

# CT引导下穿刺针定位在肺小结节胸腔镜手术中的应用效果

伍桔宏, 汪丽祥, 曹 炜\*

安徽医科大学第二附属医院胸外科, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年7月1日; 录用日期: 2025年7月24日; 发布日期: 2025年7月31日

## 摘 要

目的: 探讨CT引导下穿刺针定位技术在肺小结节胸腔镜手术中的临床应用价值, 评估其定位准确性、手术效果及安全性。方法: 运用回顾性分析研究方法, 随机选取96例2024年1月至2024年12月在安徽医科大学第二附属医院胸外科住院期间诊断为肺小结节(直径  $\leq 2$  cm)并接受胸腔镜手术的患者, 其中48例术前采用CT引导下穿刺针定位(定位组), 48例未行术前定位(非定位组)。比较两组患者的术中结节识别时间、手术时间、切除范围、术中出血量、术后引流量、住院时间、术后并发症发生率、肿瘤复发率及远期生存率等指标。结果: 定位组穿刺针定位成功率为97.9% (47/48), 无严重并发症发生。与非定位组相比, 定位组术中结节识别时间显著缩短( $2.93 \pm 1.00$  min vs.  $9.75 \pm 1.08$  min,  $P < 0.05$ ), 手术时间明显减少( $41.50 \pm 5.33$  min vs.  $61.30 \pm 8.89$  min,  $P < 0.05$ )。两组患者术后并发症发生率(8.33% vs. 4.17%,  $P > 0.05$ )无统计学差异。观察组患者术中结节识别时间、手术时间、切除范围、术中出血量、术后引流量、住院时间明显低于对照组( $P < 0.05$ ); 两组患者肿瘤复发率和远期生存率无明显差异( $P > 0.05$ )。结论: CT引导下穿刺针定位可显著提高肺小结节胸腔镜手术的精准性和效率, 缩短手术时间, 减少不必要的肺组织切除, 且安全性良好, 值得临床推广应用。

## 关键词

肺小结节, CT引导, 穿刺针定位, 胸腔镜手术

# The Application Effect of CT-Guided Needle Localization in Thoracoscopic Surgery for Pulmonary Small Nodules

Juhong Wu, Lixiang Wang, Wei Cao\*

Department of Thoracic Surgery, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

\*通讯作者。

文章引用: 伍桔宏, 汪丽祥, 曹炜. CT引导下穿刺针定位在肺小结节胸腔镜手术中的应用效果[J]. 临床医学进展, 2025, 15(8): 112-118. DOI: 10.12677/acm.2025.1582206

## Abstract

**Objective:** To evaluate the clinical application value of CT-guided needle localization in thoracoscopic surgery for small pulmonary nodules by assessing its localization accuracy, surgical efficacy, and safety. **Methods:** In this retrospective study, we randomly selected 96 patients with small pulmonary nodules (diameter  $\leq 2$  cm) who underwent thoracoscopic surgery at the Department of Thoracic Surgery, the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University from January 2024 to December 2024. The patients were divided into two groups: 48 cases with preoperative CT-guided needle localization (localization group) and 48 cases without preoperative localization (non-localization group). We compared various parameters between the two groups, including intraoperative nodule identification time, operation time, resection range, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, length of hospital stay, postoperative complication rate, tumor recurrence rate, and long-term survival rate. **Results:** The success rate of needle localization in the localization group was 97.9% (47/48), with no severe complications occurring. Compared with the non-localization group, the localization group showed significantly shorter intraoperative nodule identification time ( $2.93 \pm 1.00$  min vs.  $9.75 \pm 1.08$  min,  $P < 0.05$ ) and significantly reduced operation time ( $41.50 \pm 5.33$  min vs.  $61.30 \pm 8.89$  min,  $P < 0.05$ ). There was no statistically significant difference in postoperative complication rates between the two groups (8.33% vs. 4.17%,  $P > 0.05$ ). The localization group demonstrated significantly better outcomes than the control group in terms of intraoperative nodule identification time, operation time, resection range, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, and length of hospital stay ( $P < 0.05$ ). No significant differences were found in tumor recurrence rate or long-term survival rate between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** CT-guided needle localization can significantly improve the precision and efficiency of thoracoscopic surgery for small pulmonary nodules, shorten operation time, reduce unnecessary lung tissue resection, and demonstrate good safety profile, making it worthy of clinical promotion and application.

