

# 极低出生体重儿 PICC 继发性异位风险预测模型的构建

付红平,王小乔,杨英英,姜翠,田苗,吴燕

**摘要:**目的 构建极低出生体重儿 PICC 继发性异位风险预测模型,为识别危险因素并实施早期针对性干预提供参考。方法 选取新生儿重症监护室置入 PICC 的 312 例极低出生体重儿为研究对象,回顾性收集其基线资料及 PICC 专项资料。采用单因素分析和 logistic 回归分析确定危险因素,创建并绘制列线图。结果 极低出生体重儿 PICC 继发性异位发生率为 18.59%。导管异位的独立危险因素包括:无创通气时间( $OR=1.022$ )、日均俯卧位通气时间( $OR=1.182$ )、PICC 相关性静脉炎( $OR=2.509$ )及置管部位( $OR=4.352$ );创建的风险预测模型曲线下面积为 0.705(95%CI:0.628~0.782)。结论 极低出生体重儿 PICC 继发性异位风险较高,构建的风险预测模型有一定的预测价值,可作为医护人员识别极低出生体重儿 PICC 继发性异位风险的工具。

**关键词:**极低出生体重儿; 经外周静脉置入中心静脉导管; 继发性异位; 静脉炎; 风险预测; 预测模型; 列线图; 儿科护理

中图分类号:R473.72 DOI:10.3870/j.issn.1001-4152.2026.05.057

## Development of a risk prediction model for secondary malposition of peripherally inserted central catheters in very low birth weight infants

Fu Hongping, Wang Xiaoqiao, Yang Yingying, Jiang Cui, Tian Miao, Wu Yan. Department of Pediatrics, Zhongnan Hospital, Wuhan University, Wuhan 430071, China

**Abstract:** **Objective** To develop a risk prediction model for secondary malposition of peripherally inserted central catheters (PICC) in very low birth weight (VLBW) infants, and to provide a reference for identifying risk factors and implementing early targeted interventions. **Methods** A total of 312 VLBW infants who had a PICC in the neonatal intensive care unit were recruited. Baseline data and PICC-specific data were retrospectively collected. Univariate and logistic regression analysis were performed to identify risk factors, then a nomogram was generated. **Results** The incidence of secondary malposition of PICC in VLBW infants was 18.59%. Risk factors for catheter malposition included: duration of non-invasive ventilation ( $OR=1.022$ ), average daily duration of prone position ventilation ( $OR=1.182$ ), PICC-related phlebitis ( $OR=2.509$ ), and insertion site ( $OR=4.352$ ). The area under the Receiver Operating Characteristic curve of the developed risk prediction model was 0.705 (95%CI:0.628-0.782). **Conclusion** VLBW infants have a relatively high risk of secondary malposition of PICC. The nomogram risk prediction model demonstrates certain predictive value and can serve as a tool for healthcare professionals to identify infants at high-risk.

**Keywords:** very low birth weight infants; peripherally inserted central venous catheters; secondary malposition; phlebitis; risk prediction; prediction model; nomogram; pediatric care

极低出生体重儿(Very Low Birth Weight Infant, VLBW)指出生体质量 $<1\ 500\text{ g}$ 的新生儿,占活产新生儿总数的 $1.2\%\sim 1.8\%$ ,占新生儿重症监护室(Neonatal Intensive Care Unit, NICU)收治患儿总数的 $12.0\%\sim 21.0\%$ <sup>[1]</sup>。随着医疗技术的进步,极早产儿的存活率已实现显著提升<sup>[2]</sup>。VLBW 各器官系统发育尚未成熟,需长期依赖静脉途径进行药物治疗和肠外营养支持。经外周静脉置入中心静脉导管(Peripherally Inserted Central Catheter, PICC)因其相对安全性高、导管稳定性好、血管损伤风险较低等优势,已成为 VLBW 重要的生命支持通路<sup>[3-4]</sup>。PICC 继发性异位是 PICC 留置期间最常见的并发症之一,根据发生时间可分为原发性异位(置管过程中发生)

