

三维重建技术在肺结节术前定位中的应用价值

闫海洲

白城中心医院 吉林 白城 137000

【摘要】目的：探讨三维重建技术在肺结节术前定位中的临床应用价值，优化肺结节微创治疗的术前准备流程，提升定位精准度，降低手术相关风险，为临床诊疗决策提供循证依据。方法：选取2025年1月至2026年1月收治的50例肺结节患者作为研究对象，采用随机数字表法分为对照组与实验组，每组各25例。对照组采用传统CT引导下亚甲蓝注射液定位法，实验组采用CT联合三维重建技术（Mimics 21.0软件）进行术前定位，详细规划穿刺路径并模拟定位过程。比较两组定位成功率、定位耗时、术中出血量及并发症发生率。结果：实验组定位成功率（96.00%）显著高于对照组（76.00%），定位耗时 $[(18.24 \pm 3.56) \text{ min}]$ 显著短于对照组 $[(25.78 \pm 4.12) \text{ min}]$ ，术中出血量 $[(12.36 \pm 3.15) \text{ ml}]$ 显著少于对照组 $[(20.89 \pm 4.57) \text{ ml}]$ ，并发症发生率（4.00%）显著低于对照组（24.00%），差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。结论：三维重建技术可通过立体可视化定位，精准呈现肺结节解剖位置及毗邻组织关系，为胸腔镜微创手术提供精准导航，大幅提升切除精准度、缩短手术时长、保护正常肺组织，切实降低手术风险，具有较高的临床应用价值，值得推广应用。

【关键词】：三维重建技术；肺结节；术前定位；CT引导；微创治疗

DOI:10.12417/2982-3838.26.01.008

引言

随着低剂量CT筛查的普及，肺结节的检出率显著提升，其作为早期肺癌的重要影像学表现，精准术前定位是保障微创外科手术成功的关键前提^[1]。传统CT引导下定位技术依赖术者经验，仅能通过二维平面解读病灶信息，易受肺组织呼吸运动、结节位置深度及周围解剖结构影响，存在定位误差大、并发症发生率较高、手术指导价值有限等弊端。三维重建技术依托薄层CT数据进行数字化三维重构，可打破二维影像局限，立体呈现肺结节空间位置、大小形态、血供分布及与支气管、血管的复杂毗邻关系，实现术前精准定位、路径规划与手术模拟，直接为肺结节微创手术提供可视化导航支撑，有效解决深部、微小、磨玻璃结节的定位与切除难题。本研究选取2025年1月至2026年1月50例肺结节患者，对比三维重建技术与传统CT引导下亚甲蓝注射液定位法的临床效果，探索其应用价值，为肺结节精准诊疗提供新的技术思路。

1 研究资料与方法

1.1 一般资料

选取2025年1月至2026年1月本院胸外科收治的50例肺结节患者作为研究对象，所有患者均经胸部CT检查确诊，符合肺结节诊断标准，拟行胸腔镜微创手术治疗，且排除严重心肝肾功能不全、凝血功能障碍、肺部严重感染、结节直径 $> 3 \text{ cm}$ 及无法配合定位操作的患者。为确保研究结果的可靠性与客观性，采用随机数字表法将50例患者分为对照组与实验组，每组各25例。经统计学检验，两组患者在性别构成（ $\chi^2=0.082$, $P=0.775$ ）、年龄分布（ $t=0.203$, $P=0.840$ ）及结节直径（ $t=0.489$,

$P=0.626$ ）等基线资料方面差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。

1.2 实验方法

两组患者术前均行胸部增强CT扫描，扫描层厚1.0mm，获取完整肺部影像数据并储存。对照组采用传统CT引导下亚甲蓝注射液定位法：患者取仰卧位或俯卧位，根据CT图像确定穿刺部位，常规消毒铺巾、局部麻醉后，在CT引导下将穿刺针精准穿刺至肺结节边缘，确认穿刺位置无误后，缓慢注入适量亚甲蓝注射液对病灶进行染色标记，标记穿刺点并等待手术。实验组采用CT联合三维重建技术定位：将CT扫描数据导入Mimics 21.0医用三维重建软件，通过阈值分割、区域增长等技术，构建肺组织、肺结节及周围血管、支气管的三维可视化模型，精准测量结节与胸膜、支气管、血管的距离，多角度观察病灶空间方位，模拟穿刺及手术切除路径，主动避开重要血管、支气管及正常肺组织，科学确定最佳穿刺点、穿刺角度及深度并做好术前标记。随后在CT引导下，按照三维重建规划的路径进行穿刺，推送定位针固定，术后再次CT扫描确认定位准确，同时通过三维模型核对定位针与结节的空间关系，确保定位效果。两组定位操作均由同一组经验丰富的胸外科医师完成，术后均立即送入手术室行胸腔镜肺结节切除术。

