

- [11] Harris KM, Nienaber CA, Peterson MD, et al. Early mortality in type A acute aortic dissection; insights from the international registry of acute aortic dissection[J]. JAMA Cardiol, 2022, 7: 1009-1015.
- [12] Luebke T, Brunkwall J. Type B aortic dissection: a review of prognostic factors and meta-analysis of treatment options[J]. Aorta (Stamford), 2014, 2: 265-278.
- [13] 舒 畅. TEVAR 在非复杂型 B 型主动脉夹层中的作用——2022 年 STS/AATS B 型主动脉夹层管理临床实践指南解读[J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31: 1557-1563.
- [14] Saricilar EC, Patel K, Gatmaitan R, et al. Editor's choice—optimal timing of thoracic endovascular aortic repair for uncomplicated type B aortic dissection; a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2023, 65: 851-860.
- [15] 杨洁连, 向定成, 肖 华, 等. 急性 Stanford B 型主动脉夹层腔内修复治疗时机与预后的关系[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2014, 22: 300-303.
- [16] 肖 华, 向定成. 急性 B 型主动脉夹层腔内修复治疗时机[J]. 岭南心血管病杂志, 2014, 20: 801-802.
- [17] Matsuda H. Treatment of uncomplicated type B aortic dissection[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 65: 74-79.
- [18] Xiang D, Wu F, Chen L, et al. Timing of endovascular repair impacts long-term outcomes of uncomplicated acute type B aortic dissection[J]. J Vasc Surg, 2022, 75: 851-860.
- [19] Arima D, Suematsu Y, Yamada R, et al. Early thoracic endovascular aortic repair for type B aortic dissection increases the success of aortic remodeling[J]. Ann Vasc Surg, 2022, 84: 187-194.
- [20] Miyairi T, Miyata H, Chiba K, et al. Influence of timing after thoracic endovascular aortic repair for acute type B aortic dissection[J]. Ann Thorac Surg, 2018, 105: 1392-1396.
- [21] 侯钦茂, 冯家烜, 张荣杰, 等. Stanford B 型主动脉夹层腔内介入治疗时机对预后的影响[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 310-313.
- [22] Beck AW, Wang G, Lombardi JV, et al. Impact of thoracic endovascular aortic repair timing on outcomes after uncomplicated type B aortic dissection in the Society for Vascular Surgery Vascular Quality Initiative postapproval project for dissection[J]. J Vasc Surg, 2023, 77: 1377-1386.
- [23] Canaud L, Ozdemir BA, Patterson BO, et al. Retrograde aortic dissection after thoracic endovascular aortic repair[J]. Ann Surg, 2014, 260: 389-395.

(收稿日期: 2023-06-30)

(本文编辑: 茹 实)

## ·临床研究 Clinical research·

### CT 引导下肺小结节序贯穿刺、双针提插活组织检查

金 辉, 谭 捷, 王英虎, 王 娟, 马丽华

**【摘要】 目的** 探索肺结节序贯穿刺模式、双针提插活检方式的临床应用价值。**方法** 纳入 2020 年 3 月至 2023 年 2 月收治的孤立性肺结节患者 57 例。采用序贯穿刺模式和双针提插方式对肺结节进行穿刺和活组织检查。记录同轴针退针率、脱靶率、靶周率、靶心率、活检组织条长度和肺结节活检成功率, 以及并发症。**结果** 57 例患者中, 肺结节穿刺退针 2 例(3.5%)。针尖与肺结节空间位置: 靶心 52 例(91.2%), 靶周 5 例(8.8%), 脱靶 0 例。切割槽内活检组织条长度: 等于靶结节直径 42 例(73.7%),  $\geq$  靶结节半径 11 例(19.3%),  $<$  靶结节半径 4 例(%)。组织条缺如 0 例。肺结节活检成功 57 例(100%)。并发症: 气胸 12 例(21.1%), 肺针道出血 10 例(17.5%), 活检区出血 14 例(24.6%)。**结论** 受内应力影响, 现行同步穿刺模式和活检方式不是理想的肺结节穿刺模式和活检方式。针尾挂线方法可消除内应力影响, 序贯穿刺模式可增加肺结节穿刺精度, 双针提插法可提高活检成功率, 并发症发生率在可接受范围。