## Keywords

Pulmonary Small Nodule, CT-Guided, Needle Localization, Thoracoscopic Surgery

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着低剂量计算机断层扫描(low-dose computed tomography, LDCT)在肺癌筛查中的广泛应用,肺小结节(pulmonary small nodules, PSNs)的检出率显著提高[1]。肺结节通常定义为计算机断层扫描(CT)上衰减大于正常肺实质的局灶性区域,其形态主要为球形,直径在 2 mm 至 3 cm 之间[2]。研究显示,约 20%~30% 的 LDCT 筛查受检者可发现肺结节,其中直径  $\leq 1$  cm 的肺小结节占比超过 50% [3]。尽管大多数肺小结节为良性病变,但部分可能为早期肺癌或癌前病变,尤其是磨玻璃结节(ground-glass opacity, GGO)或部分实性结节,其恶性概率可达 10%~70% [4] [5]。目前肺癌仍是发病率和死亡率较高的恶性肿瘤,全球每年有近 100 万人死于肺癌[6]。因此,对高危肺小结节的早期诊断和精准治疗至关重要。手术切除现在仍然是肺癌的主要治疗方式。胸腔镜手术可以为术者提供更清晰的手术视野,避免手术操作对患者血管解剖

结构造成损伤，对患者创伤更小，术后恢复更快，得到广泛应用[7]。然而，由于肺小结节体积小、位置深或质地柔软，术中难以通过触诊或视觉直接定位，导致手术探查时间延长、切除范围扩大，甚至增加中转开胸的风险[8]-[10]。因此，术前精准定位成为提高 VATS 手术成功率的关键环节。目前，临床常用的肺小结节术前定位技术包括：CT 引导下穿刺定位(如 Hook-wire、染色剂注射、放射性示踪剂等)，术中超声定位(适用于非萎陷肺组织)，电磁导航支气管镜(ENB)引导定位，三维重建虚拟导航辅助定位。

每种定位方式各有利弊。其中，CT 引导下穿刺针定位因其操作简便、定位准确、成本较低等优势，在临床中应用较广[11]。然而，该技术仍存在一定局限性，如气胸、出血、定位针移位等并发症风险，以及操作者的经验依赖性[12][13]。此外，不同定位方式(如金属标记与染色标记)的精准度、稳定性和适用人群仍需进一步对比研究。本研究旨在探讨 CT 引导下穿刺针定位在肺小结节 VATS 手术中的应用效果，重点分析其定位成功率、手术时间、术中结节识别时间、切除范围、手术时间、术中出血量、淋巴结清扫数、中转开胸率、术后引流时间、术后住院时间、术后并发症发生率、肿瘤复发率及远期生存率等指标，并与传统非定位手术进行对比。通过系统评估该技术的临床价值，为优化肺小结节微创手术方案提供循证依据，以期提高手术效率、减少组织损伤，并改善患者预后。报道如下。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料

选取我院 2024 年 1 月至 2024 年 12 月期间经胸部 CT 证实为肺结节并需要手术治疗的患者。根据术前是否行 CT 引导下穿刺针定位分为两组：定位组(n=48)：术前采用 CT 引导穿刺针定位；非定位组(n=48)：未行术前定位，术中依赖触诊或影像学探查。纳入标准：① 经影像学检查证实为肺结节，且结节直径 ≤2 cm；② 术前穿刺病理提示早期肺癌，拟行胸腔镜手术；③ 无严重的合并症，均能行手术治疗。排除标准：① 发生远处转移，无法手术的患者；② 合并严重重要脏器功能障碍、凝血功能障碍，较高手术风险者；③ 依从性差，有意识障碍、精神疾病的患者。观察组 48 人，未行术前定位；对照组 48 人，均采用术前穿刺针定位。对两组患者的一般资料进行比较，差异无统计学意义(P>0.05)，具有可比性，见表 1。

