

3D 打印导航模板在肺小结节术前定位中的应用*

魏 宁^① 蔺瑞江 曹 雄 陈 昶^② 韩 彪**

(兰州大学第一医院胸外科, 兰州 730000)

【摘要】 目的 探讨 3D 打印导航模板(导板)在肺部小结节术前定位中的应用价值。 **方法** 回顾性分析 2020 年 9 月~2021 年 4 月利用 3D 打印导板进行术前带线锚钩肺小结节定位 45 例的资料。病灶直径 6~14 mm, (9.9 ± 2.5) mm。于杂交手术间定位后 CT 验证定位效果,行单孔胸腔镜肺楔形切除术。 **结果** 均利用导板顺利完成结节定位并手术,定位时间 7~14 min, (9.8 ± 2.0) min。带线锚钩中心距离肺结节边缘 1.1~13.0 mm,中位数 5.9 mm,其中 6 例距离 >10 mm(定位相对不准确)。定位针进针深度 11.4~45.3 mm,中位数 22.8 mm。轻微并发症 2 例。 **结论** 利用 3D 打印导板进行术前肺结节定位安全有效,但对直径 <10 mm 的结节定位精准程度需进一步提高。

【关键词】 3D 打印; 导航模板; 肺结节; 定位

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2021)11-1020-04

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2021.11.013

Application of 3D Printed Template Navigation in Preoperative Localization of Small Pulmonary Nodules Wei Ning, Lin Ruijiang*, Cao Xiong*, et al. * Department of Thoracic Surgery, First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China
Corresponding author: Han Biao, E-mail: hanbiao66@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the application of 3D printed template navigation in preoperative localization of pulmonary nodules. **Methods** A retrospective analysis was performed on the data of 45 cases of preoperative positioning of small pulmonary nodules with hook wire using 3D printed navigation template from September 2020 to April 2021. The diameter of lesions was 6~14 [mean, (9.9 ± 2.5) mm]. The localization effect was verified by intraoperative CT in the hybrid surgery room and single-port thoracoscopic wedge resection of lung was performed. **Results** The nodule localization and surgery were successfully performed after 3D printed template navigation in all the patients. The localization time was 7~14 [mean, (9.8 ± 2.0) min]. The distance between the center of the hook and the edge of the pulmonary nodules was 1.1~13.0 (median, 5.9 mm), and more than 10 mm (relatively inaccurate positioning) in 6 cases. The penetration depth of positioning needle was 11.4~45.3 (median, 22.8 mm). Minor complications occurred in 2 cases. **Conclusions** The application of 3D printed template navigation in the localization of pulmonary nodule is safe and effective. However, the accuracy of this method for the localization of pulmonary nodules with diameter less than 10 mm needs to be further improved.

【Key Words】 3D printed; Template navigation; Pulmonary nodule; Localization

对于肺小结节的定位有多种方式,包括 CT 引导下 Hookwire 定位、弹簧圈定位、亚甲蓝定位、荧光成像技术以及电磁导航支气管镜定位,近年来逐渐兴起基于胸部解剖位置的三维重建定位^[1~5]等,但

* 基金项目:甘肃省青年科技基金计划(21JR1RA107);甘肃省自然科学基金(21JR1RA118);胸外科关键技术与应用甘肃省国际合作基地专项基金

** 通讯作者, E-mail: hanbiao66@163.com

① (兰州大学第一临床医学院, 兰州 730000)

② (同济大学附属上海市肺科医院胸外科, 上海 200433)

仍存在不同程度的缺点及并发症,如血气胸、定位不准确、结节染色过度等。2020 年 9 月~2021 年 4 月,我们采用 3D 打印导航模板(导板)进行术前带线锚钩肺小结节定位 45 例,术中 CT 验证其定位效果,报道如下。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本组 45 例,男 23 例,女 22 例。年龄 36~60 岁,中位数 44 岁。胸痛 4 例,咳嗽 6 例,胸闷 2 例,无症状体检或因其他疾病体检 CT 发现肺结节 33 例。均行胸部 CT 平扫提示肺结节,均为单发;位于上叶 37 例,中叶 3 例,下叶 5 例;直径 6~14 mm, (9.9 ± 2.5) mm,其中 23 例 >10 mm;结节中心距离脏层胸膜 5.5~34.7 mm,中位数 22.8 mm;纯磨玻璃结节(pure ground-glass nodules, PGGN)21 例,混合型磨玻璃结节(mixed ground-glass nodule, MGGN)15 例,实性结节(solid nodule, SN)9 例。均无穿刺及手术禁忌。