**【关键词】** CT 引导; 同轴针; 精准穿刺; 肺结节

中图分类号: R734.2 文献标志码: B 文章编号: 1008-794X(2024)-05-0528-05

#### CT-guided sequence puncturing and double-needle pulling-inserting biopsy for small pulmonary nodules

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2024.05.012

作者单位: 050011 河北石家庄 河北医科大学第四医院肿瘤科(金 辉); 石家庄市中医院东院区肺病科(谭 捷、王英虎、王 娟、马丽华)

通信作者: 谭 捷 E-mail: ablation2022@126.com

JIN Hui, TAN Jie, WANG Yinhu, WANG Juan, MA Lihua. Department of Oncology, Fourth Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei Province 050011, China

Corresponding author: TAN Jie, E-mail: ablation2022@126.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the clinical application of sequence puncturing and double-needle pulling-inserting technique in CT-guided biopsy of small pulmonary nodules. **Methods** A total of 57 admitted patients with solitary pulmonary nodule from March 2020 to February 2023 were enrolled in this study. With the help of sequence puncturing and double-needle pulling-inserting technique CT-guided puncture biopsy of the pulmonary nodule was carried out for all patients. The pulling-back rate, off-target rate, target periphery rate and target center rate of the coaxial needle, the length of biopsy tissue strip, the success rate of lung nodule biopsy, and complications were recorded. **Results** Among the 57 patients, pulling-back of needle was seen in 2 patients (3.5%). The needle-tip was located at the center of pulmonary nodule in 52 patients (91.2%) and at the periphery of pulmonary nodule in 5 patients (8.8%), and no off-target of needle-tip occurred. The length of biopsy tissue strip in the cut groove was equal to the diameter of the target nodule in 42 patients (73.7%),  $\geq$  radius of the target nodule in 11 patients (19.3%),  $<$  radius of the target nodule in 4 patients (7.0%), and no absence of biopsy tissue strip was seen. The success rate of pulmonary nodule biopsy was 100%. The complications included pneumothorax ( $n=12$ , 21.1%), needle tract bleeding ( $n=10$ , 17.5%), and biopsy area bleeding ( $n=14$ , 24.6%). **Conclusion** Due to the influence of internal stress, the currently adopted synchronous puncture mode and biopsy pattern are not an ideal method. The tail hanging-thread method of coaxial needle can eliminate the influence of internal stress, the sequential puncturing mode can improve the puncture accuracy of pulmonary nodules, and the double-needle pulling-inserting technique can improve the success rate of biopsy, while the incidence of complication is within the acceptable range. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 528-532)

**【Key words】** CT guidance; coaxial needle; accurate puncture; pulmonary nodule

CT 引导下经皮肺结节穿刺是明确结节性质的重要方法,但现行同轴针同步穿刺模式的穿刺精度随肺结节直径减小而下降,且活检方式存在较高的脱靶率<sup>[1-4]</sup>。因此,提高穿刺精度和活检成功率是肺科医师和介入医师关注的焦点。本研究采用肺结节序贯穿刺模式和双针提插法辅助肺结节活检方式,旨在提高肺结节穿刺精度、活检成功率和安全性。

## 1 材料与方法

### 1.1 临床资料

纳入 2020 年 3 月至 2023 年 2 月收治的孤立性肺结节患者 57 例,男 26 例,女 31 例,年龄 25~83 岁,平均年龄 67.1 岁。实性肺结节 24 例,混合性磨玻璃结节 20 例,纯磨玻璃结节 13 例。肺结节距胸膜  $\leq 1$  cm 21 例,1~5 cm 19 例, $> 5$  cm 17 例。肺结节 CT 轴状位长径 5.0~12.0 mm。基础性肺疾病:慢性阻塞性肺疾病 7 例、肺纤维化 4 例,矽肺 1 例。告知患者操作风险和注意事项,并签署知情同意书。

