

成人经外周中心静脉导管尖端定位技术的研究进展

何文惠¹, 罗娜¹, 余有珍¹, 马晓丽², 马敏杰²

摘要: 经外周静脉置入中心静脉导管尖端精确定位是当前 PICC 尖端定位领域的常用技术, 对于优化药物输送和减少并发症至关重要。本文就 PICC 尖端定位技术在影像学、超声引导、腔内心电图、电磁导航以及深度学习模型等领域的应用优势、局限性以及适用条件进行综述, 旨在为临床实践提供参考。

关键词: 经外周静脉置入中心静脉导管; 尖端定位; 超声定位; 腔内心电图定位; 电磁导航定位; 深度学习; 综述文献
中图分类号: R472 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2025.07.125

Research progress on the tip positioning techniques for peripheral insertion of central venous catheters in adults

He Wenhui, Luo Na, Yu Youzhen, Ma Xiaoli, Ma Minjie. School of Nursing, Gansu University of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China

Abstract: Accurate positioning of the tip of a central venous catheter (CVC) inserted via the peripheral vein is a commonly used technique in the field of peripherally inserted central catheters (PICC). This practice is crucial for optimizing drug delivery and reducing complications. This article provides a review of the applications, advantages, limitations, and appropriate conditions of PICC tip positioning techniques in fields such as imaging, ultrasound guidance, intracavitary electrocardiography, electromagnetic navigation, and deep learning models, aiming to offer insights for clinical practice.

Keywords: peripherally inserted central catheters; tip positioning; ultrasonic positioning; intracavitary electrocardiogram; electromagnetic navigation; deep learning; literature review

经外周静脉置入中心静脉导管(Peripherally Inserted Central Catheter, PICC)是一种通过上肢静脉(如贵要静脉、肘正中静脉等)穿刺进入中心静脉的导管^[1], 因其操作简便、对血管损伤较少的优势有利于减少穿刺次数可适用于临床长期留置, 已广泛应用于肠外营养、化疗药物输注、静脉输液和血流动力学监测等多个临床领域^[2-3]。研究表明, 导管尖端的位置是影响导管使用效果、持续时间和并发症发生率的关键因素^[4], 若 PICC 尖端位置错位, 可能引发功能障碍、心律失常、心包压塞等并发症, 并增加血栓和感染风险, 导致后续治疗成本增加且患者不适感增强^[5-6]。因此, 确保导管尖端的精确定位至关重要。随着技术的不断进步, PICC 尖端定位技术逐步发展, 本文综述 PICC 尖端定位技术在成人中的应用研究进展, 旨在为临床实践提供参考。

1 成人 PICC 尖端最佳位置的定义与标准

PICC 尖端应位于血流量大、管径粗的中心静脉内, 以避免附着于血管壁, 保证导管随血流方向漂浮, 从而迅速稀释药物, 减少高浓度、强刺激药物对血管损伤, 为患者提供长期稳定的静脉治疗通路^[7]。Racadio 等^[8]研究表明, 当 PICC 尖端位于上腔静脉时, 并发症发生率仅为 3.8%; 但若尖端偏离上腔静

脉, 并发症发生率则上升至 28.8%, 进一步强调了精确定位导管尖端对于保障患者安全和减少并发症的重要性。然而, 不同国家和机构对 PICC 尖端最佳位置的定义有所不同。根据 2021 年美国《静脉治疗实践标准》, PICC 尖端应定位于上腔静脉的下 1/3 段或与其与右心房交界处^[9]。而欧洲相关指南则指出, 导管尖端可放置在右心房上方, 距上腔静脉与右心房交界处下方 2 cm 以内的位置^[10]。国内有学者认为, 导管尖端理想位置应在上腔静脉的中下 1/3 处, 位于上腔静脉与右心房交界点上方 1~2 cm 的膈肌以上区域, 且不应进入右心房或右心室^[11]。尽管国内外对 PICC 尖端最佳位置的定义存在差异, 但都一致强调尖端位置对于降低并发症风险的重要性, 且导管尖端的深浅尤为关键。过深可能刺激心脏, 引发胸闷、心律失常等并发症; 而过浅则因患者活动易导致导管移位。因此, 避免将导管尖端留置于上、下腔静脉的远端, 以降低并发症的风险。相较而言, 将导管尖端定位于上腔静脉与右心房交界处附近的静脉区域较为理想, 因为该处血流量大、静脉压力小, 有助于减少机械性静脉炎和血栓形成的概率^[12-13]。同时, 避免导管尖端进入心腔内部, 可有效降低血管侵蚀和心包压塞的风险^[14]。

