- 2.771	0.289	- 9.603	0.063	0.034~0.108	<0.001

2.4 构建列线图预测模型 采用 R4.2.1 软件,根据多因素 logistic 回归分析结果,构建早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 风险的预测模型,见图 2。总分值范围 0~500 分,底端线段上为发生 CRBSI 概率轴,总分越高说明风险值越高。根据 logistic 回归分析结果各变量 OR 值进行分值分配,出生体重 <1 500 g 69 分、穿刺次数 >2 次 34 分,导管留置时间 >14 d 99 分,导管维护时未使用无菌防护 62 分,使用三通 94 分,未使用无菌巾包裹接头 100 分,若与上述假设相反,则得分为 0 分。见图 2。

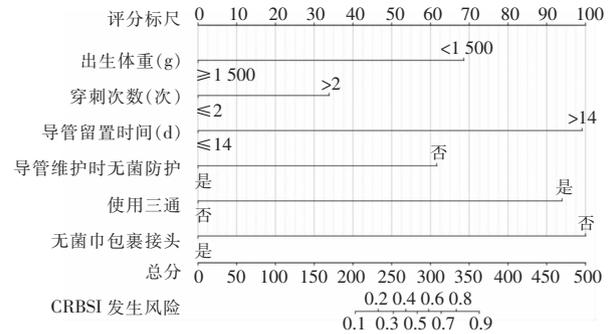


图 2 PICC 早产儿 CRBSI 列线图模型

Figure 2 CRBSI nomogram model of preterm infants receiving PICC

2.5 列线图预测模型的评价 模型的 ROC 曲线见图 3A。AUC 为 0.953(95%CI:0.936~0.969),模型区分度较好,说明模型具有较好的预测高危早产儿的能力,利用约登指数得出最佳阈值为 0.132,此时灵敏度为 91.6%,特异度为 87.1%。Hosmer-Lemeshow 检验提示 $\chi^2 = 3.210, P = 0.865, P > 0.05$ 提示模型校准度好,预测概率和实际概率可以很好地吻合。

2.6 列线图预测模型的验证 在建模集中使用 bootstrap 法 ($n = 500$) 进行内部验证,并绘制校准曲

线,预测曲线基本沿 45° 对角线分布走形,拟合良好,见图 3B。本研究将 2023 年 1—10 月入组的 215 例早产儿资料作为外部验证,纳入建立好的预测模型,同样通过 AUC 和 Hosmer-Lemeshow 检验评估预测模型的区分度和校准度,AUC 为 0.930(95%CI:0.885~0.974),灵敏度为 92.3%,特异度为 77.8%,见图 3C。经 Hosmer-Lemeshow 检验提示 $\chi^2 = 1.902,$ 自由度 = 8, $P = 0.984, P > 0.05,$ 见图 3D。以高风险

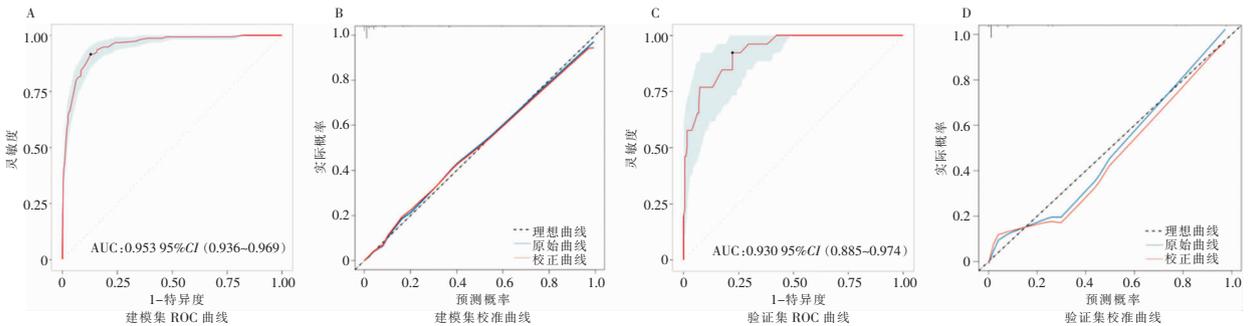


图 3 列线图预测模型的 ROC 曲线和校准曲线

Figure 3 ROC curve and calibration curve of the nomogram prediction model

险阈概率为横坐标,净获利率为纵坐标,绘制列线图模型的 DCA 曲线,评估临床适用度,本模型的 DCA 曲线提示预测模型均远离极端曲线,净收益值高,说明构建的列线图预测模型的预测价值高,有较好的临床实用性。见图 4。

2.7 模型的合理性分析 本研究基于列线图得分绘制建模集和验证集的合理性分析图,结果显示,建模集与验证集中 CRBSI 组较非 CRBSI 组的得分高,统计学检验结果 $P < 0.001$,说明列线图模型得分合理。见图 5。

