

不同定位方法在儿童经外周静脉置入中心静脉导管中的精准度对比研究

司元,史雯嘉,严鹏,蔡晓茜,陈蕾,孔珊珊,余晓芳

(华中科技大学同济医学院附属协和医院 小儿外科,湖北 武汉 430000)

【摘要】 目的 比较心脏微气泡试验联合超声定位与腔内心电图定位在儿童经外周静脉置入中心静脉导管(peripherally inserted central catheter,PICC)尖端定位中的临床效果,明确微气泡技术的应用优势。**方法** 采用前瞻性随机对照研究,纳入 2023 年 8 月至 2024 年 10 月某三级甲等医院小儿外科收治的 152 例 PICC 置管患儿为研究对象,采用随机数字表法将其分为试验组(微气泡联合超声实时定位)与对照组(腔内心电图定位),每组各 76 例。比较两组患儿定位成功率、导管尖端准确率、操作时间、并发症发生率及医疗成本。**结果** 试验组在定位成功率、尖端准确率、操作效率、置管成本、家属满意度等方面均优于对照组,而机械性静脉炎、导管相关血栓、血流感染发生率以及 2 次摄片率方面均低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。**结论** 心脏微气泡联合超声定位技术通过动态可视化监测可提升 PICC 导管定位精度,在提高操作安全性和降低并发症方面优势显著,尤其适用于需规避放射暴露的儿童群体,具有重要临床应用价值。

【关键词】 心脏微气泡;超声定位;儿童;经外周静脉置入中心静脉导管;腔内心电图;导管尖端定位

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2025.06.008

【中图分类号】 R473.72 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2025)06-0032-04

A Comparative Study on the Accuracy of Different Positioning Methods in Pediatric Peripherally Inserted Central Catheters Placement

SI Yuan,SHI Wenjia,YAN Peng,CAI Xiaohan,CHEN Lei,KONG Shanshan,YU Xiaofang(Pediatric Surgery Department,Union Hospital,Tongji Medical College,Huazhong University of Science and Technology,Wuhan 430000,Hubei Province,China)

Corresponding Author: SHI Wenjia, Tel:027-85350758

【Abstract】 Objective To compare the clinical efficacy of real-time micro-bubble-enhanced ultrasound guidance versus intracavitary electrocardiogram (IC-ECG) for peripherally inserted central catheter (PICC) tip positioning in children, and to clarify the technical advantages of micro-bubble-enhanced localization. **Methods** A prospective randomized controlled study was conducted among 152 pediatric patients undergoing PICC placement in the Pediatric Surgery Department of a tertiary A hospital from August 2023 to October 2024. Participants were randomly assigned to the experimental group (micro-bubble-ultrasound guidance) or control group (IC-ECG guidance) with 76 patients in each group. Primary outcomes included positioning success rate, tip accuracy, procedure duration, complication rates, and medical costs were compared. **Results** The experimental group showed significantly superior positioning success rate, tip accuracy, and procedural efficiency, with markedly reduced incidences of mechanical phlebitis, catheter-related thrombosis, bloodstream infection and second time shooting rate. All differences were statistically significant (all $P<0.05$). **Conclusions** Micro-bubble-enhanced ultrasound guidance improves catheter positioning accuracy through dynamic visual monitoring, demonstrating significant advantages in procedural safety and complication reduction. This radiation-free technique is particularly valuable for pediatric populations requiring avoidance of radiation exposure, highlighting its critical clinical applicability.