2 成人 PICC 定位方法

2.1 体外测量法 体外测量法是一种便捷且常用的方法, 用于估算 PICC 尖端的位置。传统的体外测量法包括 L 型测量法、一字测量法、卡尺测量法和肘横纹测量法。L 型测量法(即 Rountree 法)通过骨性标志评估导管长度。操作时, 患者平卧位, 外展手臂至

作者单位: 1. 甘肃中医药大学护理学院(甘肃 兰州, 730000); 2. 兰州大学第一医院胸外科

通信作者: 马敏杰, maminjie24@sina.com

何文惠: 女, 硕士, 护士, 2752489583@qq.com

科研项目: 2023 年甘肃省科技计划项目(23JRRA1597)

收稿: 2024-11-15; 修回: 2025-01-07

90°,测量从穿刺点至右胸锁关节,再向下反折至第3肋间隙以确定导管预置入长度。然而L型测量法在肥胖患者中准确性较低,容易因脂肪层的影响导致导管插入过深^[15]。为改进这一问题,一字测量法对L型测量法进行了优化,具体方法为:从穿刺点测量至同侧胸锁关节,再测量至对侧胸锁关节胸骨端外侧缘,形成一字形。该方法简化测量过程,适用于肥胖患者,但受身高和臂长影响较大,准确性仍需进一步验证。卡尺测量法由雷国华等^[16]提出,基于身高推导出PICC体内留置长度的计算公式,结合身高、选择的静脉及留置长度,制作精确卡尺工具,从而有效避免人为测量误差,提高导管留置准确性,卡尺测量法适用于体表标志不明显的患者^[17]。肘横纹测量法操作时,患者平卧,置管侧上肢外展90°,用软尺测量从肘横纹至右胸锁关节,再向下测量至第3肋间隙,两者相加并取均值,每例测量3次。此方法通过肘部体表标志,适合超声引导下肘部穿刺,能够减少无菌区污染的风险。总体而言,尽管体外测量法可作为参考,但由于受患者身高、体质量等因素影响,缺乏统一标准,往往只能提供大致估算数据,难以实现导管尖端的精确定位。

2.2 胸部X线定位法 X射线透过胸部后形成影像,可用于确认PICC尖端的位置,由于其便捷、辐射低且成本适中,广泛应用于PICC定位。然而,胸片无法直接显示上腔静脉下1/3段及其与右心房交界处的位置,需通过影像标志间接定位。国内常用的标志包括前肋、后肋、气管隆突及胸椎,由于前肋软骨未钙化时在X线下不显影,且受呼吸影响较大^[18],导管末端的位置可能因X线角度变化而有所不同。为提高准确性,尤佳等^[19]选择右支气管角、气管隆突和心影右上缘作为定位标志,认为这三者受视差和呼吸影响小、位置稳定。Madabhavi等^[20]的研究支持了这一观点,指出气管隆突位置固定,即使胸片质量较差也能清晰显现,因此可作为PICC尖端定位中可靠且实用的影像标志。其他研究建议使用右侧第6~7后肋间隙,第7~8后肋间隙以及气管隆凸下1.2~2.8个胸椎单元或29.3~61.5 mm作为导管尖端的参考区间^[21-22]。胡燕标等^[23]通过胸部CT测量表明,上腔静脉与右心房交界处与右心缘上下段交界点最短,适合作为导管尖端的定位标志。Hsu等^[24]的研究则指出,食管超声显示的右心房与上腔静脉交界约对应胸片的第6~7胸椎。然而,各医院在标志选择和定位标准上存在差异,且X线检查清晰度有限,主观判断可能影响定位精度;其滞后性也限制了实时调整,增加患者辐射暴露、导管污染和护理工作负担^[25]。

2.3 腔内心电图定位法(Intracardiac Electrocardiogram, IC-ECG) IC-ECG技术是通过监测心电图中的P波变化来精确定位PICC尖端位置。