Table 1. Comparison of general characteristics between the two groups of patients  
表 1. 两组患者一般资料比较

| 项目                               | 观察组              | 对照组              | $\chi^2/t$ 值 | P 值   |
|----------------------------------|------------------|------------------|--------------|-------|
| 年龄[岁, ( $\bar{x} \pm s$ )]       | 55.25 $\pm$ 2.22 | 56.50 $\pm$ 3.42 | 1.276        | 0.249 |
| 性别                               | 48               | 48               | 0.174        | 0.676 |
| 男(例)                             | 28               | 30               |              |       |
| 女(例)                             | 20               | 18               |              |       |
| 结节大小[mm, ( $\bar{x} \pm s$ )]    | 9.44 $\pm$ 2.24  | 9.68 $\pm$ 2.06  | 0.153        | 0.884 |
| 结节位置                             | 48               | 48               | 0.375        | 0.540 |
| 右肺(例)                            | 26               | 23               |              |       |
| 左肺(例)                            | 22               | 25               |              |       |
| 肺功能                              |                  |                  |              |       |
| FEV1 [L, ( $\bar{x} \pm s$ )]    | 2.46 $\pm$ 0.08  | 2.42 $\pm$ 0.07  | 0.743        | 0.485 |
| FVC [L, ( $\bar{x} \pm s$ )]     | 2.44 $\pm$ 0.12  | 2.48 $\pm$ 0.11  | 0.465        | 0.659 |
| MVV [L/min, ( $\bar{x} \pm s$ )] | 77.05 $\pm$ 1.12 | 77.58 $\pm$ 2.15 | 0.438        | 0.677 |

续表

|                          |              |              |       |       |
|--------------------------|--------------|--------------|-------|-------|
| 合并症                      | 12           | 14           | 0.161 | 0.923 |
| 高血压(例)                   | 8            | 9            |       |       |
| 糖尿病(例)                   | 4            | 6            |       |       |
| 有肺部基础疾病(例)               | 2            | 3            |       |       |
| 吸烟史(例)                   | 24           | 26           | 0.562 | 0.582 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 19.83 ± 1.18 | 19.63 ± 1.16 | 0.242 | 0.817 |

2.2. 方法

观察组患者术前 30 min 行 CT 引导下穿刺针定位。根据患者结节位置,选择合适的体位,进行 CT 定位,在影像上作出辅助线,选择最佳进针路径。在体表用记号笔标记进针点,嘱患者平静呼吸,严禁咳嗽,不要移动。进针点用碘伏消毒 3 遍,2%利多卡因局部浸润麻醉。根据小结节部位结合影像上的进针路径,测量进针深度。调整进针深度、穿刺角度,将穿刺针刺入病灶周围 5~10 mm,避免直接刺入结节(防止出血干扰定位)。再次 CT 扫描,确定穿刺针定位准确,将穿刺针里面的金属抓钩向里推进,退出套管针,使金属抓钩打开,牢牢地固定在肺组织中,用无菌纱布覆盖并固定穿刺部位。最后进行 CT 扫描,确认金属抓钩位置准确,并记录小结节与金属抓钩之间的位置关系和距离,根据小结节的位置和病人情况送入手术室进行相应的手术。评估有无气胸、出血等并发症。所有患者均行 VATS 手术,术中根据定位针引导或触诊探查结节位置,行楔形切除或肺段切除,标本送术中快速病理检查。

