

超声引导下桡动脉穿刺置管研究进展

曾恒, 陈丹妮

联勤保障部队第九四五医院麻醉科, 四川 雅安 625000

DOI:10.61369/MIA.2026010001

摘要 : 桡动脉穿刺置管是临床常用有创操作, 用于实时血压监测和动脉血气分析样本获取。相较于传统触诊盲穿法, 超声引导显著提升穿刺成功率、降低并发症, 对婴幼儿、肥胖等穿刺困难患者优势突出。该技术主要包括短轴法、长轴法、斜轴法及磁导航辅助等操作方式, 其中短轴法与长轴法经多项改良后性能优化, 斜轴法融合前两者优势, 置管效率更高。穿刺常见并发症有血肿、血管痉挛、后壁损伤, 可通过规范按压、镇痛镇静、药物预防及改良操作技术减少发生。目前学界对不同操作方式的优劣尚无一致结论, 操作者需结合患者动脉情况与自身技术特长选择合适方式, 超声可视化技术的应用为该操作提供了更安全有效的解决方案。

关键词 : 超声引导; 桡动脉穿刺置管; 长轴法; 短轴法; 斜轴法

Research Progress of Radial Artery Puncture and Catheterization Guided by Ultrasound

Zeng Heng, Chen Danni

Anesthesiology Department of the 945th Hospital of the Joint Logistic Support Force, Ya 'an, Sichuan 625000

Abstract : Radial artery puncture and catheterization is a commonly used invasive procedure in clinical practice for real-time blood pressure monitoring and sample acquisition for arterial blood gas analysis. Compared with the traditional palpation blind puncture method, ultrasound guidance significantly improves the success rate of puncture and reduces complications. It has prominent advantages for patients with difficult puncture such as infants and young children and those who are obese. This technology mainly includes operation methods such as short-axis method, long-axis method, oblique axis method and magnetic navigation assistance. Among them, the short-axis method and long-axis method have undergone multiple improvements to optimize their performance. The oblique axis method integrates the advantages of the former two, resulting in higher tube placement efficiency. Common complications of puncture include hematoma, vasospasm and posterior wall injury. Their occurrence can be reduced through standardized compression, analgesia and sedation, drug prevention and improved operation techniques. At present, the academic community has not reached a consensus on the advantages and disadvantages of different operation methods. Operators need to choose the appropriate method based on the patient's arterial condition and their own technical expertise. The application of ultrasound visualization technology provides a safer and more effective solution for this operation.

Keywords : ultrasound guidance; radial artery puncture and catheterization; long axis method; short-axis method; oblique axis method

引言

桡动脉穿刺置管术是临床常用有创操作, 主要用于实时监测动脉血压以及为动脉血气分析提供样本获取路径。桡动脉由于位置表浅且有侧支循环, 目前是最常选用的穿刺部位。相较于传统基于解剖结构触诊盲穿法, 超声引导下桡动脉穿刺置管显著提高了穿刺置管成功率, 降低并发症, 尤其对于婴幼儿、肥胖、以及严重休克患者, 反复穿刺可能致使血管痉挛、局部形成血肿, 这些患者应用超声引导穿刺优势更为明显^[1]。近年来超声引导实时动脉穿刺置管越来越受到青睐, 为穿刺困难患者提供有效的解决途径。

一、超声引导下不同的操作方式

(一) 短轴法, 即平面外技术

1. 常规短轴法: 其操作方法为将超声探头与桡动脉垂直放置, 显示出桡动脉的解剖位置及横截面, 穿刺针垂直于探头平面、与皮肤呈约 30° ~ 45° 进针, 根据桡动脉的相对位置及深度计算出合适的穿刺点, 当在血管腔中心看到完整高回声的“亮点”后置管。该方法操作简单, 可以清晰看到血管及周围组织的位置关系, 超声定位时间较短, 但操作过程中可视化程度不高, 难以确定针尖的位置, 且有时将超声显现中的“亮点”误认为穿刺针尖, 因此容易形成误判而导致反复穿刺、穿透后壁及穿刺失败^[2]。

