

## ·讲 座 Lecture·

## 肺小结节胸腔镜术前的 CT 引导定位技术进展

何攀, 冯旭, 刘伟, 曾晨, 徐晓雪

【摘要】 随着低剂量 CT 和电视辅助胸腔镜手术的广泛运用,肺小结节的检出和早期干预越来越普遍。术前对小结节的定位对于手术成功至关重要,目前已有多种术前定位技术,CT 引导是一种简单且成功率较高的定位方式,本文将主要从钩丝系统、微弹簧圈系统、医用胶定位和医用染料定位等方面详细介绍。

【关键词】 肺结节;电视辅助胸腔镜手术;术前定位;CT 引导

中图分类号:R816 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2022)-02-0214-05

**CT-guided localization of pulmonary nodules before thoracoscopic surgery: recent progress in its technique** HE Pan, FENG Xu, LIU Wei, ZENG Chen, XU Xiaoxue. Department of Radiology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong, Sichuan Province 637000, China

Corresponding author: XU Xiaoxue, E-mail: nclittlesnownc@163.com

【Abstract】 With the wide application of low-dose CT scan and video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) in clinical practice, the early detection and timely intervention for pulmonary nodules are becoming more and more common. Preoperative accurate localization of small nodules plays a crucial role in ensuring a successful surgery. At present, there are a variety of preoperative localization techniques, and CT-guided localization is a simple and highly successful localization method. This paper aims to make a detailed introduction about this technique, focusing on the hook wire system, micro-spring coil system, medical adhesive localization, medical dye localization, etc. (J Intervent Radiol, 2021, 31: 214-218)

【Key words】 pulmonary nodule; video-assisted thoracoscopic surgery; preoperative localization; CT guidance

随着低剂量 CT 的广泛应用,肺部孤立性结节 (SPN) 的检出率越来越高,尤其是磨玻璃结节 (GGO)。对于影像检查倾向恶性的 GGO,由于其内细胞成分较少,穿刺活检的诊断率明显低于实性结节,此时,除了定期随访外,手术切除作为根治性的手段,在临床中发挥重要作用。

随着电视辅助胸腔镜手术 (VATS) 的发展,其在肺小结节的应用日渐广泛。以往研究表明,高达 54% 肺小结节在 VATS 时不能观察或触诊,尤其是纯 GGO 更是如此<sup>[1]</sup>。因此术前定位对于 VATS 切除 SPN 至关重要,这不仅可以减少手术时间,也极大提高了手术成功率,避免了中途转为开胸手术的风险。

可以用于 SPN 的术前定位方式很多,然而 CT 引导定位技术仍然是目前国内临床应用最多的方

法。该技术简单,手术时间短,成本相对较低,因此尽管有气胸、出血等风险,但仍为临床所推广,同时,CT 引导定位技术也不断发展出各种新的方法。本文就目前国内外对于肺结节 VATS 术前定位的 CT 引导技术及新方法做一综述。

## 1 钩丝系统

钩丝系统是最常用的定位系统,通常由钩状的头端以及钢丝等刚性或者非刚性材料组成,在 CT 引导下将钩状头端置于结节附近 (<5 mm),之后退出穿刺针,使头端钢丝释放,然后在距离体表约 5 cm 处剪断钢丝,并用纱布将其包裹,用敷贴固定于体表后将患者送往手术室,通常在钩丝系统定位后 1~2 h 内进行 VATS 手术,以避免钩丝的移位。

Park 等<sup>[2]</sup>的 meta 分析中指出钩丝系统定位的初始放置成功率大概为 98%。在 Iguchi 等<sup>[3]</sup>对于 401 例定位及手术的 logistic 回归分析中,发现经过肺裂的定位路径是初次放置失败的风险因素,而对于常规路径定位手术,小病变的大小是初次放置失败的风险因素(结节大小因素  $OR=0.793$ , 95%  $CI=0.631\sim 0.996$ ,  $P=0.046$ )。然而由于钩丝的脱落或者移位,在手术区域可能不能识别到钩丝,这导致了钩丝系统的定位总成功率会有所下降。近两年来研究报道其定位总成功率为 93.9%~96%<sup>[35]</sup>。在之前的研究中,移位的概率为 0.4%~2.4%<sup>[6-9]</sup>,移位可能是由于在转运患者的过程中或者患者在等待手术前运动所导致的,也可能是术中所致。有学者认为病灶距离胸膜较浅可能是导致钩丝脱离肺实质的重要原因<sup>[5]</sup>。Patella 等<sup>[10]</sup>使用头端为螺旋结构的金属丝系统对 102 个结节进行定位,发现这种定位放置的成功率有些许提高,并且术后的并发症也相对较小。这可能与螺旋状的头端有较好的稳固性,不像大多数钩丝系统头端那样比较尖锐有关。黄小燕等<sup>[11]</sup>的研究将使用的双钩钩丝系统与传统单钩钩丝系统相比,发现可以有效降低钩丝移位的风险,但是会增加出血风险( $P<0.05$ ),这可能与双钩形状的头端更易损伤血管有关。