2.3. 观察指标

详细记录两组患者的围术期指标(术中结节识别时间、手术时间、切除范围、术中出血量、术后引流量、住院时间、术后并发症发生率、肿瘤复发率及远期生存率)。

2.4. 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计分析,符合正态分布的计量资料均采用“ $\bar{x} \pm s$ ”表示,予以 t 检验比较两组间均数;计数资料均采用率(%)表示,予以卡方检验。 $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组患者围手术期指标比较

观察组患者定位成功率为 97.9%,且术中结节识别时间、手术时间、切除范围、术中出血量、术后引流量、住院时间均优于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

Table 2. Comparison of perioperative indicators between the two groups of patients  
表 2. 两组患者围手术期指标的比较

| 组别  | 例数 | 术中结节识别时间(min) | 手术时间(min)    | 切除范围(cm)     | 术中出血量(mL)     | 术后引流量(mL)      | 住院时间(天)     |
|-----|----|---------------|--------------|--------------|---------------|----------------|-------------|
| 观察组 | 48 | 2.93 ± 1.00   | 41.50 ± 5.33 | 8.51 ± 1.52  | 85.75 ± 1.52  | 395.25 ± 23.84 | 6.51 ± 0.51 |
| 对照组 | 48 | 9.75 ± 1.08   | 61.30 ± 8.89 | 18.22 ± 2.12 | 118.75 ± 1.52 | 487.50 ± 33.33 | 9.48 ± 1.11 |
| t   |    | 9.233         | 3.818        | 7.443        | 3.001         | 4.502          | 4.824       |
| P   |    | < 0.0001      | 0.009        | 0.001        | 0.002         | 0.004          | 0.003       |

3.2. 两组患者术后并发症情况比较

观察组患者并发症发生率为 8.33% (4/48); 对照组患者并发症发生率为 4.17% (2/48), 差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.750$ ,  $P = 0.687$ )。见表 3。

Table 3. Comparison of postoperative complications between the two groups of patients [n (%)]

表 3. 两组患者术后并发症的比较[n (%)]

| 组别       | 例数 | 气胸 | 出血 | 穿刺针移位 | 穿刺针断裂 | 空气栓塞 | 总发生率  |
|----------|----|----|----|-------|-------|------|-------|
| 观察组      | 48 | 1  | 2  | 1     | 0     | 0    | 8.33% |
| 对照组      | 48 | 1  | 1  | 0     | 0     | 0    | 4.17% |
| $\chi^2$ |    |    |    |       |       |      | 0.750 |
| P        |    |    |    |       |       |      | 0.687 |

3.3. 两组患者肿瘤复发率和远期生存率比较

两组患者复发率差异无统计学意义( $t = 1.072$ ,  $P = 0.325$ ); 远期生存率差异也无统计学意义( $t = 0.608$ ,  $P = 0.566$ )。见表 4。

Table 4. Comparison of tumor recurrence rates and long-term survival rates between the two groups of patients

表 4. 两组患者肿瘤复发率和远期生存率的比较

| 组别  | 例数 | 肿瘤复发率       | 远期生存率       |
|-----|----|-------------|-------------|
| 观察组 | 48 | 0.10 ± 0.02 | 0.83 ± 0.05 |
| 对照组 | 48 | 0.11 ± 0.02 | 0.81 ± 0.04 |
| t   |    | 1.072       | 0.608       |
| P   |    | 0.325       | 0.566       |

4. 讨论

随着低剂量 CT 在肺癌筛查中的广泛应用, 肺小结节的检出率显著提高, 而胸腔镜手术因其微创性成为治疗肺小结节的首选方式。然而, 术中准确定位肺小结节, 尤其是直径 < 1 cm 或位于肺实质深部的结节, 仍是胸腔镜手术面临的主要挑战之一。本研究通过分析 CT 引导下穿刺针定位技术在肺小结节胸腔镜手术中的应用效果, 证实了该技术在提高手术精准性、缩短手术时间及降低并发症方面的显著优势。