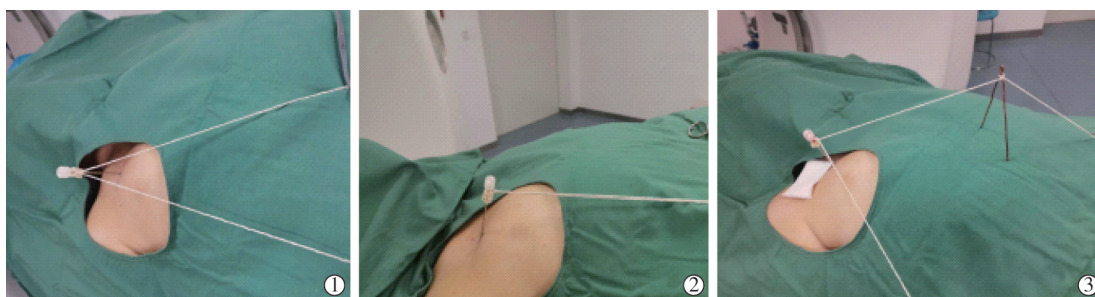
### 1.2 方法

术前进行血常规、凝血功能、心肺功能和强化肺 CT 等检查。根据肺结节所在位置选择仰卧位、俯卧位或侧卧位,CT 扫描参数:管电压 120 kV,管电流

200~300 mA,层厚 2.5 mm、层间距 2.5 mm,重建层厚 1.25 mm。嘱患者平静呼吸,将定位栅放置在拟穿刺体表部位,在 CT 引导下,确定进针点、方向和深度。采用同轴针尾挂线辅助同轴针肺结节穿刺<sup>[5]</sup>。将白色丝线中间固定在同轴针尾部,丝线两端用血管钳固定在手术铺巾表面,见图 1。根据肺 CT 显示针尖与肺结节的空間位置,调整丝线两端的牵拉方向和张力,改变针尖方向,当针尖指向肺结节时,向前推送针体,即调针、进针序贯-即序贯穿刺模式,见图 2,将同轴针插入肺结节中心部位,随后退出针芯,沿同轴针外鞘送入活检针、使活检槽超出外鞘前端 0.5~1.0 cm。将双针(同轴针,活检针)固定,一并上提 0.5~1.0 cm,使肺结节径长完整暴露在活检槽内,击发活检针,随后将双针固定、一并下插复位,将外鞘再次插入肺结节中心,随后退出活检针,取出组织。

### 1.3 观察指标

同轴针退针率、脱靶率、靶周率、靶心率;首次活检组织条长度;肺结节穿刺、活检并发症。肺结节穿刺过程中出现同轴针退针  $\geq 1$  次,视为肺结节穿刺出现退针。同轴针首次插入肺结节时,针尖与肺结节的空間位置:脱靶为针尖脱离肺结节,靶周为



①针尾双线挂线;②针尾单线挂线;③单支架辅助针尾挂线

图 1 同轴针尾挂线法



①胸部 CT 示右肺中叶胸膜下实性小结节 5 mm; ②挂线法辅助同轴针小结节穿刺, 针尖插入结节中心

图 2 左肾透明细胞癌切除术后 9 年, 右肺中叶胸膜下小结节病理结果示肾癌肺转移

针尖位于肺结节 3 环靶区的外 1/3 区域, 靶心为针尖位于肺结节 3 环靶区的中、内 2/3 区域。首次活检针击发后切割槽内活检组织条长度分为 4 级: 组织条长度等于靶结节直径、 $\geq$ 靶结节半径、 $<$ 靶结节半径、组织条缺如。肺结节活检成功是指病理结果为异常肺组织。

## 2 结果

57 例肺结节中, 肺结节穿刺退针 2 例(3.5%); 针尖与肺结节空间位置: 靶心 52 例(91.2%), 靶周 5 例(8.8%), 脱靶 0 例。切割活检 2~5 次/肺结节, 平均 3.2 次, 肺结节活检成功 57 例(100%)。首次活检针击发后切割槽内活检组织条长度: 等于靶结节直径 42 例(73.7%),  $\geq$ 靶结节半径 11 例(19.3%),  $<$ 靶结节半径 4 例(7.0%)。并发症: 气胸 12 例(21.1%), 除 1 例中量气胸, 余为少量; 针道出血 10 例(17.5%), 活检区出血 14 例(24.6%), 均为少量。

## 3 讨论

CT 引导下经皮穿刺活检是明确结节性质的主要方法。肺结节直径越小, 穿刺精度和活检成功率越低<sup>[6]</sup>。虽然已有多种肺结节精准穿刺技术和方法, 但是由于价格昂贵、操作复杂, 或实用性差, 临床推广和应用受到限制<sup>[7-18]</sup>。这可能与现行同轴针穿刺