钩丝系统定位的常见并发症是气胸和出血,其发生率分别为 35%和 22%<sup>[2]</sup>。由于钩丝通常由刚性或者半刚性材料构成,其活动度相对较小,与胸壁及肺实质的摩擦力较大,因此患者可能会胸部疼痛。另外,气体栓塞是钩丝系统定位的严重并发症,但其发生率较小。

在最近的报道中介绍了一种改良的钩丝定位系统,由同轴针、推进器、缝合线、锚爪和保护管组成<sup>[12]</sup>。锚爪由 4 个鱼钩形状的钩端组成,形成一个十字形,这样可以有效增加其锚定能力以防止滑出。锚爪与柔和的缝合线相连,代替了原来的钢丝,这样可以有效减轻患者由于钢丝与胸壁摩擦而导致的疼痛。缝合线由一种可吸收的医疗材料制作有 3 种不同的颜色,分别代表 0~26 mm、26~30 mm 和 >30 mm。

在一项使用该装置进行定位的研究中发现,所有病例均手术成功,仅 3 例有轻微移位。无症状气胸和出血的发生率分别为 8.9%和 5.6%,均不需要特殊干预,且在等待 VATS 过程中均有胸痛感。虽然试验样本量较小,但这与其他文献所报道并发症发生率相比有明显减少。

## 2 微弹簧圈定位

微弹簧圈用于肺结节的定位最先是由 Asamura 等<sup>[13]</sup>报道,随后经过不断的改进,在 2004 年 Powell 等<sup>[14]</sup>报道开发了一种留尾的微弹簧线圈定位技术,成为近些年来微线圈定位的主要方法。该方法是使用带纤维涂层的铂制微弹簧圈,在 CT 扫描并确定路径后将穿刺针置入结节附近 5 mm 处,再将微弹簧圈的加载套管连接到针上,将约 30 mm 的微弹线圈从尖端推出使其在结节附近盘旋成螺旋状。再行 CT 扫描确认微弹簧圈前端展开后,测量尖端至胸膜的距离并在导丝上做好标记,随后将穿刺针退出至标记点,将微弹簧圈的其余部位全部展开到胸膜表面。

Park 等<sup>[2]</sup>的 meta 分析结果显示,微弹簧圈定位的成功率约为 97%,略高于钩丝定位系统。也有研究发现微弹簧圈定位的成功率略高于钩线系统(94.9%比 93.9%)<sup>[5]</sup>, (97.2%比 94.4%)<sup>[15]</sup>。这可能由于微弹簧圈由铂金材料构成,相对于钩线系统较软,在肺实质里的活动度相对较大,且微弹簧圈前端有纤维涂层并盘旋成螺旋状,相对于钩丝系统的尖端有更好的锚定力,避免了钩丝系统容易发生移位而导致最终定位失败。然而微弹簧圈定位容易发生脱位,即原本留于脏层胸膜表面的尾巴由于各种原因无法在胸腔镜下观察到。Xu 等<sup>[16]</sup>在关于微弹簧圈定位失败的风险因素分析中发现,穿刺针与胸膜的夹角  $\leq 30^\circ$  ( $P=0.003$ )、胸膜-微弹簧圈距离  $\leq 20$  mm ( $P<0.01$ )和术中存在胸膜凹陷( $P<0.01$ )是导致定位失败的风险因素。Kha 等<sup>[17]</sup>研究发现,省略胸膜标记,直接在结节附近置入微弹簧圈,然后在 VATS 术中配合使用 X 线透视的改良微线圈定位方式最终的手术成功率与留尾式的手术成功率类似,且定位时间更短,然而这要求患者术中接受 X 线透视。Cheng 等<sup>[18]</sup>使用 Xper-CT 与透视相结合的微线圈定位技术也同样在胸腔镜术前成功定位,该方法对于较深部的结节定位更加准确。

在以上两个关于微弹簧圈和钩丝系统定位的对比的研究中,微弹簧圈定位有更低的气胸发生率(15.2%比 48.5%, 9.9%比 16.9%)和更低的肺实质出血率(7.6%比 24.2%, 4.5%比 8.5%)。此外有动物实验表明,微弹簧圈在移位的时候对肺组织的伤害较小。且由于微弹簧圈的相对柔软材质,允许患者在接受定位后不必在 1~2 h 内接受手术,并且引起的疼痛也相对于钩丝较小。然而微弹簧圈定位的操作比钩丝系统定位复杂,相应的手术时间也要长于