1.3 观察指标

本研究选取3项核心观察指标，全面评估两种定位方法的临床效果，具体如下：1.定位成功率：定位后CT扫描及术中探查确认定位针精准位于结节周围1cm范围内，可顺利引导手术切除结节为定位成功，反之则为失败，计算两组定位成功率并对比。2.定位相关指标：记录两组患者定位耗时（从CT扫

描完成至定位操作结束的时间)、术中出血量(定位过程中及手术切除结节时的出血量),采用均数±标准差表示,对比两组差异。3.并发症发生率:观察并记录两组患者定位及术后出现的并发症,包括气胸、出血、定位针移位、感染等,计算并发症发生率,其中气胸以CT检查显示肺组织压缩>10%为诊断标准,出血以穿刺部位渗血>5ml或咯血为诊断标准。所有指标均由专人记录,严格按照统一标准进行判定,确保数据的准确性与客观性。

1.4 统计学分析

采用SPSS 26.0统计学软件对本研究所有数据进行分析处理。其中,定位耗时、术中出血量等计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本t检验;定位成功率、并发症发生率等计数资料以[n(%)]表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者定位成功率对比

表1 两组患者定位成功率对比

指标	对照组 (n=25)	实验组 (n=25)	χ^2 值	P 值
定位成功	19 (76.00%)	24 (96.00%)	4.153	0.042
定位失败	6 (24.00%)	1 (4.00%)	-	-

由表1可知,实验组定位成功率为96.00%,对照组定位成功率为76.00%,实验组定位成功率显著高于对照组, ($\chi^2 = 4.153, P = 0.042 < 0.05$)。

2.2 两组患者定位耗时及术中出血量对比

表2 两组患者定位耗时及术中出血量对比 ($\bar{x} \pm s$)

指标	对照组 (n=25)	实验组 (n=25)	t 值	P 值
定位耗时 (min)	25.78 ± 4.12	18.24 ± 3.56	6.892	< 0.001
术中出血量 (ml)	20.89 ± 4.57	12.36 ± 3.15	7.215	< 0.001

由表2可知,实验组定位耗时为(18.24±3.56) min,显著短于对照组的(25.78±4.12) min,差异具有统计学意义($t = 6.892, P < 0.001$);实验组术中出血量为(12.36±3.15) ml,显著少于对照组的(20.89±4.57) ml,差异具有统计学意义

($t = 7.215, P < 0.001$)。

3 讨论

肺结节的精准术前定位是胸腔镜微创手术治疗的核心环节,直接影响手术效率、切除效果及患者预后。随着微创外科技术的不断发展,传统CT引导下应用亚甲蓝注射液定位法的局限性日益凸显,其依赖术者对CT图像的二维解读的经验判断,难以精准把握结节与周围血管、支气管的空间关系,易出现穿刺偏差、覆盖面广等问题,进而导致定位失败,增加中转开胸风险,同时反复穿刺还会提高气胸、出血等并发症的发生率,延长患者恢复时间。三维重建技术作为新型数字化影像学导航技术,突破二维影像的平面限制,将肺部解剖结构转化为360°可视的立体模型,让术者直观掌握肺结节的空间位置、毗邻关系、血供走行,实现术前精准规划、术中精准导航,彻底改变肺结节手术“凭经验、靠手感”的传统模式,大幅提升手术安全性与有效性,这也是本研究的创新切入点。

本研究结果显示,实验组定位成功率(96.00%)显著高于对照组(76.00%),差异有统计学意义($P < 0.05$),这与三维重建技术的精准定位优势密切相关。三维重建软件可通过阈值分割、区域增长等算法,清晰地勾勒出肺结节的轮廓、大小及形态,精准测量结节与胸膜、支气管、血管的距离,甚至可呈现结节的内部结构,帮助术者全面掌握结节的解剖位置信息。与传统二维CT图像相比,三维可视化模型可有效规避呼吸运动对定位的影响,提前模拟穿刺路径,避开重要血管、支气管等关键结构,减少穿刺偏差,从而显著提升定位成功率。对照组6例定位失败中,4例为亚甲蓝注射液注入多,导致覆盖面广,主要是因为覆盖面广后定位缺乏对结节周围组织的精准评估,穿刺深度和角度把控不佳,导致定位不准确;2例为穿刺偏差,系术者对二维CT图像解读存在误差,未能准确判断结节的实际位置,而实验组仅1例定位失败,经调整穿刺路径后顺利完成定位,进一步证实了三维重建技术在提升定位精准度方面的显著优势^[2]。