该技术可在置管过程中实时监控导管尖端位置,并根据P波的变化进行调整,确保导管准确定位。当导管进入上腔静脉时,P波振幅增大,达到最大值时,表示接近上腔静脉与右心房交界处;P波达到最大值进一步进入右心房时,P波呈双向波动。高尖P波和双向P波是常用的定位特征,前者表示接近上腔静脉与右心房交界处,后者则表示导管已进入右心房。研究表明,这两种P波定位效果较好,具有较高的引出率,是理想的置管观察指标^[26]。然而,导电信号可能受多种因素干扰,导致高尖P波和双向P波的引出率并非100%^[15]。吴惠文等^[27]研究发现,在269例PICC置管患者中,226例出现特征性P波,占84.01%;该研究还发现,高龄患者,尤其是脑血管病患者,腔内心电图特征性P波的发生率显著下降,这表明腔内心电图在这些患者中的应用存在一定的局限性,P/R比值和双峰P波也常用于辅助定位。理想的P/R比值范围为0.5~0.8,有助于避免导管过深或过浅^[28]。双峰P波通常提示导管接近右心房入口,定位准确率较高,可能优于高尖P波和双向P波^[29-30]。张秀霞等^[31]研究显示,双峰P波的定位精确率为86.31%,显著高于特征性P波(13.69%)。

关于PICC导管回撤的最佳距离,目前尚无统一意见。中华护理学会2021年发布的团体标准建议,在出现负正双向P波时,应将导管回撤至P波最大振幅后,再回撤0.5~1.0 cm,以确定最佳位置^[25]。Xiao等^[32]认为在出现高尖P波时,导管应回撤0.5~1.0 cm,而顾丽英等^[33]则建议回撤1.0~2.0 cm。由于学者对回撤的意见不一,目前临床上回撤距离的确定仍主要依赖经验,通常情况下,双向P波提示导管位置过深,而高尖P波则表明导管位置较为合适。然而,因患者的个体差异,回撤最佳距离仍需进一步验证。尽管腔内心电图定位技术在PICC置管中具有优势,但仍有局限性。该技术不适用于心律不齐、心房颤动、严重心脏传导阻滞等患者^[34],且对于缺乏表面P波者定位精确性较差。此外,心电图P波的不稳定可能受到多种因素影响,如导丝直径过小、与电极连接不充分、基础心电图异常及置管部位不同,同时潮湿衣物和电磁干扰设备(如手机、手表等)也可能导致波形不稳。因此,该技术在受这些因素影响的患者中,应用效果可能有限。

2.4 超声定位法 超声引导是PICC置管中常用的技术,具有无创、操作简便、可重复等优点。通过评估血管的长度、内径和血流情况,超声可辅助选择合适的置管血管,并实时监控导管位置,确保其正确定位^[35]。在置管过程中,超声探头放置于前胸上腔静脉,能够清晰显示导管走向和尖端位置,及时发现导管异位并进行调整。尽管超声引导适用于静脉置管,但对于精确定位导管尖端在腔房交接处的位置仍有限制。近年来,右锁骨上方的微凸超声探头可实现导

丝的可视化,精确测量导管尖端与上腔静脉与右心房交界处的距离,从而帮助实现理想置管位置^[36]。桑雷^[37]采用床旁超声 4 点实时检测法,监测 4 个关键部位(穿刺点静脉、锁骨下静脉中段、术侧颈内静脉和颈外静脉近心端),实时判断导管尖端位置,尤其能够有效实时识别颈内静脉的偏移,较传统盲穿法具有明显优势。王秀玲^[38]研究表明,在 B 超引导下,使用 20 mL 注射器通过脉冲式推注 2~3 mL 生理盐水,在导管异位至颈内静脉时,通过高亮度水流涡流现象,可及时发现导管异位并进行调整。然而,超声引导在腋静脉或脐静脉的定位应用较少,此时,结合 X 线影像等技术可以进一步提高定位准确性。总体而言,超声定位法操作简便且人员需求少,但可能受体外测量误差和个体差异等因素影响,导致导管尖端位置的不准确。为了提高置管准确性,建议将超声与腔内心电图技术、X 线影像引导等技术结合使用。