钩丝系统。

### 3 医用胶定位

医用胶是一种液体,在遇到组织液或血液等液体后可以快速固化形成一种具有强大粘性的胶球。在 Yao 等<sup>[19]</sup>的研究中详述了医用胶定位的步骤,简言之就是在穿刺针到达结节附近 0.5~1.0 cm 后,回抽确认无血液并有空气后,缓慢注入医用胶,并缓慢撤退穿刺针,撤退的过程缓慢均匀的持续注射医用胶。在 VATS 术中可以在脏层胸膜上看到形成的标记,还可在医用胶中混入亚甲蓝染料,这使得在 VATS 中更易发现脏层胸膜上的标记。

医用胶定位肺结节的成功率可达 98%~100%<sup>[19-22]</sup>。定位失败的主要原因是未在脏层胸膜表面形成标记物,这可以通过控制注射的速度和剂量来改善。且由于医用胶的特性,在撤回穿刺针的时候可以有效的封堵穿刺轨迹,从而减小发生气胸的风险。在 Wang 等<sup>[20]</sup>的研究中,与钩丝定位系统相比,医用胶定位可以显著缓解患者的疼痛。他们还发现,在医用胶定位当天进行 VATS 切除肺小结节手术和次日进行手术的对比中,两组间所有与定位相关的结果均无显著差异,这意味的医用胶定位可以帮助胸外科医生合理安排手术时间。在王挺等<sup>[23]</sup>的研究中发现,使用医用胶定位,其并发症发生率低于钩丝系统,特别是肺出血发生率差异有统计学意义。

然而医用胶定位可能会导致患者刺激性干咳,这可能是医用胶固化时刺激周围肺组织产生的结果<sup>[24]</sup>。当定位结节与胸膜位置较近时,医用胶固化与部分胸膜摩擦可能会产生疼痛<sup>[22]</sup>。医用胶定位的最大缺点是,由于医用胶或者混合染料的渗透,可能会影响肺结节的术后病理诊断,这就要求定位时要精确控制穿刺针路径和针头的位置。

### 4 医用染料定位

使用医用染料定位是一种操作简单且价格相对较低的定位方式,在穿刺针到达结节附近后,向穿刺针内注射少量染料,使定位附近肺组织染色,随后缓慢退出穿刺针至胸膜下区域(<1 cm)时注射少量染料,使对应区域的脏层胸膜染色。在定位结束后进行 CT 扫描,发现结节周围区域和胸膜下区域呈磨玻璃样密度即可。通常使用的染料为亚甲蓝,但是由于亚甲蓝的扩散效应较为明显,可能会导致染色范围较大导致定位失败。并且在有胸膜炭

疽的患者中,由亚甲蓝所染色的胸膜区域并不能很好地在胸腔镜中发现。有研究提出,专利蓝染料的扩散效应较低,能够有效改善在胸膜炭疽患者中染色区域不能很好被发现的问题;专利蓝染料的染色效应较强(>15 h),这能方便合理安排手术时间<sup>[25-26]</sup>。除此之外,吡啶管绿也是一种毒性极低、过敏率极低(0.01%)的生物安全染料,可在红外荧光的照射下清楚显示染色区域。

在一项关于亚甲蓝与微线圈定位的对比中发现三者定位成功率相似,发生气胸、出血的风险也相差不大<sup>[27]</sup>。Lin 等<sup>[28]</sup>也指出亚甲蓝染料相对于钩丝系统定位而言拥有更为少见且轻微的并发症。

由于医用染料价格低廉,且使用简单,可以将医用染料与钩丝系统或者微线圈定位系统结合使用,将定位区域所对应的胸膜下区域进行染色,这样可以有效避免钩丝滑出或者微线圈内缩入肺实质内导致定位失败的问题。刘丽等<sup>[29]</sup>使用微弹簧圈联合亚甲蓝定位的方式对 36 例患者进行术前定位,定位成功率 100%,且术中未发现病灶定位困难,从而认为弹簧圈能克服亚甲蓝在色素沉积的肺表面难以辨别、弥散快等缺点,亚甲蓝能在肺表面标记,两者相辅相成,联合定位成功率高,GGO≤30 mm、实性或 GGO≤10 mm 且结节位于肺野外带以及结节不与脏层胸膜相连(无胸膜凹陷)的患者使用此定位方式的获益最大。

### 5 其他液体定位方式

目前,临床上除了使用亚甲蓝及专利蓝之外,也有学者使用碘油或含碘对比剂、钡剂等液体材料进行定位。然而使用碘油定位要求术中患者置于透视下,这增加了患者及术者的辐射暴露,并且使用碘油定位有引发肺动脉栓塞的风险<sup>[30]</sup>。Lee 等<sup>[31]</sup>使用钡剂悬浮液定位,发现所有患者定位附近出现急性炎性反应,并且在切除时同样会增加患者与术者的辐射暴露。