和继发性异位(导管留置期间发生)<sup>[4-5]</sup>。继发性异位隐匿性高且高发,29.6%的新生儿置管后 $3\sim 7\text{ h}$ 发生导管尖端位置变化,其中 83%为向心性,移动至右心房可导致穿孔、心脏压塞等严重并发症<sup>[6-7]</sup>。PICC 继发性异位的发生受患儿肢体活动、体质量增长、机械通气以及导管维护操作不当等多种因素影响<sup>[8]</sup>。因此,持续监测导管尖端位置并实施精细化维护对于最大程度预防 VLBW 发生 PICC 继发性异位至关重要。准确识别发生 PICC 继发性异位的高危患儿是实现早期干预的关键。本研究探讨 VLBW 发生 PICC 继发性异位的危险因素,构建风险预测模型,以为 PICC 继发性异位高危因素的精准识别与早期分级干预提供参考。

### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 采用回顾性分析的方法,选取 2021 年 1 月至 2024 年 12 月于我院 NICU 住院治疗的 VLBW 为研究对象。纳入标准:①出生体质量 $<$

作者单位:武汉大学中南医院儿科(湖北 武汉,430071)

通信作者:吴燕,382198180@qq.com

付红平:女,本科,护师,149188153@qq.com

收稿:2025-09-08;修回:2025-11-29

1 500 g 的新生儿;②置管后经 X 线确认 PICC 尖端位置:下肢静脉置管的尖端位于下腔静脉 T9~T11 水平,上肢静脉置管的尖端位于上腔静脉 T4~T6 水平<sup>[9]</sup>;③血管及解剖无畸形;④导管留置期间无免疫及凝血功能障碍。排除标准:①死亡、转院等原因导致的资料不完整;②非 PICC 继发性异位导致的非计划拔管。样本量根据公式  $n = Z_{\alpha/2}^2 \times P(1 - P) / \delta^2$  进行计算,  $\alpha = 0.05$ ,  $Z_{\alpha/2} = 1.96$ ,  $\delta = 0.05$ , 参考极早产儿 PICC 继发性异位发生率 13.34%~29.60%<sup>[6,8]</sup>, 需要样本为 177~320, 最终纳入 312 例。本研究经我院伦理委员会审核(2024193K)。

**1.2 资料收集方法** 由 2 名经统一培训的研究人员从医院 HIS 系统提取患儿的基线资料, 从电子化 PICC 置管记录表中收集 PICC 专项资料。基线资料包括患儿的性别、胎龄、出生体质量、出生方式、有创通气时间、无创通气时间、日均俯卧位通气时间, 母亲是否并存基础疾病、妊娠胎数、住院时间、手术史。PICC 专项资料包括置管时日龄、是否首次置管、置管方向、置管部位、留置时间、PICC 相关并发症(静脉炎、堵管、导管相关性血流感染)。PICC 继发性异位的评价标准:置管完成后, 通过 X 线检查明确导管尖端位置。在导管留置期间, 若影像学复查显示导管尖端偏离初始解剖定位, 且排除体位异常情况后, 即可诊断为继发性异位<sup>[4]</sup>。

**1.3 统计学方法** 使用 SPSS22.0 软件进行统计分析。正态分布的定量资料采用  $(\bar{x} \pm s)$  表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 偏态分布的定量资料采用  $[M(P_{25}, P_{75})]$  表示, 组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验; 定性资料采用频数、百分率(%)表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验及 Fisher 精确概率法。采用单因素分析和 logistic 回归分析确定危险因素, 创建并绘制列线图预测模型。分别采用受试者工作特征曲线下面积(AUC)、校准曲线评价模型区分度、校准度。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

**2 结果**

**2.1 研究对象的一般资料** 2021 年 1 月至 2024 年 12 月 NICU 成功置入 PICC 692 例, 排除非 VLBW 367 例, 放弃治疗出院 11 例, 转院 2 例, 最后纳入 312 例。住院期间发生 PICC 继发性异位 58 例(18.59%)。VLBW 发生 PICC 继发性异位影响因素的单因素分析结果见表 1。

**2.2 VLBW 发生 PICC 继发性异位模型的构建** 根据单因素分析结果, 将差异有统计学意义的变量作为自变量, 以是否发生异位为因变量(未发生异位=0, 发生异位=1)进行 logistic 回归分析。结果显示无创通气时间、日均俯卧位通气时间(上述 2 个变量均以原值录入)、置管部位(下肢=0, 上肢=1)及 PICC 相关性静脉炎(否=0, 是=1)是导致 VLBW 发生 PICC 继发性异位的影响因素(均  $P < 0.05$ ), 见表 2。运用