【Key words】 cardiac micro-bubble; ultrasound guidance; child; peripherally inserted central catheter; intracavitary electrocardiogram; catheter tip positioning

[Mil Nurs, 2025, 42(06): 32-35]

经外周静脉置入中心静脉导管(peripherally inserted central catheter,PICC)因尖端位置偏差易引发严重并发症,如静脉炎、血栓、导管堵塞甚至心律失常等^[1],因此实现导管尖端精准定位是临床实践中的关键环节。国际指南推荐将导管尖端定位至腔心交界处(ca-valatrial junction,CAJ)以获得最佳临床效果^[2]。传

统定位“金标准”X线摄片存在辐射暴露与时效性缺陷,无创腔内心电图(intracavitary electrocardiography,IC-ECG)定位技术虽能实时监测P波变化,其临床效能仍有局限^[3]。2021版《儿童静脉输液治疗临床实践指南》提出,床旁超声作为新型定位手段,可实时、直观显示导管与心血管结构的时空关系^[4]。国外学者^[5-6]进一步提出心脏微气泡试验联合超声探查的优化方案。目前,国内外对2种定位技术在儿童PICC尖端定位中的效能对比研究尚存空白,本研究系统对比2种定位技术,重

【收稿日期】 2025-02-14 **【修回日期】** 2025-04-20

【作者简介】 司元,本科,主管护师,电话:027-85350752

【通信作者】 史雯嘉,电话:027-85350758

点探讨超声引导下微气泡试验在导管动态调整中的精准定位优势,为优化置管提供新证据。

1 对象与方法

1.1 研究对象 根据 G-Power 软件计算样本量,采用双侧检验设中等效应量 $d=0.5$ 、检验效能 $1-\beta=0.8$ 及显著性水平 $\alpha=0.05$,得出每组需 64 例样本(总 128 例)。选取 2023 年 8 月至 2024 年 10 月某三级甲等医院小儿外科需行 PICC 置入术的 152 例患儿,采用“随机数字生成器 1.5”将其分配至试验组(心脏微气泡定位法)或对照组(IC-ECG 定位法),每组 76 例。两组患儿在性别、年龄、体质量、置管手臂、置管部位及置管方式等方面的差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),见表 1。本研究经医院伦理委员会批准,编号为[2023]伦审字(0994-01)号。纳入标准:(1)需 PICC 置管治疗;(2)家属签署知情同意书;(3)无心电图异常及心脏病史;(4)年龄 ≤ 6 岁;(5)上肢置管。排除标准:(1)存在 PICC 禁忌证/凝血异常;(2)早产儿/异常体重足月儿。剔除标准:中途退出或资料不全者。

表 1 两组患儿一般资料比较

项 目	对照组 ($n=76$)	试验组 ($n=76$)	χ^2 或 Z	P
性别[$n(\%)$]			0.106	0.745
男	41(53.9)	39(51.3)		
女	35(46.1)	37(48.7)		
置管手臂[$n(\%)$]			0.132	0.717
左	22(28.9)	20(26.3)		
右	54(571.1)	56(73.7)		
置管部位[$n(\%)$]			0.120	0.989
头静脉	5(6.6)	4(5.3)		
贵要静脉	60(78.9)	61(80.3)		
肘正中静脉	6(7.9)	6(7.9)		
肱静脉	5(6.6)	5(6.6)		
置管方式			0.043	0.836
盲穿法	15(19.7)	14(18.4)		
超声引导穿刺	61(80.3)	62(81.6)		
月龄	17.50	23.00	-0.600	0.549
[月, $M(P_{25}, P_{75})$]	(3.50, 31.75)	(1.00, 29.75)		
体质量	9.50	10.50	-0.042	0.966
[m/kg, $M(P_{25}, P_{75})$]	(4.40, 13.98)	(3.73, 12.50)		

1.2 方法

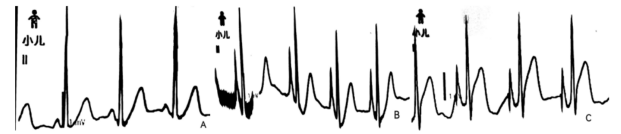
1.2.1 2 组共性操作 2 名具有 PICC 置管资质的主管护师进行置管,1 人主导置管,1 人辅助操作。2 名护士均为本科以上学历、有 5 年以上置管经验及腔内心电定位经验,单人累计置管量 >500 例。患儿取平卧位,置管室投放动画片转移患儿注意力,由助手协助患儿配合置管,按国家卫生行业标准《静脉治疗护理技术操作规范》中有关经外周静脉置入中心静脉导管穿刺的步骤进行操作。置管后,2 组患儿均采用标准体位(可配合站立患儿取站立位,双手自然垂下;不配合患儿取平卧位,双臂置于身体两侧)行 X 线摄