2.5 腔内心电图联合超声定位法 (Electrocardiograph Doppler Ultrasound Guidance, EDUG) EDUG 是将超声技术与 ECG 技术相结合的创新方法,目前已成为国内外研究的热点。超声不仅有助于选择合适的穿刺血管,还能在置管过程中实时监控导管的位置,有效排除尖端异位的风险。同时,腔内心电图通过 P 波变化提供精确的定位依据,确保 PICC 准确进入上腔静脉的中下 1/3 段。这种结合使用的技术显著提高 PICC 置管的准确性和安全性。Liu 等^[39]的研究选取 1 727 例肿瘤患者,采用腔内心电图结合超声(EDUG 组)确定 PICC 尖端位置,并与同一团队仅使用心电图(ECG 组)的 1 727 例患者进行比较。结果显示,EDUG 组的导管错位率为 1.22%,明显低于 ECG 组的 2.47%。吴庆珍等^[40]的研究选取 428 例患者,研究组采用超声联合腔内心电图技术,对照组采用单纯超声引导,结果显示,研究组的导管尖端到位率、一次性置管成功率和置管异位率均优于对照组,且置管成功时间较短。综上所述,EDUG 是一种高效、可靠的 PICC 尖端定位方法,具有显著的临床优势,可在临床中推广应用。

2.6 电磁导航定位法 电磁导航定位技术结合了电磁引导与 IC-ECG 定位,是一种新兴的无创、安全技术,能够在 PICC 置管过程中实现导管尖端的动态导航与实时定。该技术利用电磁导航系统和 IC-ECG 系统相结合:电磁导航系统通过 Y 型传感器和带磁性尖端的 PICC 导丝,测量导管尖端的三维位置,从而完成被动导航;IC-ECG 系统通过外部电极捕捉心电图波形,并结合导丝末端的金属导联夹,实时监测 P 波变化,从而精确引导导管尖端位置。此技术显著减少时间消耗、辐射暴露,并有效降低导管错位率^[41]。英国国家卫生与临床优化研究所(NICE)推荐将 Sherlock 3CG TCS 系统安全应用于成人患者,

并可作为 X 线检查的替代方案^[42]。Yamagishi 等^[43]的研究评估了 Sherlock 3CG TCS 在 PICC 置管中的应用,结果显示其技术成功率为 97%,导管错位率为 16%。德国的一项研究等^[44]对 210 例 PICC 置管患者进行研究,结果表明,TCS 组的 103 例患者中,有 84 例(84.4%)成功定位 PICC 尖端。表明该技术能够有效确保大多数患者导管位置的准确性。尽管该技术具有较高的成功率,但也存在一些局限性。首先,设备的磁场传感器容易受到外部金属物品和电子设备的干扰,可能导致定位不准确。其次,该技术依赖心电图中的 P 波变化进行尖端定位,但对于心房颤动、严重心动过速或使用心脏起搏器的患者,P 波无法识别,因此需要结合 X 线检查进行确认^[12]。此外,电磁导航系统与设备兼容有限,仅能与特定型号的导丝和 PICC 配合使用,限制了其临床应用范围。

2.7 深度学习 (Deep Learning, DL) 近年来,深度学习技术,特别是卷积神经网络(CNN),在医学影像处理中的应用取得显著进展^[45]。随着人工智能在医疗领域的应用日益广泛,越来越多的研究开始运用深度学习技术来解决医学图像中的复杂问题。如传统的胸片图像处理在分割和定位 PICC 线尖端时往往效果不佳,韩国学者 Park 等^[46]通过深度学习模型,自动从训练数据中学习图像特征,成功地在复杂胸片影像中精确提取 PICC 线的轮廓。该方法分为 3 个阶段:第 1 阶段,网络对整个胸片图像进行 PICC 线分割,生成初步的二值化预测图,通过调节阈值优化 PICC 线提取,减少假阴性和假阳性;第 2 阶段采用小块分割方法,专注于 PICC 线区域,尤其在 PICC 线稀疏或被解剖结构遮挡时,提升分割精度;第 3 阶段引入线条重连机制,解决多片段问题,确保分割后的 PICC 线正确连接,从而精确定位 PICC 尖端。此外,Lee 等^[47]提出一种基于深度学习的自动化系统,能够准确检测胸片图像中的 PICC 及其尖端位置。实验结果表明,基于 400 个训练样本和 50 个验证样本,模型预测的 PICC 尖端位置与真实标注位置的平均距离为 3.10 mm,标准差为 2.03 mm,表现出较高的准确性,且明显优于传统的人工分析方法。这些研究表明,深度学习在 PICC 尖端定位中具有巨大的应用潜力^[48]。通过多阶段的方法,成功解决传统技术中的多片段问题,减少误检和漏检,极大提高定位精度。尽管目前的研究还处于初步阶段,但随着技术不断发展,未来有望验证更多深度学习模型的有效性,并探索新的算法和架构,进一步提升临床诊断效率。