病例选择标准:肺结节病理性质不确定,需行肺楔形切除后送术中冰冻;病灶距离脏层胸膜 >5 mm 的磨玻璃结节,术前判断术中难以观察到或用手指触摸识别;或距离脏层胸膜 >10 mm 的非钙化实性结节。

1.2 方法

1.2.1 制作 3D 打印导板 术前将胸部 CT 资料

(图 A)导入飞利浦医疗系统研发的 Image Processing System 进行三维重建、导航路径设计及定位导板建模,完成三维建模(图 B)后,将建模信息导入深圳蓝模科技有限公司研发的蓝模 3D BLUEMAKER18.10 版系统,依据胸廓、肋骨、胸骨等结构及病灶在肺内的相对位置确定穿刺点,完成 3D 打印导板的制作(图 C)。

1.2.2 术前肺结节定位及 CT 验证 常规术前准备,入杂交手术室,吸氧,心电监护。仰卧位,常规消毒皮肤,将 3D 打印导板置于胸壁定位点,并将胸廓参照骨性结构位置与 3D 打印导板对合,再次核对穿刺位置,2% 利多卡因 5 ml 局部浸润麻醉,肺结节定位针(SS510-10,宁波胜杰康生物科技有限公司)穿刺(图 D),穿刺针全部推送完毕后,推出释放锚定定位针,将定位线送至胸腔内,完成定位。当即行胸部滑轨 CT(SOMATOM Confidence, 层厚 1 mm,德国西门子)扫描(图 E)。测量带线锚钩中心与肺结节边缘的距离,验证穿刺定位准确性。

1.2.3 单孔胸腔镜肺楔形切除术 CT 验证后,双腔气管插管,静吸复合麻醉。健侧卧位,切口位于腋中线第 4 肋间,长 3~5 cm,依据胸腔内定位线位置牵拉定位行肺楔形切除(图 F),送术中快速冰冻病理,原位腺癌、微浸润腺癌及良性病变多考虑肺楔形切除或肺段切除,浸润性腺癌行肺叶切除术。

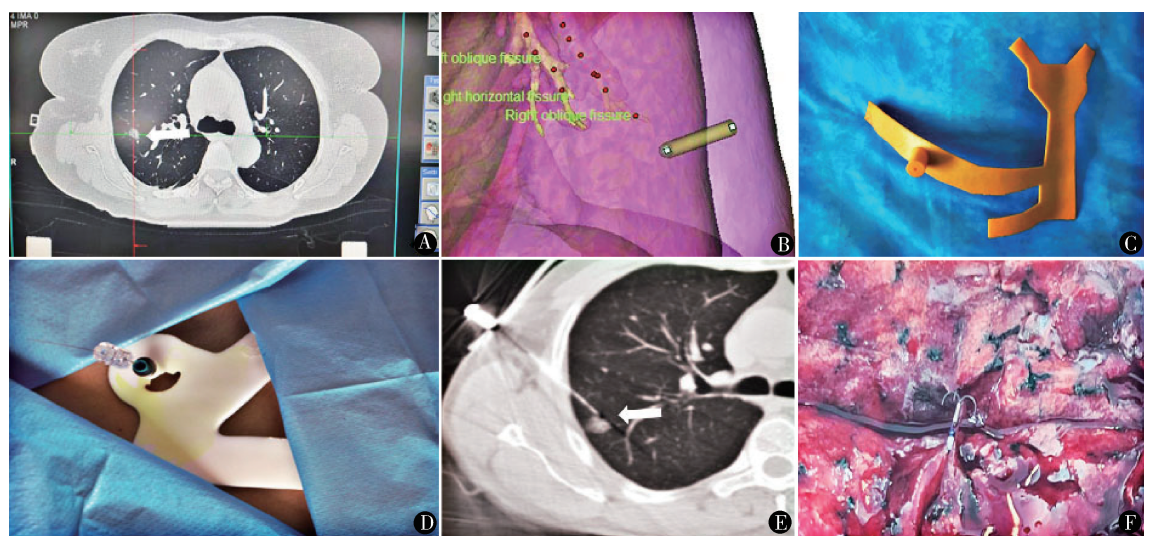


图 1 3D 打印导板制作及术中穿刺定位:A. 病灶位置;B. 三维建模;C. 导板制作;D. 术前穿刺定位;E. 穿刺定位后 CT 验证;F. 术中见定位锚钩

1.3 观察指标

肺结节定位时间:从放置 3D 打印导板至定位完成。

定位准确性:定位后 CT 片上测量带线锚钩中心与肺结节边缘的距离。借鉴文献^[6,7]报道 Hookwire 定位时定位器距离结节中心距离 < 20 mm 为定位准确,可以实现辅助外科医师进行结节识别与切除,为进一步提升定位准确性,我们设定该距离 > 10 mm 为定位相对不准确。