R 语言绘制 nomogram 模型图, 见图 1。

**表 1 VLBW 发生 PICC 继发性异位的单因素分析**

项目	例数	非异位组 (n=254)	异位组 (n=58)	统计量	P
性别[例(%)]				1.860 <sup>1)</sup>	0.173
男	174	137(78.74)	37(21.26)		
女	138	117(84.78)	21(15.22)		
胎龄(d, $\bar{x} \pm s$ )		210.05±15.16	208.05±15.21	0.906 <sup>2)</sup>	0.366
出生体质量[kg, $M(P_{25}, P_{75})$ ]		1.20(0.99, 1.40)	1.17(1.01, 1.34)	1.119 <sup>3)</sup>	0.263
出生方式[例(%)]				0.012 <sup>1)</sup>	0.912
顺产	39	32(82.05)	7(17.95)		
剖宫产	273	222(81.32)	51(18.68)		
母亲并存基础疾病[例(%)]				0.481 <sup>1)</sup>	0.488
有	242	199(82.23)	43(17.77)		
无	70	55(78.57)	15(21.43)		
妊娠胎数[例(%)]				3.159 <sup>1)</sup>	0.206
单胎	221	183(82.81)	38(17.19)		
双胎	84	67(79.76)	17(20.24)		
三胎及以上	7	4(57.14)	3(42.86)		
住院时间[d, $M(P_{25}, P_{75})$ ]		55.13(35.75, 70.25)	62.09(45.75, 78.00)	2.219 <sup>3)</sup>	0.027
母亲手术史[例(%)]				0.000 <sup>1)</sup>	0.992
有	27	22(81.48)	5(18.52)		
无	285	232(81.40)	53(18.60)		
有创通气时间[d, $M(P_{25}, P_{75})$ ]		14.53(1.00, 21.00)	13.19(2.00, 18.75)	0.186 <sup>3)</sup>	0.852
无创通气时间[d, $M(P_{25}, P_{75})$ ]		29.59(18.00, 39.25)	38.33(26.00, 51.00)	3.729 <sup>3)</sup>	<0.001
日均俯卧位时间[h, $M(P_{25}, P_{75})$ ]		6.08(6.00, 8.00)	7.38(6.00, 8.00)	3.990 <sup>3)</sup>	<0.001
置管时日龄[d, $M(P_{25}, P_{75})$ ]		9.20(3.75, 11.00)	8.25(4.00, 11.00)	0.086 <sup>3)</sup>	0.932
首次置管[例(%)]				0.014 <sup>1)</sup>	0.907
是	302	246(81.46)	56(18.54)		
否	10	8(80.00)	2(20.00)		
置管侧别[例(%)]				1.767 <sup>1)</sup>	0.184
左侧	66	50(75.76)	16(24.24)		
右侧	246	204(82.93)	42(17.07)		
置管部位[例(%)]				5.101 <sup>1)</sup>	0.024
上肢	239	188(78.66)	51(21.34)		
下肢	73	66(90.41)	7(9.59)		
留置时间[d, $M(P_{25}, P_{75})$ ]		38.52(25.00, 51.00)	41.34(27.50, 52.50)	0.963 <sup>3)</sup>	0.335
PICC 相关性静脉炎[例(%)]				4.660 <sup>1)</sup>	0.031
有	60	43(71.67)	17(28.33)		
无	252	211(83.73)	41(16.27)		
导管相关性血流感染[例(%)]					1.000*
有	2	2(100.00)	0(0)		
无	310	252(81.29)	58(18.71)		
堵管[例(%)]				8.368 <sup>1)</sup>	0.014
有	9	4(44.44)	5(55.56)		
无	303	250(82.51)	53(17.49)		

注: 1) 为  $\chi^2$  值, 2) 为 *t* 值, 3) 为 Z 值。\* 为 Fisher 精确概率法。

**表 2 VLBW 发生 PICC 继发性异位的回归分析(n=312)**

项目	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
常数	-4.710	0.723	42.495	0.000		
无创通气时间	0.022	0.009	5.296	0.021	1.022	1.003~1.041
日均俯卧位通气时间	0.168	0.067	6.307	0.012	1.182	1.037~1.348
PICC 相关性静脉炎	0.920	0.390	5.562	0.018	2.509	1.168~5.389
置管部位	1.471	0.475	9.577	0.002	4.352	1.715~11.045