2.8 其他方法 数字减影血管造影(DSA)结合 X 线心血管造影与计算机技术,能够实时引导并精确定位 PICC 尖端,准确率几乎达到 100%。然而,由于其高昂的费用、辐射暴露风险,以及不适用于孕妇和危重

患者等劣势,限制了其应用范围。INS 指南也指出,除非操作困难,否则应避免使用该方法^[9]。相比之下,中心静脉压(CVP)定位法通过测量静脉压值来判断 PICC 尖端位置,当 CVP 值小于 12 cmH₂O 时,可初步确定导管尖端位于上腔静脉,但无法确认其是否位于理想的中心静脉交界处^[49]。孙媛媛等^[50]研究表明,结合压力波形和上腔静脉长度,CVP 定位法的准确率可达 97.1%。该方法适用于重症监护患者,且不会增加额外的经济负担,是一种较为实用的定位手段。但需要注意的是,CVP 法无法确认导管是否处于理想的尖端位置,且要求护士具备较强的 CVP 波形解读能力。此外,经食管超声心动图可以直接观察导管尖端的位置,但由于其操作复杂、费用高且患者耐受性差,临床应用相对受限。INS 指南也指出^[9],超声在中心血管通路尖端定位中的应用尚存在争议,目前缺乏统一的技术规范。

3 小结

随着 PICC 技术在临床中的广泛应用,如何确保成人 PICC 尖端精确进入血管并处于理想的位置,已逐渐成为国内外学者关注的焦点。无论是传统方法或新兴技术,均须结合患者年龄、血管情况、身体条件、配合度等多方面因素进行综合考量,从而制订个体化的操作方案。且当前成人 PICC 尖端定位技术在应用群体的广泛性上还较为局限,尤其在重症、老年患者中的应用研究较为缺乏,其应用适应性和效果仍需进一步验证。未来的研究需扩大样本群体,开展个性化定位方案,促进传统与新兴技术在临床中的优化,重视医工交叉融合,推动多种定位方法的联合应用,提高应用效能,为提升 PICC 定位的准确性和安全性提供更为有效的解决办法。

参考文献:

- [1] 李兰,杨柳,蔡志云,等.恶性肿瘤患者三种隧道式 PICC 置管效果观察[J].护理学杂志,2023,38(5):1-4.
- [2] Zhang N, Xu Y, Zhu L Y, et al. Quality appraisal of clinical guidelines for peripherally inserted central catheter-related thrombosis prophylaxis in patients: a systematic review[J]. BMJ Open, 2024, 14(11):e084330.
- [3] 中国抗癌协会肿瘤护理专业委员会,四川大学华西循证护理中心,四川大学华西医院肿瘤中心.成人 PICC 堵塞的预防及处理专家共识[J].中国循证医学杂志,2024,24(3):249-257.
- [4] 刘咏梅,刘辉,孙婷婷,等.腔内心电图技术在胃癌化疗患者 PICC 置管尖端定位中的应用及对置管并发症的影响[J].武汉大学学报(医学版),2024,45(7):831-835.
- [5] Gullo G, Qanadli S D. ECG-based techniques to optimize peripherally inserted central catheters: rationale for tip positioning and practical use[J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9:765935.
- [6] 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.
- [7] 蔡夏水,张还珠.肿瘤患者导管相关性深静脉血栓应用预防性抗凝治疗的临床观察[J].中国肿瘤临床与康复,2021,28(2):177-180.
- [8] Racadio J M, Doellman D A, Johnson N D, et al. Pediatric peripherally inserted central catheters: complication rates related to catheter tip location[J]. Pediatrics, 2001, 107(2):e28.
- [9] Gorski L A, Hadaway L, Hagle M E, et al. Infusion Therapy Standards of Practice, 8th Edition[J]. J Infus Nurs, 2021, 44(1S Suppl 1):S1-S224.
- [10] Pittiruti M, Hamilton H, Biffi R, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: central venous catheters (access, care, diagnosis and therapy of complications) [J]. Clin Nutr, 2009, 28(4):365-377.
- [11] 胡萍萍,雷新云.电磁导航尖端确认系统在 PICC 尖端定位中的应用研究进展[J].护理研究,2022,36(2):254-259.
- [12] Yin Y X, Gao W, Feng S Y, et al. ECG-guided PICC insertion using a new silicon catheter with a conductive tip: a retrospective clinical study[J]. J Vasc Access, 2022, 23(4):567-573.
- [13] Monard C, Lefèvre M, Subtil F, et al. Peripherally inserted central catheter with intracavitary electrocardiogram guidance: malposition risk factors and indications for post-procedural control[J]. J Vasc Access, 2019, 20(2):128-133.
- [14] Di Fine G, Centini G, Gavetti D, et al. Best practices in the management of central vascular access devices: an observational study in areas with a high prevalence of trained nurses[J]. J Infus Nurs, 2018, 41(5):319-325.
- [15] 余琪,冯丽娟. PICC 体外测量方法及尖端定位的研究进展[J].全科护理,2019,17(33):4143-4147.
- [16] 雷国华,王秀华,王秀军. PICC 置管长度测量卡尺的研制与应用[J].中华护理杂志,2010,45(4):345-347.
- [17] 武利君,庞自云.改良式体外测量在 PICC 中的应用[J].临床护理杂志,2018,17(2):80-81.
- [18] 毛小明,蒋廷宠.低场 MR 对肋骨损伤的检查价值[J].实用放射学杂志,2011,27(4):644-645.
- [19] 尤佳,徐凯,李伟栋,等.成人 PICC 导管末端定位的影像学探讨[J].实用放射学杂志,2015,31(2):204-207,233.
- [20] Madabhavi I, Patel A, Sarkar M, et al. A study of the use of peripherally inserted central catheters in cancer patients: a single-center experience[J]. J Vasc Nurs, 2018, 36(3):149-156.
- [21] 徐志宾,施瑜,徐远,等. PICC 置管术后导管头端定位点的选择及临床应用[J].实用医学杂志,2017,33(2):310-312.
- [22] 王晓,魏秀红,张秀霞,等.经外周置入中心静脉导管尖端最佳位置定位的可靠影像学标志研究[J].重庆医学,2019,48(3):525-528.
- [23] 胡燕标,吴飞飞,江怡,等.胸椎正位片用于经外周置入中心静脉导管术后定位导管尖端[J].中国医学影像技术,2021,37(7):1016-1019.
- [24] Hsu H T, Lu I C, Chang Y L, et al. Lateral rotation of