定位针进针深度:穿刺定位完成后 CT 测量进针深度。

定位过程中的并发症:通过定位后 CT 观察有无气胸、血胸,术中再次观察有无出血及血胸。

2 结果

45 例均成功通过 3D 打印导板穿刺、定位,无带线锚钩脱落。定位时间 $7 \sim 14$ min, (9.8 ± 2.0) min。CT 测量带线锚钩中心与肺结节边缘距离 $1.1 \sim 13.0$ mm,中位数 5.9 mm,其中 6 例距离 > 10 mm(定位相对不准确)。定位针进针深度 $11.4 \sim 45.3$ mm,中位数 22.8 mm。

6 例定位相对不准确情况:肺结节直径 $0.6 \sim 0.8$ mm;4 例位于上叶,2 例位于下叶;2 例为实性结节,4 例为磨玻璃结节。

定位后并发症:出血 1 例,腔镜下见肺表面少量出血,以电钩止血;气胸 1 例(少量),定位后 CT 示肺压缩 $< 10\%$,因同期手术,未予处理。

定位后均行单孔胸腔镜手术,包括肺楔形切除 28 例,肺段切除 10 例,肺叶切除 7 例,均顺利完成,无中转开胸。术后病理,不典型增生 4 例,原位腺癌 15 例,微浸润型腺癌 19 例,浸润型腺癌 7 例。

3 讨论

胸腔镜下对于肺部小结节尤其是磨玻璃结节的识别及定位具有较高的难度,定位失败是胸腔镜中转开胸的重要原因之一^[8]。对于肺部小结节的术前定位包括 CT 引导下 Hookwire 定位、弹簧圈定位、亚甲蓝染色定位等,均在放射科操作,定位完成后转运至手术室或病房,增加气胸、血胸等并发症导致意外的风险,也存在定位器械脱落或移位可能^[9]。术前电磁导航支气管镜定位肺部结节是新型的定位方

式,无需 CT 引导下操作,在手术室便可完成,但要求具有特殊设备,操作者技术熟练,且价格较为昂贵,花费时间较长^[10]。因此,对于肺部结节的定位方式仍在不断探索。我们依托杂交手术间,术前依据胸壁骨性结构与肺小结节的相对位置来定位穿刺,3D 打印导板与胸壁均对合良好,穿刺肺部结节后随即 CT 验证定位效果,同期手术。

我们采用的定位器械为 4 爪结构的带线锚钩,稳定性强,不易脱落。单纯使用 Hookwire 定位,定位针脱落率可达 13% ^[9];单纯利用弹簧圈定位,术中需触摸寻找弹簧圈的位置,对定位的准确性、深度及弹簧圈材质都有较高的要求,还存在弹簧圈脱落至胸腔甚至肋间的情况,增加寻找的难度,延长手术时间。本组无锚钩脱落,与文爽等^[11]的研究一致。Hookwire 定位后有较高的气胸(35%)和出血($4\% \sim 27\%$)发生率^[12,13],本组定位后气胸及胸腔内出血发生率均仅为 2.2% ($1/45$),说明安全性较高,且定位后随即手术,即使发生并发症也能及时处理。同样,由于定位与手术同期进行,对于定位后并发症的观察时间较短,尚需进一步验证。

本组定位时间 (9.8 ± 2.0) min,相比文爽等^[11]报道的 CT 引导下带线锚钩定位时间 (11.7 ± 4.3) min 具有一定优势,而且穿刺时无需 CT 引导,仅需 3D 打印导板与体表标志对合良好即可完成肺结节定位,减少射线接触,提高诊疗效率。

本组 6 例(13.3%)CT 验证定位相对不够准确(定位锚钩中心距肺结节边缘 > 10 mm),其发生率上叶为 11% ($4/37$),中叶为 0 ($0/3$),下叶为 40% ($2/5$);实性结节为 22% ($2/9$),磨玻璃结节为 11% ($4/36$);直径 < 10 mm 的结节为 27% ($6/22$),直径 ≥ 10 mm 的结节为 0% ($0/23$)。由于例数少,无法做多因素分析,但可看出对直径 < 10 mm 的结节定位精准程度需进一步提高。Park 等^[14]的 meta 分析显示,CT 引导下 Hookwire、弹簧圈、碘油定位的准确率分别为 98% 、 98% 、 99% ,高于本研究,其原因可能为:①上述研究均为 CT 引导下操作,准确性较高,而本组利用 3D 打印导板定位穿刺;②定位过程中患者呼吸运动或胸壁起伏可能导致定位导板与肺组织位移,导致定位相对不准确;③ Park 等^[14]的 meta 分析中,Hookwire、弹簧圈、碘油定位单孔胸腔镜手术成功率分别为 96% 、 97% 、 99% ,本组虽将定