**2.3 VLBW 发生 PICC 继发性异位模型的验证与评价** 运用 R 软件(版本 4.4.1)分别从 ROC 曲线下面积、校准度对预测模型进行验证及评价。ROC 曲线下面积为 0.705(95%CI:0.628~0.782),最佳截点为 0.200,特异度为 0.689,敏感度为 0.621。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果得出  $\chi^2=12.391$ ,  $P=0.135$ 。校准曲线接近理想预测曲线。

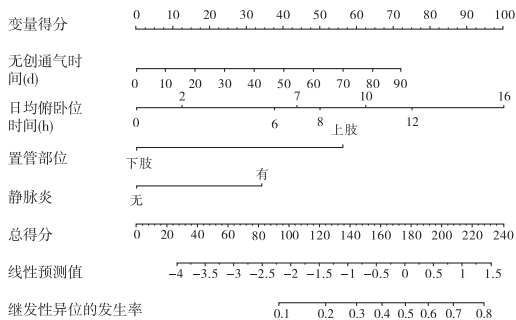


图 1 VLBW 发生 PICC 继发性异位的风险预测列线图

### 3 讨论

**3.1 VLBW 发生 PICC 继发性异位风险高** 早产儿体质量和身长增长过程中,受血流动力学改变及导管位置变化影响,PICC 尖端位置会发生不同程度位移<sup>[10]</sup>。VLBW 导管尖端频繁位移可能会导致导管功能障碍、感染风险增加,进而引发心律失常、心包积液等严重并发症<sup>[11]</sup>。本研究中 VLBW 发生 PICC 继发性异位率为 18.59%,与方晓玲等<sup>[12]</sup>的研究数据相近;出现尖端继发性异位的胎龄中位数为 208.05 d,与 Liang 等<sup>[8]</sup>研究结果类似。早产儿的生长发育速度及肢体活动会增加导管继发性异位的风险,VLBW 快速生长,可能改变导管尖端与血管壁的相对位置<sup>[13]</sup>;置管静脉侧肢体的频繁活动和不同的姿势也可能增加导管继发性异位的风险<sup>[6]</sup>。

#### 3.2 VLBW 发生 PICC 继发性异位的风险因素分析

**3.2.1 无创通气时间** VLBW 因呼吸系统解剖及功能的不成熟性,出生后常需依赖有创机械通气支持。无创通气常作为有创机械通气支持拔管后的过渡性治疗<sup>[14]</sup>。无创通气时间的延长,尤其是长时间的持续气道正压通气可能通过增加胃肠道残余气体蓄积引发腹胀,继而导致膈肌上抬及胸腔内压升高<sup>[15]</sup>。这种病理生理改变与体位限制产生的重力效应及组织牵拉作用形成协同效应,显著增加 PICC 导管尖端向近心端位移的风险<sup>[16-17]</sup>。基于 VLBW 的特殊生理特征,建议无创通气期间实施个体化导管管理策略:通过半卧位或侧卧位优化体位布局,制订分级活动约束方案,并规范医疗操作流程(如穿刺部位加压固定),以降低导管继发性异位发生率。

**3.2.2 日均俯卧位通气时间** 现有研究证实,体位改变可通过重力作用及胸腔腔压力变化影响导管尖端位置稳定性<sup>[18-19]</sup>。本研究进一步发现,在安静俯卧位状态下,导管位置可维持稳定,但当俯卧位期间进

行冲封管操作和快进泵速时,导管继发性异位的发生率显著增高。长时间俯卧位通气可改善肺通气/血流比例、减少呼吸暂停的发生<sup>[20]</sup>,但会增加导管继发性异位的风险:①导管固定不牢或维护不当时,重力作用导致导管尖端向近心端漂移;②非病理因素引发的置管侧肢体频繁活动及躁动可改变胸腹腔压力梯度<sup>[17]</sup>,日均俯卧位时间的延长进一步放大此效应。因此,建议临床采取分级干预策略:强化导管固定及维护技术,实施俯卧位通气期间肢体约束,定期超声定位评估导管位置,并根据继发性异位风险动态调整通气模式与体位转换频率。