片确认导管尖端位置。置管护士完整记录患儿置管肢体、穿刺静脉、导管置入长度等基线资料。

1.2.2 仪器及试剂 PICC 穿刺套件(佛山特种医用导管有限公司)、Mindray 监护仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司)、Wisonic-Clover60 超声机(深圳华声医疗技术股份有限公司)含高频线阵探头(试验组增加相控阵探头),电极片 3 个,生理盐水 50 mL,对照组增加肝素帽及连接转换器(双头鳄鱼嘴夹导联线)。

1.2.3 操作原理及操作方法

1.2.3.1 对照组 基于导丝的导电性,以生理盐水为介质建立腔内心电传导路径。(1)记录置管前 II 导联正常 P 波(图 1),置入 PICC 至预设长度后,使用线阵探头排除颈内静脉异位;(2)将注射器针头插入 PICC 末端的肝素帽中,连接转换器一端连接外露针梗,一端连接监护仪 RA 接口,持续注入生理盐水实现体表-腔内电信号转换;(3)当尖端位于外周血管时 P 波形态无改变;进入上腔静脉后 P 波振幅显著增高;达 CAJ 时 P 波达正向峰值(图 1);继续送入出现 P 波回落或倒置(图 1)提示进入右心房,需回撤至 P 波峰值位固定导管^[7]。



A 为正常 P 波;B 为 P 波峰值;C 为 P 波倒置

图 1 PICC 置管过程中腔内心电图的动态变化

1.2.3.2 试验组 针对胸骨/肋骨遮挡导致上腔静脉中上段显影受限及导管血流漂浮问题,采用“剑突下超声显影+微气泡试验”复合定位法^[5-6]。(1)置管至预设长度后,经剑突下切面实时监测,若上腔静脉中下段未显示导管带状高亮影(超声显像中 PICC 导管呈点状/带状高回声,图 2A),立即调整导管位置;(2)缓慢回撤导管至尖端高回声影刚退出右心房显影区;(3)微气泡验证:经导管快速推注 2~5 mL 生理盐水,右心房 1 s 内出现短暂微气泡影(图 2B)且冲管停止后即刻消散为定位成功;若气泡大量涌入右心室,提示导管过深需回撤 1~2 cm 后重复验证^[5-6]。

1.2.4 观察指标及评价标准

1.2.4.1 定位效果评价 (1)对照组:定位成功指获特征性 P 波变化,失败标准为经 3~5 次调整仍未引出典型 P 波改变。(2)试验组:定位成功需同时满足上腔静脉/右心房内可见导管高回声影和快速推注生理盐水后 1 s 内右心房出现瞬时微气泡;失败标准为经 3~5 次调整后仍无导管显影或未在规定时间内出现微气泡反应。

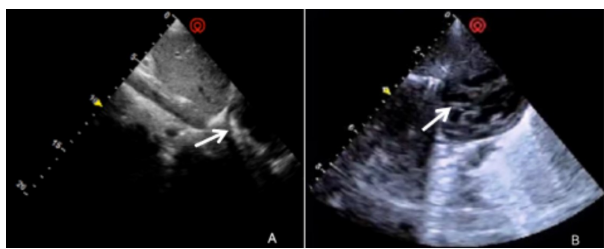


图 A 白色箭头指位于右心房内的导管尖端;
图 B 白色箭头指右心房内出现的微小气泡影的聚集状态

图 2 心脏超声机心脏微气泡技术辅助 PICC 导管尖端定位

1.2.4.2 操作效率与安全性指标 (1)平均置管时间:计时起点为穿刺消毒开始,终点为导管固定完成;(2)置管中出血量:采用纱布称重法,使用 0.1 g 高精度厨房电子秤。出血量=血纱布重量-纱布本身重量,精确至 0.1 g,按 0.1 g 约为 0.1mL 计算,统计范围为消毒开始至导管固定全过程。