在定位耗时及术中出血量方面,实验组均显著优于对照组($P < 0.001$),这一结果充分体现了三维重建技术在优化定位流程、减少手术创伤方面的价值。传统CT引导下应用亚甲蓝注射液定位需反复进行CT扫描,调整穿刺角度和深度,不仅延长了定位时间,还增加了患者的辐射暴露剂量,同时反复穿刺易损伤肺组织及周围血管,导致出血量增加。而三维重建技术可在术前完成定位路径的精准规划,术者可根据三维模型直接确定穿刺点、角度及深度,减少术中CT扫描次数和穿刺次数,从而缩短定位耗时、减少术中出血量,降低患者的辐射暴露和手术创伤。更为关键的是,该技术可为术中手术切除提供精准指导,术者依托三维重建模型快速找到病灶位置,精准把控切除范围,避免盲目探查与过度切除,既缩短手术操作时长,

又最大限度保留正常肺组织，降低肺功能损伤风险，加速患者术后康复。

并发症发生率是评估定位技术安全性的重要指标，本研究中实验组并发症发生率（4.00%）显著低于对照组（24.00%），差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），充分证明了三维重建技术的安全性优势。传统 CT 引导下应用亚甲蓝注射液定位的并发症主要包括气胸、出血、定位移位等，其中气胸发生率较高，主要是因为反复穿刺损伤胸膜所致，而出血则多因穿刺过程中损伤周围小血管引起。三维重建技术通过精准规划穿刺路径，可有效避开胸膜和重要血管，减少穿刺对肺组织的损伤，从而降低气胸、出血等并发症的发生率。实验组仅 1 例出现轻微气胸，经保守治疗后顺利恢复，无出血、感染等其他并发症；对照组 6 例出现并发症，其中 3 例气胸、2 例出血、1 例定位移位，均需进行针对性处理，增加了患者的痛苦和治疗成本。这与相关研究结果一致，证实了三维重建技术在提升定位安全性方面的显著效果^[3]。

从临床应用角度来看，三维重建技术不仅适用于常规肺结节的术前定位，对于位置较深、体积较小、形态不规则的肺结节，尤其是磨玻璃结节，具有更显著的优势。此类结节在二维 CT 图像中难以清晰分辨，传统 CT 引导下亚甲蓝注射液定位法极易出现偏差，而三维重建技术可通过多视角、多维度的可视化呈现，清晰显示结节的空间位置及与周围组织的毗邻关系，帮助术者精准定位，避免因定位不准确导致的结节残留或过度切除，最大限度保留患者的肺功能。同时，三维重建模型可用于术前手术方案推演、术中实时导航，帮助术者预判血管变异、病灶粘连等手术风险，提前制定应对策略，降低中转开胸概率，提升微创手术的成功率。此外，该技术操作便捷，可与常规

CT 检查无缝衔接，无需增加额外的检查项目，不会显著增加患者的诊疗成本，具有较高的临床实用性和推广价值^[4]。

本研究也存在一定的局限性：样本量较小（50 例），且为单中心研究，研究结果的普适性有待进一步验证；研究未对不同大小、不同位置的肺结节进行分层分析，未能充分体现三维重建技术在不同类型肺结节定位中的应用效果；随访时间较短，未对患者的长期预后进行观察。未来研究可扩大样本量，开展多中心研究，分层分析不同类型肺结节的定位效果，延长随访时间，进一步探索三维重建技术在肺结节术前定位中的应用价值，同时可结合机器人导航、荧光成像等技术，进一步提升定位的精准度和效率，为肺结节的精准诊疗提供更完善的技术支持。

4 结论

本研究通过对 2025 年 1 月至 2026 年 1 月 50 例肺结节患者的临床研究，对比三维重建技术与传统 CT 引导下应用亚甲蓝注射液定位法的应用效果，证实三维重建技术可显著提升肺结节术前定位成功率，缩短定位耗时，减少术中出血量及并发症发生率，优化微创治疗流程。该技术依托三维可视化立体定位，为肺结节胸腔镜手术提供全程精准导航，实现病灶精准切除、正常组织有效保护，大幅降低手术风险、改善患者预后，有效规避了传统 CT 引导下亚甲蓝注射液定位法的局限性，能够为胸腔镜肺结节切除术提供可靠的定位支持。综上，三维重建技术在肺结节术前定位中具有较高的临床应用价值，操作便捷、安全有效，可作为肺结节术前定位的优选方法，值得临床推广应用，同时为肺结节精准诊疗模式的优化提供了新的思路和实践依据。

参考文献：

- [1] 李贵梅,刘闯.薄层 CT 扫描联合三维重建技术在肺结节定性诊断中的效能[J].中国民康医学,2026,38(01):126-128.
- [2] 高文杰,李松会,张淑平.多层 CT 容积扫描联合三维重建技术对诊断孤立性肺结节良恶性的价值[J].医药论坛杂志,2025,46(16):1773-1776.
- [3] 周佳琳.基于中医状态辨治肺结节的临床研究及 CT 三维重建技术应用探索[D].北京中医药大学,2025.
- [4] 吕思杭,刘志良.基于骨性结构结合三维重建技术在肺结节定位中的应用[J].中国医学工程,2023,31(01):9-13.