**3.2.3 置管部位** 本研究结果显示,上肢置管时 VLBW 发生 PICC 继发性异位率显著高于下肢置管,与有关研究结论<sup>[3,18]</sup>一致。本研究中下肢置管率低于上肢,下肢主要置管静脉为大隐静脉,上肢主要置管静脉为贵要静脉,这可能与临床选择置管部位倾向于操作便利性而非风险规避<sup>[21]</sup>。上肢关节活动角度大于下肢,肢体姿势变化易引起导管尖端位置变动;高频率、高幅度的肩内收、肘屈曲等运动会导致导管向心性位移,反复摩擦血管内膜,导致导管继发性异位,甚至诱发心包积液等严重并发症<sup>[7,22]</sup>。有研究显示,下肢静脉 PICC 一次性穿刺成功率显著高于上肢,且下肢置管相关并发症平均出现时间低于上肢<sup>[23]</sup>。建议临床对 VLBW 优选下肢置管策略,操作中联合应用腔内心电图定位及超声引导技术<sup>[24]</sup>,置管后动态监测导管尖端位置,避免置管侧肢体过度运动;必要时可通过变换体位和手法复位来纠正导管继发性异位。

**3.2.4 PICC 相关性静脉炎** 本研究显示,发生 PICC 相关性静脉炎的 VLBW,其导管继发性异位发生率达 28.33%,显著高于无 PICC 相关性静脉炎组。分析原因:PICC 相关性静脉炎可引发局部疼痛,促使患儿增加肢体活动,进而加剧导管与血管壁的摩擦<sup>[25]</sup>。静脉炎导致的局部炎症反应促使血管内皮细胞释放炎性因子,引发静脉壁水肿,削弱对导管的包裹作用,使导管在肢体活动时更易发生相对滑动<sup>[26]</sup>。若局部皮肤出现严重红肿,可能破坏导管固定装置的稳定性,加之肢体活动幅度加剧,可直接诱发 PICC 继发性异位。因此,建议对存在静脉炎风险的患儿预防性使用水胶体敷料,其黏附性及吸渗性可有效固定导管并减少皮肤刺激,从而降低摩擦相关并发症的发生率。

#### 3.3 VLBW 发生 PICC 继发性异位预测模型有较好效能

本研究构建的风险预测模型展现出了良好的区分能力、校准精确性。ROC 曲线下面积为 0.705,表明模型具有较好的区分能力,预测效能较好。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验  $\chi^2=12.391$ ,  $P=0.135$ ,校准曲线接近理想预测曲线,表明该模型的预测概率与实际发生概率具有一致性。

### 4 结论

本研究采用回顾性分析方法,构建的针对 VLBW

BW 发生 PICC 继发性异位风险的预测模型,在区分能力和校准精确度方面均表现出了良好的性能。临床医护人员可以运用该模型对住院期间的 VLBW 发生 PICC 继发性异位的风险进行评估与关注,尽早干预。本研究存在以下局限性:单中心回顾性分析,结论需多中心大样本研究验证;缺乏外部验证;未系统校正操作经验、病情变化等混杂因素。未来研究需扩大样本量并进行外部验证,以提升结论的可靠性。