模式和活检针应用方式存在的缺陷有关。CT 引导下, 经皮同轴针肺结节徒手穿刺属于盲穿, 盲穿不可避免地发生针向偏离肺结节, 术者在同轴针尾部施加一个径向外力, 改变针尖方向, 于是针道周围的组织受力发生形变, 静态内应力产生。当作用于针尾的外力消失后, 内应力释放, 针尖恢复原位。可见, 若要改变针尖方向, 不仅需要调整针向, 还需要向前推送针体即调针、进针同步进行(同步穿刺模式), 于是一个新的内应力在针尖前部产生, 针尖方向取决于前后内应力综合作用结果。当针尖方向指向结节中心部位时称作内应力综合作用最佳点。由于决定针尖方向的内应力大小、方向受多种因素影响, 且难以精准预测, 仅仅一次调针、进针达到最佳点是困难的, 特别是初学者, 多需术者径向调针、且适度超越结节中心, 随后综合内应力作用针体, 针尖发生适度回调, 并指向结节中心。可见即使是有经验术者也常常需要多次调针、进针, 甚至退针, 才能达到最佳点, 导致穿刺时间和并发症增加。

吸气时胸骨、肋骨上举, 胸廓扩张, 使肺组织前后径和横径扩大, 这种肺横向移动产生的内应力对于横向走行的同轴针体作用较小。但是, 胸骨、肋骨上举产生的纵向内应力对于横向走行的针体作用较大, 导致针体纵向摆动, 且摆动幅度随胸廓部位下移而逐渐增加。Chen 等<sup>[19]</sup>报道, 平静呼吸时, 肺结节平均移动距离为 1.76 cm, 与结节大小和胸膜距离无关。平静呼吸时, 膈肌运动范围 2~4 cm, 产生的纵向内应力作用于针体, 针体摆动进一步强化。针体摆动的中心轴位于肋间隙或附近, 由于胸壁组织密度高、弹性差, 而肺组织密度低弹性高, 针尖方向主要取决于胸壁内应力, 意味着若要对抗胸壁内应力, 需要肺内更大的调针幅度和更长的进针距离。鉴于同轴针摆动杠杆效应, 肺内针尖与肺结节纵向移动距离并不完全一致, 特别当针体在胸壁或肺内走行距离较长时, 穿刺精准度受到影响。因而, 受



呼吸影响内应力大小、方向发生实时改变,针尖出现周期性摆动,尤其是肺结节 CT 扫描时与穿刺时呼吸周期位项(内应力)难于一致,导致穿刺精度进一步下降。可见内应力的存在和变化是影响穿刺精度的基本因素。

本研究由于同轴针尾被两端丝线固定在铺巾上,一个大小、方向恒定的外力始终作用于针尾,使得(动态、静态)内应力无法释放,针体摆动消失,针体周围肺组织和肺结节受到制动,使 CT 扫描时针尖位置与穿刺时高度一致。另外,将穿刺分解成调针、进针两个过程,术者无需顾忌内应力影响,可以根据 CT 显示的针尖与肺结节位置,通过改变丝线两端牵拉方向和张力,调整针尖方向,当针尖指向结节中心时,再向前推送针体-即序贯穿刺模式。至此,术者调针有了量化、客观参照物,减少了对于经验依赖,避免了不必要进针。Tsai 等<sup>[20]</sup>采用无菌孔巾作为支托,调整针尖方向,辅助同轴针肺结节穿刺,是最早应用序贯穿刺模式的范例,遗憾的是该方法调针、控针效率低下。

利用激光引导肺结节穿刺可提高穿刺精度<sup>[17-18]</sup>。原理是根据 CT 扫描参数,计算出肺结节与针尖的空间(多维轴向角度)位置,利用激光测角特性重建针体穿刺角度,引导肺结节穿刺。然而,呼吸运动(动态内应力)引起针体摆动,CT 扫描时与穿刺时呼吸时相难于一致,穿刺精度必然受到影响。另外,针体不同轴向摆动给激光测角带来困难。

3D 打印共面模板辅助 CT 引导肺结节穿刺受到业内关注,原理是根据 CT 扫描参数,经模板引导孔将固定针插入肺结节周围,从而拮抗动态内应力对针体影响,针体摆动消失<sup>[10,14,21-22]</sup>。同时,对针道周围和肺结节起到固定作用,根据 CT 固定针与肺结节相对位置,在共面模板坐标系找到对应的引导孔,将同轴针插入肺结节。然而,固定针的应用势必增加肺损伤;受模板引导孔限制,径向调针受到限制,如穿刺路径遇到血管、胸膜等结构,或患者体位不自主移动,或穿刺疼痛,或紧张引起瞬间吸气后屏气,耸肩和胸廓内收,导致肺结节脱离模板引导孔方向和范围,以及呼吸时肋骨与皮肤同向、非同幅度移动;胸壁不同于人体其他部位,进针窗狭小,尤其肩胛区,难以多针插入。本装置适合同轴针垂直或近乎垂直胸壁进针,不适合平行、近乎平行 CT 扫描床或与胸膜切线平行路径进针。三维支架、共面模板安装和调试,固定针置入会延长操作时间,并增加医疗成本。本研究肺结节穿刺退针仅 2 例,