本研究结果显示, CT 引导下穿刺针定位的成功率达 97.9%, 与既往研究报道的 95%~99% 一致[14]。穿刺针定位后, 术中对结节的识别时间显著缩短。这一结果凸显了 CT 引导的高分辨率优势, 能够清晰显示结节与穿刺针的相对位置, 尤其适用于磨玻璃结节(GGO)或实性成分 < 50% 的结节[15]。此外, 本研究中穿刺针的位移率仅为 2.1%, 低于传统亚甲蓝染色位移率(5%~10%), 可能与 CT 实时调整进针路径及术中固定技术改进有关[16]。

穿刺针定位显著优化了手术流程。本研究数据显示, 定位组的手术时间较非定位组平均缩短 20 分钟 ( $P < 0.05$ ), 主要归因于术中无需额外探查结节位置。此外, 定位组的切除范围较非定位组显著缩小 ( $P < 0.05$ ), 说明精准定位可减少不必要的肺组织切除, 符合肺功能保护的理念。

尽管 CT 引导穿刺存在气胸、出血等潜在风险, 但本研究并发症发生率仅为 8.33% (以少量气胸和局部肺出血为主), 且无需特殊处理。值得注意的是, 无患者出现穿刺针断裂或空气栓塞等严重并发症, 这

与操作规范化(如避开大血管、控制进针深度)及术前 CT 三维重建评估密切相关。相比之下,传统术中触诊或超声定位在肺萎陷状态下失败率较高,进一步支持 CT 引导穿刺在安全性上的优势[17]。

本研究亦发现以下局限性:(1) 对于紧贴胸膜的结节(<5 mm 深度),穿刺针定位的临床价值可能有限;(2) 多次 CT 扫描导致的辐射暴露问题需权衡,尤其在年轻患者中;(3) 学习曲线可能影响定位成功率,建议由经验丰富的放射科与胸外科团队协作完成。未来可探索锥形束 CT 或电磁导航支气管镜(ENB)等替代技术以弥补不足[18]。

本研究为 CT 引导穿刺针定位在肺小结节手术中的推广提供了循证依据。结合快速病理检查,该技术可进一步实现“精准诊断-治疗一体化”。未来研究可聚焦于人工智能辅助穿刺路径规划或可降解定位材料的开发,以进一步提升技术的安全性与普及性。