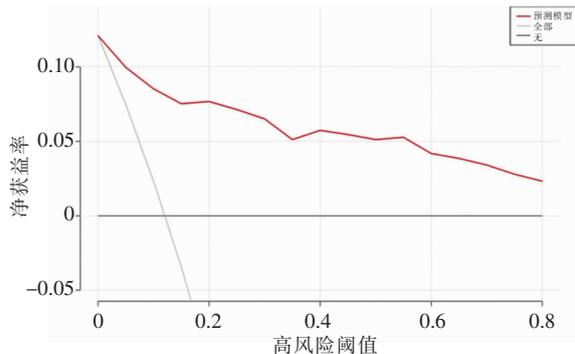
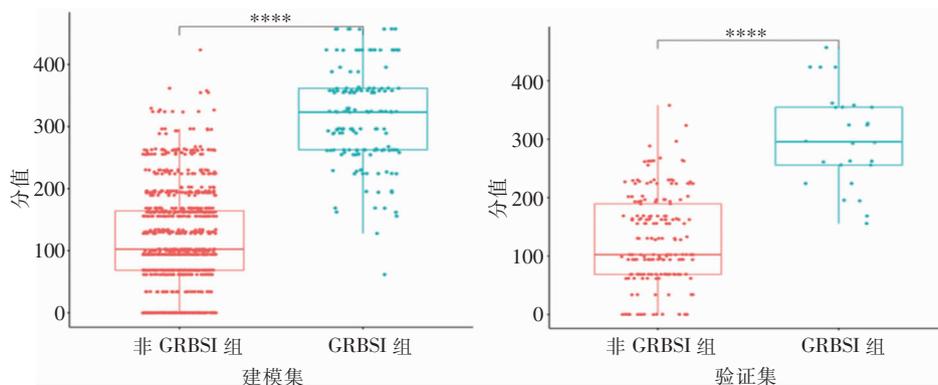


图 4 列线图预测模型的临床决策曲线

Figure 4 Clinical decision curve of the nomogram prediction model



注:****表示 $P < 0.001$ 。

图 5 列线图预测模型的合理性分析

Figure 5 Rationality analysis of the nomogram prediction model

3 讨论

在早产儿的救治过程中,使用 PICC 进行静脉营养的输注可减少反复穿刺给早产儿带来的侵入性损伤,但在应用过程中难免会增加早产儿感染发生风险^[12]。研究^[13]显示,PICC 新生儿 CRBSI 的发生率在 2%~30%。本研究的 PICC 早产儿 CRBSI 发生率为 13.9%。

目前已有学者建立小儿 ICU 患者、成人 ICU 患者、血液透析患者等高危人群 CRBSI 的预测模型,但通用的模型难以适用于所有人群。因此本研究基于早产儿一般临床资料以及导管基础防控措施建立 PICC 早产儿 CRBSI 风险预测模型,结果显示,出生体重 ≥ 1500 g、导管维护时无菌防护、无菌巾包裹接头均是早产儿 PICC 留置期间发生 CRBSI 的保护性因素(均 $OR < 1$),穿刺次数 > 2 次、导管留置时间 > 14 d、使用三通均是早产儿 PICC 留置期

间发生 CRBSI 的独立危险因素(均 $OR > 1$)。应用 R 软件绘制列线图模型并进行内外部验证。在建模集中 AUC 高达 0.953(95%CI:0.936~0.969),验证集中 AUC 为 0.930(95%CI:0.885~0.974),说明建立的模型区分度高,可以很好地区分留置 PICC 的早产儿是否并发 CRBSI。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验,显示模型拟合优度较好,实际发生概率与模型预测发生的概率相比,差异无统计学意义($P > 0.05$)。模型的临床决策曲线可以看出,相比于对所有留置 PICC 的早产儿采取干预和全部不干预,在合理的阈值区间,模型指导临床干预会有更多的早产儿获益。本次构建的列线图模型与赵宏伟等^[14]构建的多因素 logistic 回归模型相比,预测因子更加全面,呈现形式实现了可视化、可读化,便于医护人员进行个体化风险预测。

早产儿出生质量越低,机体防御机能越不完善,导致免疫力低下,抵抗病原菌感染的能力差,从而增加了致病菌定植进而发展为感染的概率^[15],本研究

结果中出生体重 $\geq 1\ 500\text{ g}$ 为 PICC 早产儿 CRBSI 的保护性因素,与苗逸群等^[16]报道一致。

多数研究已表明在置管操作中,反复多次穿刺会对皮下组织和血管造成损伤,同时延长无菌物品暴露空气时间,增加感染概率^[17]。本研究中 CRBSI 组穿刺次数 >2 次的比率较非 CRBSI 组高(36.4% VS 18.8%)。所以,护理人员置管技术的熟练程度非常关键,减少穿刺次数,可减轻患儿痛苦,降低感染风险。