无效进针显著减少,提高了肺结节穿刺精度。当针尖接近肺结节时,针尖对于周围肺组织及肺结节制动作用愈加明显。

现行肺结节活检方式有两种,一种是采用同轴针尖抵近肺结节活检:将针尖抵近肺结节后退出针芯,沿外鞘插入活检针进行活检<sup>[23]</sup>。当同轴针抵近肺结节时,受内应力影响,经常出现针尖偏离肺结节中心区域,由于针尖与结节距离近,调针进针受到限制,不得不退针,重新调针后进针,结果穿刺时间和并发症随之增加。鉴于肺结节理想穿刺范围是其中心 2/3 区域,受内应力影响,针尖或结节轻微移动都会导致针尖偏离肺结节中心区域。可见同轴针抵近肺结节活检方式,受内应力影响,不能锁定肺结节,不是理想的肺小结节活检方式。另一种是同轴针插入肺结节活检方式:将同轴针插入肺结节,即针尖锁定肺结节,从而消除内应力影响,退出针芯后插入活检针进行活检<sup>[24]</sup>。由于同轴针尖超出外鞘前端 3~4 mm,所以同轴针必须插入肺结节内 6~7 mm,以确保针芯退出后,外鞘前端保留在肺结节浅层 2~3 mm,外鞘插入过浅容易脱靶,插入过深会导致外鞘前缘可活检结节组织过少,从而影响病理结果,可见同轴针插入肺结节活检方式,虽可锁定靶结节,消除内应力影响,但不能完整活检,亦不是理想的靶结节活检方式。采用双针提插法辅助肺结节活检,将同轴针插入肺结节,锁定肺结节,即可免受内应力作用,又可确保肺结节完整活检,本研究证实该方法可增加活检样本量,提高组织病理阳性率。

经皮气胸和肺出血是肺结节活检常见并发症<sup>[25]</sup>。本研究发生的气胸和肺针道出血均为少量。通过牵拉丝线改变进针方向,避开肺气肿、肺大泡、胸膜、针尖前方或侧壁血管等重要结构,可避免或减少气胸、肺出血等并发症。穿刺时,同轴针尾受重力作用发生下垂,尤其是同轴针插入胸壁浅层,沿胸膜切线平行路径斜行进针或针体平行或近平行于 CT 扫描床穿刺时,采用本方法特别是单、双支架辅助同轴针穿刺,可以克服针尾下垂,并有效矫正进针方向。

综上所述,受内应力影响,现行同步穿刺模式和活检方式不是理想的肺结节穿刺模式和活检方式。针尾挂线方法可消除内应力影响,序贯穿刺模式可增加肺结节穿刺精度,双针提插法可提高活检成功率。本研究为小样本、单中心、非对照研究,尚待业内更多深入工作。双针提插法会增加肺结节前

缘肺组织损伤,提插操作稍显复杂,仍然不是理想的肺小结节活检方式。鉴于低剂量 CT 肺癌筛查广泛应用,肺小结节检出率持续增加,迫切需要探索更加安全、有效、简单和廉价的肺小结节穿刺模式和活检方式。