2. 改良短轴法: 即显影线法, 常规短轴法由于可视化程度不高, 穿刺位置难以确定, 因此容易致使穿刺位置偏移而导致反复穿刺, Quan等^[3]基于此问题而进行改良, 研究者在超声探头中央绑上一根显影线, 超声显影时该线会呈现出皮缘周围低密度影, 以此辅助操作者定位穿刺点, 这项改良技术缩短了短轴法的定位时间, 显著提高了首次穿刺置管成功率。该改良操作在婴儿中心静脉置管中也取得很好的表现效果^[4]。婴幼儿桡动脉直径小且位置表浅, 穿刺点的选择特别困难, 夏鹏志等^[5]从X线检测的手术纱布中抽取两根显影线, 而后垂直于超声探头长轴平面近距离固定, 超声下这两根显影线会在皮缘形成两个低密度影, 穿刺点选取在两根显影线之间; 在显影线的辅助之下, 缩短了超声定位时间, 也提高了首次穿刺成功率, 降低了并发症的发生。

3. 动态针尖定位法: 2013年Goh等^[6]首次描述了这项改良操作技术, 在短轴法穿刺过程中实时追踪针尖直至进入靶目标血管。首先在短轴法的基础上紧贴探头选择穿刺点, 穿刺针以 30° ~ 45° 进针, 直至超声视图中见高回声“亮点”, 随后将探头向近心端滑动, 直至“亮点”消失, 在保持探头不动的同时将针向前推进, 直到针尖的“亮点”重新出现在超声图像上, 如此反复操作直至确认穿刺针进入血管中心, 在穿刺针进入血管后适当压低进针角度继续推进3~5mm^[7]。Gopalasingam等^[8]证明了初学者运用此方法也可以提高穿刺成功率, 降低并发症的发生率。Mesa等^[7]研究表明相较于长轴法, 动态针尖定位法能够显著提高穿刺成功率, 缩短操作时间。即使对于操作困难的老年(>75岁)^[9]、幼儿^[10]患者, 动态针尖定位在安全性和有效性上都更具有优势。

4. 生理盐水法: 生理盐水法主要是针对婴幼儿桡动脉表浅而进行的改良, Nakayama等^[11]认为当动脉的深度小于2mm时, 穿刺置管的成功率低, 采用注射生理盐水的方法使得动脉的深度提高到2~4mm时可以显著提高穿刺置管成功率, 且缩短穿刺置管时间。聂彬等^[12]在动态针尖定位操作法的基础上对动脉深度小于2mm的患儿采用皮下注射生理盐水的方法使得动脉的深度增加至2~4mm, 研究表明这种改良操作显著提高了婴幼儿的穿刺置管成功率, 缩短了操作时间, 降低了并发症发生率。皮下注射生理盐水改善了超声信号及穿刺针操作空间, 增加了血管与穿刺针的可见性^[13]。

(二) 长轴法, 即平面内技术

1. 常规长轴法: 先将超声探头垂直于血管放置, 短轴法获取血管视图并将血管置于探头中央, 然后轴向旋转探头 90° , 此时超声探头长轴与血管走向平行, 超声下获取血管的纵轴视图, 穿刺针与皮肤呈 15° ~ 30° 进针, 待针尖进入血管腔且见回血后, 适当压低针尾后继续向前推进2~3mm^[14]。长轴法的优点在于可视化程度高, 可以看到血管走行及进针轨迹。但由于超声束的直径为1~2mm且桡动脉直径较小, 难以将超声束、穿刺针和血管纵轴置于同一平面, 所以长轴法的操作时间较长^[15]。此外由于存在“尾影”的假象, 有时似乎超声显示穿刺针进入血管, 但实际上没有进入, 也没有见到回血, 因此也需要反复定位和穿刺。

2. 改良长轴法: 基于常规长轴法操作进行的改良方式有很多, Yu等^[10]在短轴视图下以记号笔标出血管走行, 而后在长轴视图下完成穿刺置管操作, 这项研究表明这种改良方式在首次置管成功率上较动态针尖定位法还要高, 且两组的操作时长相似。wang等^[16]在常规长轴法操作步骤的基础上进行改良, 即利用短轴法获取动脉图像而后旋转超声探头 90° 获取动脉长轴视图, 而后轻轻滑动超声探头以获取最大直径下的桡动脉图像, 且在操作过程中利用多普勒可以显示桡动脉血流信号的原理, 辅助操作者快速判断最大动脉直径视图, 以及判断穿刺针是否真实贴近血管壁。此外研究者平行于超声探头于探头中央固定显影线, 此次改良显著提高了小直径动脉(<2.2mm)的穿刺成功率, 缩短了穿刺时间, 降低了并发症的发生率。