- the lower extremity increases the distance between the femoral nerve and femoral artery: an ultrasonographic study[J]. *Kaohsiung J Med Sci*, 2007, 23(12): 618-623.
- [25] 中华护理学会. T/CNAS11-2010 PICC 尖端心腔内电图定位技术[S]. 2021.
- [26] 麻盛森, 杨浩杰, 孙红, 等. 心腔内电图定位技术在中心静脉置管中的应用进展[J]. *中国护理管理*, 2022, 22(11): 1737-1742.
- [27] 吴惠文, 王玉翠, 李佳蓉, 等. 腔内心电图 PICC 尖端定位特征性 P 波改变影响因素及对策[J]. *岭南急诊医学杂志*, 2023, 28(5): 494-496.
- [28] 范祖燕, 罗媛容, 陈妙霞. 不同的 P 波幅度选择在 PICC 导管腔内心电图定位的对比研究[J]. *中国临床护理*, 2020, 12(3): 231-233.
- [29] 章丽莉, 夏超, 桑莹莹, 等. P 波形态改变对 PICC 尖端定位作用的价值[J]. *安徽医学*, 2021, 42(4): 449-452.
- [30] 湛丽萍, 熊萍, 邓俊敏. PICC 置管中腔内心电图 P 波形态改变与临床价值的分析[J]. *中国现代医生*, 2021, 59(12): 159-162.
- [31] 张秀霞, 李林坤, 段素梅, 等. 腔内心电图双峰 P 波对 PICC 尖端定位的指导作用[J]. *中国实用护理杂志*, 2019, 35(6): 412-415.
- [32] Xiao A Q, Sun J, Zhu L H, et al. Effectiveness of intracavitary electrocardiogram-guided peripherally inserted central catheter tip placement in premature infants: a multicentre pre-post intervention study[J]. *Eur J Pediatr*, 2020, 179(3): 439-446.
- [33] 顾丽英, 冯静英, 唐雪春, 等. 腔内心电图技术在乳腺癌化疗患者 PICC 置管头端定位中的应用[J]. *护士进修杂志*, 2018, 33(10): 906-907.
- [34] Jung K T, Kelly L, Kuznetsov A, et al. Determination of optimal tip position of peripherally inserted central catheters using electrocardiography: a retrospective study[J]. *Korean J Anesthesiol*, 2023, 76(3): 242-251.
- [35] 何莉莉, 尚静, 李岩, 等. 超声定位导管尖端位置在乳腺癌根治术患者 PICC 置管中的应用[J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(12): 2506-2509.
- [36] 韩真真, 刘光, 张海军. 经外周中心静脉导管尖端定位技术应用研究进展[J]. *中国医疗器械杂志*, 2020, 44(1): 56-59.
- [37] 桑雷. 床旁超声四点实时检测法与单纯穿刺点检测法在 PICC 置管术中的对比研究[J]. *中国医疗器械信息*, 2019, 25(23): 54-55.
- [38] 王秀玲. PICC 置管异位的影响因素及判断方式的研究进展[J]. *全科护理*, 2022, 20(21): 2921-2925.
- [39] Liu B, Liu Y, Li J, et al. A feasible and safe standardized protocol for ultrasound and intracavitary electrocardiogram-based tip navigation and tip location during placement of peripherally inserted central catheters[J]. *J Vasc Access*, 2024, 25(3): 935-942.
- [40] 吴庆珍, 杨显, 刘轶欧. 超声引导腔内心电图技术对肿瘤患者 PICC 一次性置管成功率与并发症的影响[J]. *中国医学创新*, 2023, 20(19): 106-110.
- [41] 黄纳, 杨成银, 叶娇. Sherlock 3CG 尖端定位系统辅助 1 例躯体异常患者 PICC 尖端定位的护理[J]. *天津护理*, 2024, 32(4): 477-479.
- [42] 黎丽, 宋锦平, 唐梦琳, 等. 电磁导航定位技术在经外周静脉置入中心静脉导管尖端定位中的研究进展[J]. *中国医学装备*, 2023, 20(4): 168-173.
- [43] Yamagishi T, Ashida H, Igarashi T, et al. Clinical impact of the Sherlock 3CG[®] Tip Confirmation System for peripherally inserted central catheters[J]. *J Int Med Res*, 2018, 46(12): 5176-5182.
- [44] Johnston A J, Holder A, Bishop S M, et al. Evaluation of the Sherlock 3CG Tip Confirmation System on peripherally inserted central catheter malposition rates[J]. *Anaesthesia*, 2014, 69(12): 1322-1330.
- [45] Yu D, Zhang K, Huang L, et al. Detection of peripherally inserted central catheter (PICC) in chest X-ray images: a multi-task deep learning model[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2020, 197: 105674.
- [46] Park S, Cha Y K, Park S, et al. Automated precision localization of peripherally inserted central catheter tip through model-agnostic multi-stage networks[J]. *Artif Intell Med*, 2023, 144: 102643.
- [47] Lee H, Mansouri M, Tajmir S, et al. A deep-learning system for fully-automated peripherally inserted central catheter (PICC) tip detection[J]. *J Digit Imaging*, 2018, 31(4): 393-402.
- [48] 何玮, 王国蓉, 杨晓玲, 等. DSA 引导的 PICC 置管效益及安全性评价研究[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(7): 47-50.
- [49] 郑小凤, 廖素清, 夏彤, 等. 中心静脉压对 PICC 尖端定位的临床探讨[J]. *护理实践与研究*, 2012, 9(12): 11-13.
- [50] 孙媛媛, 倪春湘, 陈贝, 等. 中心静脉压力波形指导耐高压注射型经外周置入中心静脉导管尖端定位的临床应用[J]. *解放军护理杂志*, 2018, 35(11): 53-56.

(本文编辑 丁迎春)