# 参考文献

- [1] Yoon SH, Lee SM, Park CH, et al. 2020 clinical practice guideline for percutaneous transthoracic needle biopsy of pulmonary lesions: a consensus statement and recommendations of the Korean society of thoracic radiology[J]. Korean J Radiol, 2021, 22: 263-280.
- [2] 中华医学会呼吸病学分会. 早期肺癌诊断中国专家共识(2023 年版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2023, 46:1-18.
- [3] MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the fleischner society 2017[J]. Radiology, 2017, 284: 228-243.
- [4] Yang W, Jiang H, Khan AN, et al. Transthoracic needle aspiration in solitary pulmonary nodule[J]. Transl Lung Cancer Res, 2017, 6: 76-85.
- [5] 金 辉, 谭 捷, 胡文霞, 等. 挂线法辅助微波针肺结节穿刺[J]. 中国肿瘤杂志, 2022, 49:87-90.
- [6] Li GC, Fu YF, Cao W, et al. Computed tomography - guided percutaneous cutting needle biopsy for small ( $\leq 20$  mm) lung nodules[J]. Medicine (Madr), 2017, 96: e8703.
- [7] Hu H, Li C, Lv T, et al. Contrast-enhanced computed tomography prior to percutaneous transthoracic needle biopsy reduces the incidence of hemorrhage[J]. Ann Transl Med, 2021, 9: 288.
- [8] Rickets W, Lau KKW, Pollit V, et al. Exploratory cost - effectiveness model of electro magnetic navigation bronchoscopy (ENB) compared with CT-guided biopsy (TTNA) for diagnosis of malignant indeterminate peripheral pulmonary nodules [J]. BMJ Open Respir Res, 2020, 7: e000595.
- [9] Wu Q, Cao B, Zheng Y, et al. Feasibility and safety of fine positioning needle - mediated breathing control in CT - guided percutaneous puncture of small lung/liver nodules adjacent to diaphragm[J]. Sci Rep, 2021, 11: 3411.
- [10] Fu R, Zhang C, Zhang T, et al. A three-dimensional printing navigational template combined with mixed reality technique for localizing pulmonary nodules[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2021, 32: 552-559.
- [11] Xu Y, Fu J, Cao W, et al. Efficacy and safety of new disposable percutaneous positioning device invented to facilitate the precision of percutaneous core needle lung biopsy: a prospective, open and randomized controlled study[J]. J Thorac Dis, 2021, 3: 4965-4976.
- [12] Hwang EJ, Kim H, Park CM, et al. Cone beam computed tomography virtual navigation - guided transthoracic biopsy of small ( $\leq 1$  cm) pulmonary nodules: impact of nodule visibility during real - time fluoroscopy[J]. Br J Radiol, 2018, 91: 20170805.
- [13] Fontana F, Piacentino F, Ierardi AM, et al. Comparison between CBCT and fusion PET/CT-CBCT guidance for lung biopsies[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2021, 44: 73-79.
- [14] Ji Z, Wang G, Chen B, et al. Clinical application of planar puncture template - assisted computed tomography - guided percutaneous biopsy for small pulmonary nodules[J]. J Cancer Res Ther, 2018, 14: 1632-1637.
- [15] 张 燕, 刘 楠, 任培蓉, 等. 自制定位器引导模板辅助 PET 分子成像定向肺活检术[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29:300-304.
- [16] 王国栋, 邓燕云, 黄东宁, 等. CT 联合电子水平仪技术在穿刺活检诊断肺微小结节的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33: 614-616.
- [17] Jeon MC, Kim JO, Jung SS, et al. CT - guided percutaneous transthoracic needle biopsy using the additional laser guidance system by a pulmonologist with 2 years of experience in CT-guided percutaneous transthoracic needle biopsy[J]. Tuberc Respir Dis (Seoul), 2018, 81: 330-338.
- [18] Tsai SC, Wu TC, Lai YL, et al. Preoperative computed tomography - guided pulmonary nodule localization augmented by laser angle guide assembly[J]. J Thorac Dis, 2019, 11: 4682-4692.
- [19] Chen A, Pastis N, Furukawa B, et al. The effect of respiratory motion on pulmonary nodule location during electromagnetic navigation bronchoscopy[J]. Chest, 2015, 147: 1275-1281.
- [20] Tsai IC, Tsai WL, Chen MC, et al. CT-guided core biopsy of lung lesions: a primer[J]. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193: 1228-1235.
- [21] Zhang L, Li M, Li Z, et al. Three - dimensional printing of navigational template in localization of pulmonary nodule: a pilot study[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 154: 2113-2119.
- [22] Zhang L, Wang L, Kadeer X, et al. Accuracy of a 3-dimensionally printed navigational template for localizing small pulmonary nodules: a noninferiority randomized clinical trial[J]. JAMA Surg, 2019, 154: 295-303.
- [23] Chen C, Xu L, Sun X, et al. Safety and diagnostic accuracy of percutaneous CT-guided transthoracic biopsy of small lung nodules ( $\leq 20$  mm) adjacent to the pericardium or great vessels[J]. Diagn Interv Radiol, 2021, 27: 94-101.
- [24] Li Y, Yang CF, Peng J, et al. Small ( $\leq 20$  mm) ground-glass opacity pulmonary lesions: which factors influence the diagnostic accuracy of CT-guided percutaneous core needle biopsy? [J]. BMC Pulm Med, 2022, 22: 265.
- [25] Guo Z, Shi H, Li W, et al. Chinese multidisciplinary expert consensus guidelines on percutaneous transthoracic needle biopsy[J]. Thorac Cancer, 2018, 9: 1530-1543.

(收稿日期:2023-04-19)

(本文编辑:新 宇)