(三) 斜轴法

即联合长轴法与短轴法, Abdalla等^[17]2016年首次描述了斜轴法, 首先将探头垂直于动脉走向放置, 然后以探头中心为旋转轴顺时针旋转 30° ~ 60° , 使得最大化显示动脉视图, 并在桡动脉横截面积最大的时候进行穿刺; 与长、短轴法对比, 斜轴法桡动脉穿刺置管总成功率更高, 置管时间明显缩短。这种方法的优点是穿刺时可视面积较大, 定位时间较短, 而且可以看到部分进针路径。

(四) 其他方法

1. 非实时超声引导辅助: 通过超声识别血管位置及走行, 使用无菌标签在皮肤上做出标记, 而后根据标签进行穿刺, 这种辅助方式不如实时超声引导, 很少被采用^[18]。

2. 磁导航辅助: 磁导航超声引导的原理是将穿刺针尖磁化后, 超声探头感应针尖磁力的大小, 从而判断穿刺针尖的相对空间位置。该方法能实时显示穿刺针尖与靶目标的位置关系, 从而提高操作的安全性和精准性。2016年Meiser等首次使用了针尖导航系统辅助穿刺置管, 首次成功率和总体成功率显著提高, 操作时长明显减少, 该技术有助于新手的学习。徐巧巧等使用下Wiguide磁导航超声引导下桡动脉穿刺置管, 其结果表明有效缩短了穿刺时间, 提高穿刺成功率。

二、相关并发症

1. 血肿 血肿是动脉穿刺置管的常见并发症, 常见于压迫止血

时间不足或者压迫方式不当,反复穿刺往往会造成局部血肿,持续有效的按压可以减少该并发症的发生。

2. 痉挛 动脉穿刺置管致使的血管痉挛或者暂时性的血管闭塞发生率较高,发生率为2.5–88%,桡动脉血管痉挛很少会导致严重的并发症,但会给操作者造成许多困难,往往会致使穿刺置管困难或失败。田黎丽等研究显示在一次穿刺后血管痉挛的发生率高达70.8%。同时也发现适当镇痛和镇静可以降低血液循环中儿茶酚胺的活性,从而预防动脉发生痉挛。Deftereos等研究表明缓慢静脉推注常规剂量的阿片类药物(芬太尼0.5 μg/kg)和苯二氮卓类药物(咪达唑仑1mg)可以有效降低动脉痉挛的发生率。曾晓燕等研究发现复合应用硝酸甘油和利多卡因可以有效预防痉挛的发生。

3. 后壁损伤 后壁穿透损伤一般定义为见血液回流后置管,但退出针芯而无血液回流;后壁穿透损伤是常见的并发症,可能会致使局部血肿的发生,即使是使用超声引导下穿刺置管,穿透后壁也是常见的,尤其是短轴法。随着对动态针尖定位技术的深入探索,这项基于短轴法的改良技术可以有效降低后壁损伤的发生率。白冰等建议在动脉前壁与皮缘距离>3mm的位置进行穿刺进针可以降低穿透后壁和形成血肿的发生率。

三、讨论

超声作为一种可视化的工具,显著提高桡动脉穿刺置管术的成功率,降低不良反应的发生率,随着超声系统在临床上应用越来越广泛,许多创新的操作方式被报道,但总体上还是基于两种基础操作方式(长轴、短轴)进行创新改良;一直以来学术上对于两种操作方式的优劣争议不断,众说纷纭。长轴法可视化程度高,可见完整清晰的进针轨迹,许多研究表明在首次穿刺置管成功率这个结局指标上具有显著优势,然而同样的结局指标其他几项研究却得出相反的结论,也有一些研究认为两种操作方式没有显著的区别。Cao等对超声引导下两种操作方式(长轴 VS 短轴)的动脉血管穿刺置管进行meta分析,在首次穿刺置管成功率这一主要结局指标上,各研究间存在较大的异质性,现有研究尚不足以证明那种操作方式更好。Maitra等对三种基本操作方式(长轴、短轴、斜轴)进行网状-meta分析以探索那个操作方式表现更佳优异,然而这项研究也表明现有的研究证据不足表明那种操作方式更好。综上所述,操作者可根据患者的动脉情况及自身的擅长选择合适的操作方式。