早产儿皮肤黏膜保护屏障功能薄弱,导管留置时间延长会增加其对血管及其周围组织的损伤,增大病原菌入侵的概率^[18]。相关研究^[19-20]提示,细菌在导管中完全生长需要 14 d, PICC 的时间 $>14\text{ d}$ 后,随着置管时间的延长,发生 CRBSI 的风险持续增加。本研究多因素结果中导管留置时间 $>14\text{ d}$ 是发生 CRBSI 的独立危险因素,发生率是导管留置时间 $\leq 14\text{ d}$ 的 14.128 倍,在临床工作中,应引起足够重视。

导管维护是提高 PICC 护理质量的重要环节,全面细致的导管维护可以预防并发症的发生。在基础防控措施方面,本研究结果提示,导管维护时无菌防护、无菌巾包裹接头是 PICC 早产儿 CRBSI 的保护性因素,使用三通是独立危险因素(均 $P < 0.05$)。导管维护过程中严格的无菌操作可以减少穿刺口皮肤、导管接头和内腔微生物污染的可能性,从而减少导管相关感染的发生,与申玉洁等^[21]研究结果一致。本研究 CRBSI 组中使用无菌巾包裹接头的比例较非 CRBSI 组低(23.4% VS 80.8%),在美国输液护理学会 2021 版指南^[22]中指出所有类型的接头都存在微生物污染的现象,从而容易导致相关感染,所以使用无菌巾包裹连接器接头可作为辅助预防感染的措施。NICU 早产儿由于病情和治疗需要,管路通道众多,往往需要连接三通,输液附加装置的增多会增加污染风险,从而引起感染。在临床工作中,采取有效的护理措施,做好导管置入后的维护工作,具有重要的临床指导意义。

综上所述,本研究采用出生体重、穿刺次数、导管留置时间、导管维护时无菌防护、使用三通、无菌巾包裹接头六个预测因子构建个体化列线图预测模型,具有良好的区分度、校准度和临床实用性。为临床医务人员早期识别 PICC CRBSI 高危因素提供可靠的评估工具。此次研究的不足之处在于未进行多中心验证,以后应纳入多所医疗机构进行多中心研究,提高模型外推性。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Teibel H, Hood K, Manasco K, et al. Antibiotic administration prior to central venous catheter removal in neonates[J]. J Pharm Pract, 2021, 34(6): 894-900.
- [2] Ponticelli E, Clari M, Volpes M, et al. Complete blood count collected via venipuncture versus peripherally inserted central catheter in hematological patients: a comparison of 2 methods [J]. Cancer Nurs, 2022, 45(1): E36-E42.
- [3] van Tonder DJ, Keough N, van Niekerk ML, et al. The position of the common facial vein in neonates: an alternate route for central venous catheter placement[J]. Clin Anat, 2021, 34(4): 644-650.
- [4] 姜敏, 盖建芳, 张丽芬, 等. 降低新生儿经外周穿刺中心静脉置管术导管相关血流感染的分析与防范[J]. 中国药物与临床, 2020, 20(6): 1050-1052.
Jiang M, Ge JF, Zhang LF, et al. Analysis and prevention of reducing catheter-related bloodstream infection in neonates after central venous catheterization by peripheral puncture[J]. Chinese Remedies & Clinics, 2020, 20(6): 1050-1052.
- [5] Blackwood BP, Farrow KN, Kim S, et al. Peripherally inserted central catheters complicated by vascular erosion in neonates[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2016, 40(6): 890-895.
- [6] 张德双, 谢东可, 何娜, 等. 极早产儿医院内感染的病原分布及其危险因素和结局分析[J]. 中国当代儿科杂志, 2017, 19(8): 866-871.
Zhang DS, Xie DK, He N, et al. Pathogen distribution, risk factors, and outcomes of nosocomial infection in very premature infants[J]. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2017, 19(8): 866-871.
- [7] Peduzzi P, Concato J, Kemper E, et al. A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis [J]. J Clin Epidemiol, 1996, 49(12): 1373-1379.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 国家卫生健康委办公厅关于印发血管导管相关感染预防与控制指南(2021年版)的通知: 国卫办医函[2021]136号[EB/OL]. (2021-03-30)[2024-02-19]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7659/202103/dad04cf7992e472d9de1fe6847797e49.shtml>.
Medical Administration Bureau of the National Health Commission of the People's Republic of China. Notice of the General Office of the National Health Commission on issuing the guidelines for prevention and control of vascular catheter related infections (2021 edition): national health office medical letter [2021] No. 136[EB/OL]. (2021-03-30)[2024-02-19]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7659/202103/dad04cf7992e472d9de1fe6847797e49.shtml>.
- [9] 谢幸, 孔北华, 段涛. 妇产科学[M]. 9版. 北京: 人民卫生出