1.2.4.3 导管尖端定位精度 基于术后 X 线片评估导管尖端定位精度。(1)精准定位:导管尖端位于气管隆突下方 2 个椎体范围内(CAJ 区域,见图 3);(2)过浅:尖端高于隆突下 2 椎体上缘;(3)过深:尖端低于隆突下 2 椎体下缘;(4)异位:尖端未进入上腔静脉。影像学标准参照美国静脉输液护理学会(Infusion Nursing Society, INS)输液治疗实践标准^[8], CAJ 区域为最佳留置位置。图中白色线条箭头指 PICC 导管显影,黑色线条指气管隆突,两灰色横线间区域指 CAJ 区域。

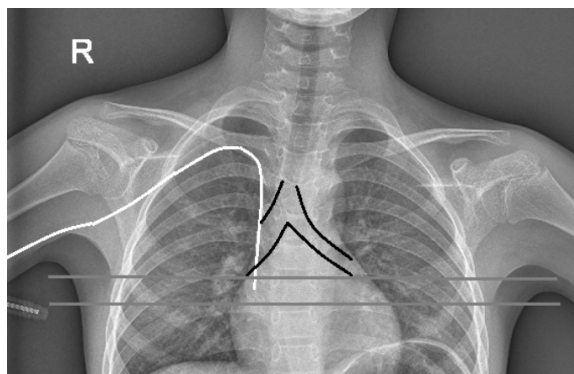


图 3 导管尖端 X 线摄片定位

1.2.4.4 并发症监测 观察周期为置管日至拔管当日,记录导管异位、机械性静脉炎(48 h 内发生)、血栓、局部感染、导管相关血流感染(catheter related blood stream infection, CRBSI)及导管堵塞等并发症。(1)导管异位:X 线显示导管尖端未进入上腔静脉(排除经上腔静脉进入心腔者);(2)机械性静脉炎:参照 INS 2024 版标准^[2],表现为沿静脉红肿、疼痛、硬结或条索状隆起;(3)血栓:参照 INS 2024 标准^[2],除无症状血栓外,结合穿刺区突发肿胀及超声

阳性发现;(4)局部感染:穿刺点红肿、疼痛、硬结或异常分泌物^[9];(5)CRBSI:导管留置期间或拔管后 48 h 内菌血症伴发热($\geq 38^{\circ}\text{C}$)/寒战/低血压等表现^[10]。

1.2.4.5 综合效益评估 (1)置管成本:含穿刺耗材+腔内心电图/心脏超声费用(不含 X 线定位费用);(2)满意度评价:采用自制问卷(家属满意度评价表)评估 5 个维度(置管效率、安全性、精准性、成本效益、总体评价),均为 Likert 5 级评分,从“极不满意”至“非常满意”分别计 1~5 分,总分 100 分,得分越高说明满意度越高。以问卷星平台双盲收集数据(本研究问卷回收率为 100%);(3)2 次摄片:首次 X 线显示异位需调整导管者。

1.2.5 质量控制 (1)标准化操作:统一使用同一厂家的 PICC 导管、Mindray 监护仪及 Wisonic-Clover60 超声机;(2)多学科团队:由小儿外科护士(经静脉治疗护理技术操作规范培训)、放射科及心超科医师(儿童专科工作年限 ≥ 5 年)组成;(3)双盲判定:由 2 名放射科医师和 2 名置管护士根据标准体位拍摄的 X 线片联合判断导管尖端是否达 CAJ 位置。

1.2.6 统计学处理 采用 SPSS 27.0 统计软件进行统计分析,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,运用独立样本 t 检验;偏态分布计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,运用 Mann-Whitney U 检验;计数资料以频数和率描述,运用 χ^2 检验/Fisher 精确检验,以 $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患儿置管术中情况 试验组较对照组定位成功率高,置管时间缩短,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 2。