参考文献

- [1]Raphael CK, El Hage Chehade NA, Khabisa J, et al. Ultrasound-guided arterial cannulation in the paediatric population [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 3(3): CD011364.
- [2]王梓峰 刘立飞. 超声引导下小儿桡动脉穿刺置管进展 [J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2022, 43(8): 887–892
- [3]Quan Z, Tian M, Chi P, et al. Modified short-axis out-of-plane ultrasound versus conventional long-axis in-plane ultrasound to guide radial artery cannulation: a randomized controlled trial [J]. *Anesth Analg*, 2014, 119(1): 163–169.
- [4]Rastogi A, Agarwal A, Goyal P, et al. Ultrasound guided internal jugular vein cannulation in infants: Comparative evaluation of novel modified short axis out of plane approach with conventional short axis out of plane approach [J]. *Indian J Anaesth*, 2018, 62(3): 208–213.
- [5]夏鹏志 任青竹, 谢娟, 等. 改良超声双显影线引导下小儿桡动脉穿刺的临床应用及安全性研究 [J]. *实用医院临床杂志*, 2022, 19(6): 60–63
- [6]Goh G, Tan C, Weinberg L. Dynamic ultrasound-guided, short axis, out-of-plane radial artery cannulation: the ‘follow the tip’ technique [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2013, 41(3): 431–432.
- [7]Mesa BK, Sinha M, Kumar M, et al. Radial Arterial Cannulation by Ultrasound-Guided Dynamic Needle-Tip Positioning Using the Short-Axis Out-of-Plane Approach Versus the Long-Axis In-Plane Approach: A Randomized Controlled Study [J]. *Cureus*, 2024, 16(2): e54183.
- [8]Gopalasingam N, Hansen MA, Thorn S, et al. Ultrasound-guided radial artery catheterisation increases the success rate among anaesthesiology residents: a randomised study [J]. *J Vasc Access*, 2017, 18(6): 546–551.
- [9]Sung JM, Jun YE, Jung YD, et al. Comparison of an Ultrasound-Guided Dynamic Needle Tip Positioning Technique and a Long-Axis In-Plane Technique for Radial Artery Cannulation in Older Patients: A Prospective, Randomized, Controlled Study [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2023, 37(12): 2475–2481.
- [10]Yu L, Zhong H, Jiang Y, et al. Modified Long-Axis In-plane Technique for Radial Artery Cannulation in Children: A Randomized Controlled Trial [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8: 780375.
- [11]Nakayama Y, Nakajima Y, Sessler DI, et al. A novel method for ultrasound-guided radial arterial catheterization in pediatric patients [J]. *Anesth Analg*, 2014, 118(5): 1019–1026.
- [12]聂彬, 江辉, 谭娟. 超声引导改良动态针尖追踪法行桡动脉穿刺置管术在婴幼儿病人中的应用 [J]. *临床外科杂志*, 2023, 31(03): 290–293.
- [13]Batllori M, Urria M, Uriarte E, et al. Randomized comparison of three transducer orientation approaches for ultrasound guided internal jugular venous cannulation [J]. *Br J Anaesth*, 2016, 116(3): 370–376.
- [14]Sethi S, Maitra S, Saini V, et al. Comparison of short-axis out-of-plane versus long-axis in-plane ultrasound-guided radial arterial cannulation in adult patients: a randomized controlled trial [J]. *J Anesth*, 2017, 31(1): 89–94.
- [15]Song IK, Choi JY, Lee JH, et al. Short-axis/out-of-plane or long-axis/in-plane ultrasound-guided arterial cannulation in children: A randomised controlled trial [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2016, 33(7): 522–527.
- [16]Wang J, Weng X, Huang Q, et al. Modified long-axis in-plane ultrasound-guided radial artery cannulation in adult patients: A randomized controlled trial [J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2022, 41(1): 100989.
- [17]Abdalla UE, Elmaadawey A, Kandeel A. Oblique approach for ultrasound-guided radial artery catheterization vs transverse and longitudinal approaches, a randomized trial [J]. *J Clin Anesth*, 2017, 36: 98–101.
- [18]钟玉婷 梁伟东 陈丽. 超声引导下桡动脉穿刺置管术临床应用研究进展 [J]. *赣南医学院学报*, 2023, 43(4): 384–388.