- 版社, 2018: 105 - 109.
- Xie X, Kong BH, Duan T. Obstetrics and gynecology[M]. 9th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018: 105 - 109.
- [10] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕. 实用新生儿学[M]. 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 573 - 578.
- Shao XM, Ye HM, Qiu XS. Practice of neonatology[M]. 5th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2019: 573 - 578.
- [11] 尚红, 王毓三, 申子瑜. 全国临床检验操作规程[M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 37 - 39.
- Shang H, Wang YS, Shen ZY. National guide to clinical laboratory procedures[M]. 4th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2015: 37 - 39.
- [12] 张莉莉, 赵立民, 唐华英, 等. 中心静脉通路装置对血管的损伤及预防的研究进展[J]. 中国实用护理杂志, 2020, 36(33): 2632 - 2636.
- Zhang LL, Zhao LM, Tang HY, et al. Research progress on damage and repair of blood vessels by central venous access devices[J]. Chinese Journal of Practical Nursing, 2020, 36(33): 2632 - 2636.
- [13] 王乐瑶, 任漪, 高翔羽. 新生儿中心静脉导管相关血流感染与导管留置时间的关系[J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34(3): 320 - 324.
- Wang LY, Ren Y, Gao XY. Relationship between central line-associated bloodstream infection and catheter dwell time in neonates[J]. Chinese Critical Care Medicine, 2022, 34(3): 320 - 324.
- [14] 赵宏伟, 周启立, 武彦秋, 等. 喂养不耐受早产儿中心静脉导管相关感染危险因素及风险预测模型[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(19): 3004 - 3008.
- Zhao HW, Zhou QL, Wu YQ, et al. Risk factors and risk prediction model for central venous catheter-associated infection in premature infants with feeding intolerance[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2023, 33(19): 3004 - 3008.
- [15] Acun C, Baker A, Brown LS, et al. Peripherally inserted central catheter migration in neonates: Incidence, timing and risk factors[J]. J Neonatal Perinatal Med, 2021, 14(3): 411 - 417.
- [16] 苗逸群, 刘明文, 赵淑良, 等. NICU 新生儿脐静脉置管血流感染风险预测模型的构建与验证[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(2): 159 - 166.
- Miao YQ, Liu WW, Zhao SL, et al. Construction and validation of risk prediction model for umbilical vein catheterization bloodstream infection in neonates in neonatal intensive care unit[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2023, 22(2): 159 - 166.
- [17] 汤艳春, 姚春梅. 神经外科重症监护病房患者发生血管内导管相关血流感染的危险因素分析[J]. 护理实践与研究, 2021, 18(13): 1920 - 1923.
- Tang YC, Yao CM. Risk factors of intravascular catheter-associated bloodstream infections in neurosurgical intensive care units patients[J]. Nursing Practice and Research, 2021, 18(13): 1920 - 1923.
- [18] Rowe MS, Arnold K, Spencer TR. Catheter securement impact on PICC-related CLABSI: a university hospital perspective[J]. Am J Infect Control, 2020, 48(12): 1497 - 1500.
- [19] Broudic M, Bodet LM, Dumont R, et al. A 1-year survey of catheter-related infections in a pediatric university hospital: a prospective study[J]. Arch Pediatr, 2020, 27(2): 79 - 86.
- [20] García H, Romano-Carro B, Miranda-Novales G, et al. Risk factors for central line-associated bloodstream infection in critically ill neonates[J]. Indian J Pediatr, 2019, 86(4): 340 - 346.
- [21] 申玉洁, 李禄全, 张先红, 等. 多学科联合质量改进项目在早产儿中心静脉导管相关性血流感染中的促进作用[J]. 解放军护理杂志, 2022, 39(4): 85 - 88.
- Shen YJ, Li LQ, Zhang XH, et al. Effect of multidisciplinary quality improvement program on central line-associated bloodstream infection in preterm infants[J]. Nursing Journal of Chinese People's Liberation Army, 2022, 39(4): 85 - 88.
- [22] Gorski LA, Hadaway L, Hagle ME, et al. Infusion therapy standards of practice, 8th edition[J]. J Infus Nurs, 2021, 44(1S Suppl 1): S1 - S224.

(本文编辑:左双燕)

本文引用格式: 豆瑛瑛, 郭永琴, 李建丽, 等. PICC 早产儿导管相关血流感染预测模型的构建与验证[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(2): 228 - 235. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20256233.

Cite this article as: DOU Yingying, GUO Yongqin, LI Jianli, et al. Construction and validation of prediction model for catheter-related bloodstream infection in preterm infants receiving PICC[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(2): 228 - 235. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20256233.