位锚钩中心距肺结节边缘距离 $>10\text{ mm}$ 视为定位不准确,但术中依据锚钩位置所有结节均成功找到并切除,得到明确病理,手术成功率为 100% ,因此认为定位可靠,但仍需大样本的临床研究来验证。

本研究不足之处:首先,本研究为单中心回顾性研究,未设置对照组,纳入的样本量也不大,研究结果的可靠性需进一步验证;其次,为保证定位效果,本研究依托本院杂交手术间完成,可随时 CT 扫描,定位效果可及时验证,若定位不准确,可及时反馈并更换定位方式,同时,还具备 3D 打印系统,对研究实施的客观要求较高,不利于全面推广;第三,本研究均采取仰卧位,对于位置较特殊、需特殊体位定位者,未做进一步探讨;第四,定位与手术同期完成,对定位后并发症的发生情况缺乏足够时间的观察。

总之,本研究显示,利用 3D 打印导航模板进行术前肺结节定位安全有效,但对直径 $<10\text{ mm}$ 的肺结节定位的精准程度需进一步提高。

参考文献

- 1 Lin MW, Chen JS. Image-guided techniques for localizing pulmonary nodules in thoracoscopic surgery. *J Thorac Dis*, 2016, 8 (Suppl 9): S749 – S755.
- 2 宋 君,何 瑜,杜亭亭,等.医用胶混合亚甲蓝在肺部小结节术前定位中的应用. *中国微创外科杂志*, 2021, 21 (9): 800 – 804.
- 3 潘杨军,余欢明,陆伟杰,等.术前 hook-wire 与经体表医用胶注射定位法在胸腔镜肺结节手术的对比研究. *医学影像学杂志*, 2020, 30 (12): 2209 – 2212.
- 4 钱 坤,张 毅,魏博华,等.吡啶菁绿联合医用胶在胸腔镜下肺小结节手术定位中的应用. *中国微创外科杂志*, 2020, 20 (9):

818 – 821.

- 5 管 添,周 健.荧光成像技术在胸外科手术中的应用进展. *中国微创外科杂志*, 2021, 21 (8): 746 – 750.
- 6 Ichinose J, Kohno T, Fujimori S, et al. Efficacy and complications of computed tomography-guided hook wire localization. *Ann Thorac Surg*, 2013, 96 (4): 1203 – 1208.
- 7 Klikenberg TJ, Dinjens L, Worf RFE, et al. CT-guided percutaneous hookwire localization increases the efficacy and safety of VATS for pulmonary nodules. *J Surg Oncol*, 2017, 115 (7): 898 – 904.
- 8 Suzuki K, Nagai K, Yoshida J, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery for small indeterminate pulmonary nodules: indications for preoperative marking. *Chest*, 1999, 115 (2): 563 – 568.
- 9 Kleedehn M, Kim DH, Lee FT, et al. Preoperative pulmonary nodule localization: a comparison of methylene blue and hookwire techniques. *AJR Am J Roentgenol*, 2016, 207 (6): 1334 – 1339.
- 10 Folch EE, Bowling MR, Gildea TR, et al. Design of a prospective, multicenter, global, cohort study of electromagnetic navigation bronchoscopy. *BMC Pulm Med*, 2016, 16 (1): 60.
- 11 文 爽,刘 阳,张 冉,等.带线锚钩在 CT 引导下肺磨玻璃结节术前定位中的应用. *中国微创外科杂志*, 2021, 21 (4): 323 – 327.
- 12 Yeow KM, Su IH, Pan KT, et al. Risk factors of pneumothorax and bleeding: multivariate analysis of 660 CT-guided coaxial cutting needle lung biopsies. *Chest*, 2004, 126 (3): 748 – 754.
- 13 Khan MF, Straub R, Moghaddam SR, et al. Variables affecting the risk of pneumothorax and intrapulmonal hemorrhage in CT-guided transthoracic biopsy. *Eur Radio*, 2008, 18 (7): 1356 – 1363.
- 14 Park CH, Han K, Hur J, et al. Comparative effectiveness and safety of preoperative lung localization for pulmonary nodules: a systematic review and meta-analysis. *Chest*, 2017, 151 (2): 316 – 328.

(收稿日期:2021 – 07 – 13)

(修回日期:2021 – 09 – 28)

(责任编辑:王惠群)