2.2 两组患儿置管后导管尖端分布情况的比较 试验组导管异位率、尖端过浅及过深发生率均低于对照组,尖端精准率高于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 2。

2.3 两组患儿并发症发生情况 试验组患者机械性静脉炎、血栓及导管相关血流感染低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 2。

2.4 两组导管置管成本、家属满意度评分及 2 次摄片率 试验组置管成本、家属满意度均高于对照组,2 次摄片率低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 2。

3 讨论

3.1 心脏微气泡试验定位法可提高定位成功率并缩短平均置管时间 本研究显示,试验组定位成功率高于对照组,且导管异位率与平均置管时间均低

于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。该技术通过超声实时可视化导管尖端与心血管结构的
空间关系,动态规避异位风险,与多项研究^[5-6]结论
一致。对照组 IC-ECG 技术虽能通过 P 波特征变化
进行间接定位,但存在三方面的局限性,即患儿哭闹
致心电图干扰^[11]、儿童上腔静脉较短致 P 波识别区狭
窄^[3]、生理盐水推注力度差异致心电图波形不稳定
且耗时较长^[11],从而导致 12 例定位失败且发生 8 例
导管异位,经采用 45°半卧位联合脉冲式生理盐水推
注重新调整导管^[3],再次行 X 线摄片定位显示调整
到位;这也间接导致对照组平均置管时间长于试验
组($P<0.05$)。

表 2 两组患儿 PICC 相关情况的比较

项 目	对照组 (<i>n</i> = 76)	试验组 (<i>n</i> = 76)	χ^2 或 <i>t</i>	<i>P</i>
定位成功[<i>n</i> (%)]			1.458	0.024
是	64(84.2)	76(100.0)		
否	12(15.8)	0(0.0)		
置管时间(<i>t</i> /min, $\bar{x}\pm s$)	41.04±5.28	38.00±3.04	4.348	<0.001
导管异位[<i>n</i> (%)]	8(10.5)	0(0.0)	8.444	0.002
尖端精准[<i>n</i> (%)]	47(61.8)	75(98.7)	32.560	<0.001
尖端过浅[<i>n</i> (%)]	12(15.8)	1(1.3)	10.178	0.001
尖端过深[<i>n</i> (%)]	9(11.8)	0(0.0)	7.435	0.002
并发症[<i>n</i> (%)]				
机械性静脉炎	10(13.2)	1(1.3)	4.957	0.005
血栓	7(9.2)	1(1.3)	2.590	0.030
导管相关性血流感染	4(5.3)	0(0.0)	4.108	0.043
置管成本(元, $\bar{x}\pm s$)	960.73±23.07	994.68±19.75	-9.746	<0.001
家属满意度(分, $\bar{x}\pm s$)	98.89±2.34	99.93±0.36	3.826	<0.001
2 次摄片率[<i>n</i> (%)]	8(10.5)	0(0.0)	8.444	0.002

3.2 心脏微气泡试验定位法可精准引导导管尖端
放置在 CAJ 处 本研究显示,试验组导管尖端精准
率高于对照组,且导管尖端过浅与过深发生率均低
于对照组(均 $P<0.05$),其通过超声可视化监测结
合微气泡显影时间差技术实现动态定位优势,与研
究^[5]报道一致;对照组因依赖 P 波形态间接定位,受
限于儿童解剖特征及峰值识别困难^[3],精准率较低,
此结果与研究^[7]发现的 IC-ECG 定位盲区一致。

3.3 心脏微气泡试验定位法可降低相关并发症发
生率 本研究显示,试验组机械性静脉炎、血栓及导
管相关血流感染发生率更低($P<0.05$)。对照组因
IC-ECG 技术需反复调整导管导致血管内膜持续性
损伤;加之,导管尖端未达 CAJ、置管时间延长增加
血管内皮刺激频率等致使血栓风险增加^[12-13]。试
验组局部感染及导管堵塞发生率虽低于对照组,但差
异无统计学意义($P>0.05$),可能与无菌操作规
范^[13]、药物配伍因素^[14]等相关。