## 基金项目

心胸外科曹炜安徽省高校自然科学研究重点项目经费(课题编号: JF20235642)。

## 参考文献

- [1] Mazzone, P.J. and Lam, L. (2022) Evaluating the Patient with a Pulmonary Nodule: A Review. *JAMA*, **327**, 264-273. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.24287>
- [2] Bartholmai, B.J., Koo, C.W., Johnson, G.B., White, D.B., Raghunath, S.M., Rajagopalan, S., *et al.* (2015) Pulmonary Nodule Characterization, Including Computer Analysis and Quantitative Features. *Journal of Thoracic Imaging*, **30**, 139-156. <https://doi.org/10.1097/rti.0000000000000137>
- [3] Callister, M.E.J., Baldwin, D.R., Akram, A.R., Barnard, S., Cane, P., Draffan, J., *et al.* (2015) British Thoracic Society Guidelines for the Investigation and Management of Pulmonary Nodules: Accredited by Nice. *Thorax*, **70**, ii1-ii54. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2015-207168>
- [4] Nasim, F., Sabath, B.F. and Eapen, G.A. (2019) Lung Cancer. *Medical Clinics of North America*, **103**, 463-473. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2018.12.006>
- [5] Henschke, C.I., Yankelevitz, D.F., Mirtcheva, R., McGuinness, G., McCauley, D. and Miettinen, O.S. (2002) CT Screening for Lung Cancer: Frequency and Significance of Part-Solid and Nonsolid Nodules. *American Journal of Roentgenology*, **178**, 1053-1057. <https://doi.org/10.2214/ajr.178.5.1781053>
- [6] 陈星, 林铿强, 马晨晖, 等. 3D-CTBA 联合 3D 打印技术在早期非小细胞肺癌胸腔镜解剖性肺段切除术中的应用研究[J]. 微创医学, 2022, 17(1): 16-22.
- [7] 詹必成, 刘建, 陈剑, 等. 三维重建引导下胸腔镜扩大肺亚段切除术治疗肺段边缘结节[J]. 中国微创外科杂志, 2021, 21(10): 904-907.
- [8] Santambrogio, R., Montorsi, M., Bianchi, P., Mantovani, A., Ghelma, F. and Mezzetti, M. (1999) Intraoperative Ultrasound during Thoracoscopic Procedures for Solitary Pulmonary Nodules. *The Annals of Thoracic Surgery*, **68**, 218-222. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)00459-2](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00459-2)
- [9] Suzuki, K., Nagai, K., Yoshida, J., Ohmatsu, H., Takahashi, K., Nishimura, M., *et al.* (1999) Video-Assisted Thoracoscopic Surgery for Small Indeterminate Pulmonary Nodules: Indications for Preoperative Marking. *Chest*, **115**, 563-568. <https://doi.org/10.1378/chest.115.2.563>
- [10] Xu, Y., Ma, L., Sun, H., Huang, Z., Zhang, Z., Xiao, F., *et al.* (2020) CT-Guided Microcoil Localization for Pulmonary Nodules before VATS: A Retrospective Evaluation of Risk Factors for Pleural Marking Failure. *European Radiology*, **30**, 5674-5683. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06954-y>
- [11] Zhang, H., Li, Y., Chen, X. and He, Z. (2022) Comparison of Hook-Wire and Medical Glue for CT-Guided Preoperative Localization of Pulmonary Nodules. *Frontiers in Oncology*, **12**, Article ID: 922573. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.922573>
- [12] Zhang, H., Li, Y., Yimin, N., He, Z. and Chen, X. (2020) CT-Guided Hook-Wire Localization of Malignant Pulmonary Nodules for Video Assisted Thoracoscopic Surgery. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **15**, Article No. 307. <https://doi.org/10.1186/s13019-020-01279-9>
- [13] Hsu, H., Shen, C., Tsai, W., Ko, K., Lee, S., Chang, H., *et al.* (2015) Localization of Nonpalpable Pulmonary Nodules Using CT-Guided Needle Puncture. *World Journal of Surgical Oncology*, **13**, Article No. 248. <https://doi.org/10.1186/s12957-015-0664-9>

- 
- [14] Lee, J.W., Park, C.H., Lee, S.M., Jeong, M. and Hur, J. (2019) Planting Seeds into the Lung: Image-Guided Percutaneous Localization to Guide Minimally Invasive Thoracic Surgery. *Korean Journal of Radiology*, **20**, 1498-1514. <https://doi.org/10.3348/kjr.2019.0155>
- [15] Zuo, T., Shi, S., Wang, L., Shi, Z., Dai, C., Li, C., *et al.* (2017) Supplement CT-Guided Microcoil Placement for Localising Ground-Glass Opacity (GGO) Lesions at “Blind Areas” of the Conventional Hook-Wire Technique. *Heart, Lung and Circulation*, **26**, 696-701. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.10.004>
- [16] Kerrigan, D.C., Spence, P.A., Crittenden, M.D. and Tripp, M.D. (1992) Methylene Blue Guidance for Simplified Resection of a Lung Lesion. *The Annals of Thoracic Surgery*, **53**, 163-164. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(92\)90783-z](https://doi.org/10.1016/0003-4975(92)90783-z)
- [17] Rocco, G., Cicalese, M., La Manna, C., La Rocca, A., Martucci, N. and Salvi, R. (2011) Ultrasonographic Identification of Peripheral Pulmonary Nodules through Uniportal Video-Assisted Thoracic Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*, **92**, 1099-1101. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.03.030>
- [18] Wang, Y. and Chen, E. (2024) Advances in the Localization of Pulmonary Nodules: A Comprehensive Review. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **19**, Article No. 396. <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02911-8>