### 参考文献:

- [1] Ohuma E O, Moller A B, Bradley E, et al. National, regional, and global estimates of preterm birth in 2020, with trends from 2010: a systematic analysis[J]. *Lancet*, 2023, 402(10409):1261-1271.
- [2] Backes C H, Rivera B K, Pavlek L, et al. Proactive neonatal treatment at 22 weeks of gestation: a systematic review and meta-analysis [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2021, 224(2):158-174.
- [3] 中国医师协会新生儿科医师分会循证专业委员会. 新生儿经外周置入中心静脉导管操作及管理指南(2021) [J]. *中国当代儿科杂志*, 2021, 23(3):201-212.
- [4] Nickel B, Gorski L, Kleidon T, et al. Infusion therapy standards of practice, 9th edition [J]. *J Infus Nurs*, 2024, 47(1S Suppl 1):S1-S285.
- [5] 中华护理学会静脉输液治疗专业委员会. 静脉导管常见并发症临床护理实践指南 [J]. *中华现代护理杂志*, 2022, 28(18):2381-2395.
- [6] Diewo D, Mawson J, Shivananda S. Reducing peripherally inserted central catheter tip migration in neonates: a proactive approach to detection and repositioning [J]. *J Clin Med*, 2025, 14(6):1875.
- [7] 胡艳玲,唐孟言,李小文,等. 新生儿 PICC 导管异位影响因素及预防措施的研究进展 [J]. *护理学杂志*, 2020, 35(22):105-108.
- [8] Liang C, Liu J, Tang Y, et al. Risk factors for peripherally inserted central catheter malposition in preterm infants: a multicenter retrospective study [J]. *Front Pediatr*, 2025, 13:1534799.
- [9] 谢晨鹏,舒琳,郭曼洁,等. 新生儿经外周静脉置入中心静脉导管超声引导置管及尖端定位的最佳证据总结 [J]. *中华现代护理杂志*, 2025, 31(17):2262-2269.
- [10] Tao X, Zhang X, Wang J, et al. The relationship between the PICC tip position and weight gain, length growth of premature infants under ultrasonography: a correlation analysis study [J]. *Front Med*, 2023, 10:1200033.
- [11] Timsit J F, Rupp M, Bouza E, et al. A state of the art review on optimal practices to prevent, recognize, and manage complications associated with intravascular devices in the critically ill [J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(6):742-759.
- [12] 方晓玲,陈君,宋霞梅,等. 极低出生体重儿生长与 PICC 尖端位置改变的相关性研究 [J]. *护理学杂志*, 2021, 36(24):13-16.
- [13] Zhang M, Yang W, Yan L, et al. The correlation between weight gain and PICC tip shift in the very low birth weight infants [J]. *Transl Pediatr*, 2020, 9(5):596-602.
- [14] Elgin T G, Berger J N, Thomas B A, et al. Ventilator management in extremely preterm infants [J]. *Neoreviews*, 2022, 23(10):e661-e676.
- [15] 《中华儿科杂志》编辑委员会,中华医学会儿科学分会新生儿学组. 新生儿机械通气常规 [J]. *中华儿科杂志*, 2015, 53(5):327-330.
- [16] Lemyre B, Deguise M O, Benson P, et al. Early nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus early nasal continuous positive airway pressure (NC-PAP) for preterm infants [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 7(7):CD005384.
- [17] Dassios T, Vervenioti A, Dimitriou G. Respiratory muscle function in the newborn: a narrative review [J]. *Pediatr Res*, 2022, 91(4):795-803.
- [18] Chen H, Zhang X, Wang H, et al. Complications of upper extremity versus lower extremity placed peripherally inserted central catheters in neonatal intensive care units: a meta-analysis [J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2020, 56:102753.
- [19] Liu C, Jiang D, Jin T, et al. Impact of body posture change on peripherally inserted central catheter tip position in Chinese cancer patients [J]. *J Vasc Access*, 2020, 21(5):732-737.
- [20] Guérin C, Albert R K, Beitler J, et al. Prone position in ARDS patients: why, when, how and for whom [J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(12):2385-2396.
- [21] Yang L, Wang Y, Luo S, et al. Comparative analysis of indwelling time and complications of midline catheters in different punctured veins of neonates [J]. *Front Pediatr*, 2025, 13:1577791.
- [22] Mondal R, Nandy A, Datta D, et al. Newborn joint mechanics [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2022, 35(25):7259-7266.
- [23] Gavelli V, Wackernagel D. Peripherally inserted central catheters in extremely preterm infants: placement success rates and complications [J]. *Acta Paediatr*, 2022, 111(3):554-556.
- [24] Grasso F, Capasso A, Pacella D, et al. Ultrasound guided catheter tip location in neonates: a prospective cohort study [J]. *J Pediatr*, 2022, 244:86-91.
- [25] Torné-Ruiz A, Sanromà-Ortiz M, Corral-Nuñez A, et al. Management from a multidisciplinary perspective of phlebitis related to peripheral venous catheter insertion: an international Delphi study [J]. *Nurs Open*, 2024, 11(7):e2229.
- [26] Wang Y, Lin S, Jiang P, et al. Focal adhesion kinase inhibitor inhibits the oxidative damage induced by central venous catheter via abolishing focal adhesion kinase-protein kinase B pathway activation [J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021:6685493.