3.4 心脏微气泡试验定位法的临床成本-效益分析
试验组虽增加超声成本,但综合效益显著,分析其
原因,可能与以下因素相关:(1)儿童群体特殊性使

家属更关注首次置管成功率,且单次成本仅增 3.5%
(33.95 元)属于家属可接受范围内;(2)减少辐射暴
露符合家属安全诉求;(3)尖端精准率提高可降低并
发症发生率,故家属的满意度较高。

4 小结

心脏微气泡试验联合超声定位法在儿童 PICC
导管尖端定位中展现出多维临床优势:基于无创超
声原理,可规避辐射暴露风险,实现动态可视化导管
定位;通过实时微气泡的显影定位,可缩短平均置管
时间;导管尖端精准率高,并可通过超声动态可视化
技术规避异位;可降低机械性静脉炎、血栓及 CRBSI
发生率等。但本研究存在一定局限性:心脏微气泡
试验联合超声定位法需操作者具备心脏超声影像解
读能力,对严重心脏畸形患者的定位准确性尚未验
证;未来需进行多中心研究以评估其普适性。

【参考文献】

[1] 刘学秀,吴利平,陶晓军,等.125 所医院儿童 PICC 尖端超声定位
现状调查[J].护理学杂志,2022,37(10):48-50.

[2] 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.

[3] 王龙君,王丹,方艳艳,等.超声与腔内心电图引导 44 例危重症患者
PICC 尖端定位的护理[J].中华护理杂志,2021,56(9):1380-1382.

[4] 儿童静脉输液治疗临床实践循证指南工作组.儿童静脉输液治
疗临床实践循证指南[J].中国循证儿科杂志,2021,16(1):1-42.

[5] ZITO MARINOSCI G,BIASUCCI D G,BARONE G,et al.ECHOTIP-
Ped:a structured protocol for ultrasound-based tip navigation
and tip location during placement of central venous access de-
vices in pediatric patients[J].J Vasc Access,2023,24(1):5-13.

[6] BARONE G,PITTIRUTI M,BIASUCCI D G,et al.Neo-
ECHOTIP:a structured protocol for ultrasound-based tip navi-
gation and tip location during placement of central venous access
devices in neonates[J].J Vasc Access,2022,23(5):679-688.

[7] 周青,江智霞,代永娅,等.特征性 P 波在腔内心电图引导 PICC 尖
端定位中的应用研究进展[J].护理研究,2020,34(4):641-646.

[8] GORSKI L A,HADAWAY L,HAGLE M E,et al.Infusion ther-
apy standards of practice,8th Edition[J].J Infus Nurs,2021,44
(Suppl 1):S1-S224.

[9] 陈泽方,莫霖,沈雨晴,等.不同敷料用于 PICC 穿刺点感染防治
的网状 Meta 分析[J].护士进修杂志,2024,39(2):181-187.

[10] 李蕊,王晶,王佳琦,等.极/超低出生体质量儿经外周静脉置入
中心静脉导管相关并发症及影响因素分析[J].解放军护理杂志,
2020,37(4):51-54.

[11] 周琴,喻萼.儿童 B 超联合腔内心电定位技术引导下 PICC 置入
的应用[J].当代护士:下旬刊,2021,28(2):121-123.

[12] 黄培培,钦晓英,朱薇,等.PICC 相关性血栓风险评估工具的范
围综述[J].护理学杂志,2023,38(11):113-116.

[13] 方运霞,刘佳惠,林琴,等.新生儿 PICC 相关性血栓预防与管理
的证据总结[J].中国护理管理,2024,24(3):418-424.

[14] 田水清,周炜,杨黎婷,等.重症婴幼儿颈内静脉置入 PICC 的护
理[J].护理学杂志,2022,37(8):37-38,50.

(本文编辑:郁晓路)