由于低剂量 CT 和 VATS 的推广,对于 SPN 的早期发现及切除数量大量增加,术前的成功定位是成功切除从而避免转为开胸手术的关键。CT 引导下的定位较为方便,且准确率高,因此在临床上使用最为广泛。

以传统单钩钩丝系统进行定位在我国比较流行,其成功率高,但气胸及胸痛等并发症发生率相对较高,术前移位的风险也较高,这就要求必须在定位完成后 2 h 内进行手术。近些年来不断有学者对



钩丝系统进行改进,包括可以减少移位的双钩头端和螺旋头端,然而双钩头端会增加出血的风险。十字型锚爪头端与软缝线相结合的定位系统可以有效减少移位和并发症的发生率。

微弹簧圈定位可以有效减少移位和胸痛的发生,联合亚甲蓝染料也可提高定位的成功率,然而对于具有脱位风险的患者应该注意选择是否采用留尾式的微弹簧圈定位。

医用胶定位是一种操作简单且成本价格低廉的定位方式,但是其带来的胸痛和可能对病理诊断有所影响的缺点无疑限制了其发展。

医用染料定位同样成本较低,随着专利兰染料的出现,解决了部分亚甲蓝染料渗透性过强所带来的问题,同时吲哚菁绿等染料的运用也增加了该项技术的发展空间。由于该操作简便,因此该技术可以与其他技术联合使用,这样可以有效增加定位的成功率。

综上所述,各个不同的定位方式有着不同的优缺点,本综述阐述各个方式的优缺点,方便临床医师更为准确地选择定位方式,从而减少并发症的发生率。近些年来各个定位方式的改良版本不断涌现,使得 CT 引导下的肺结节定位技术愈发成熟。

#### [参 考 文 献]

- [1] Suzuki K, Nagai K, Yoshida J, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery for small indeterminate pulmonary nodules: indications for preoperative marking[J]. Chest, 1999, 115:563-568.
- [2] 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[J]. Chest, 2017, 151: 316-328.
- [3] Iguchi T, Hiraki T, Matsui Y, et al. Preoperative short hookwire placement for small pulmonary lesions: evaluation of technical success and risk factors for initial placement failure[J]. Eur Radiol, 2018, 28: 2194-2202.
- [4] Chen S, Zhou J, Zhang J, et al. Video-assisted thoracoscopic solitary pulmonary nodule resection after CT-guided hookwire localization: 43 cases report and literature review[J]. Surg Endosc, 2011, 25: 1723-1729.
- [5] Hu L, Gao J, Chen C, et al. Comparison between the application of microcoil and hookwire for localizing pulmonary nodules[J]. Eur Radiol, 2019, 29: 4036-4043.
- [6] Miyoshi K, Toyooka S, Gohara H, et al. Clinical outcomes of short hook wire and suture marking system in thoracoscopic resection for pulmonary nodules [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2009, 36: 378-382.
- [7] Suzuki K, Shimohira M, Hashizume T, et al. Usefulness of CT-guided hookwire marking before video - assisted thoracoscopic surgery for small pulmonary lesions[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2014, 58: 657-662.
- [8] Ichinose J, Kohno T, Fujimori S, et al. Efficacy and complications of computed tomography-guided hook wire localization[J]. Ann Thorac Surg, 2013, 96: 1203-1208.
- [9] Dendo S, Kanazawa S, Ando A, et al. Preoperative localization of small pulmonary lesions with a short hook wire and suture system: experience with 168 procedures[J]. Radiology, 2002, 225: 511-518.
- [10] Patella M, Bartolucci D, Mongelli F, et al. Spiral wire localization of lung nodules: procedure effectiveness and oncological usefulness [J]. J Thorac Dis, 2019, 11: 5237-5246.
- [11] 黄小燕,郑屹峰,潘 锋,等. 肺小结节胸腔镜切除术前 CT 引导下双钩 hook-wire 定位的应用价值[J]. 介入放射学杂志, 2017, 26:1098-1101.
- [12] Fan L, Yang H, Yu L, et al. Multicenter, prospective, observational study of a novel technique for preoperative pulmonary nodule localization[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 160: 532.e2-539.e2.
- [13] Asamura H, Kondo H, Naruke T, et al. Computed tomography-guided coil injection and thoracoscopic pulmonary resection under roentgenographic fluoroscopy[J]. Ann Thorac Surg, 1994, 58: 1542-1544.
- [14] Powell TI, Jangra D, Clifton JC, et al. Peripheral lung nodules: fluoroscopically guided video - assisted thoracoscopic resection after computed tomography - guided localization using platinum microcoils[J]. Ann Surg, 2004, 240: 481-48.
- [15] Yang F, Zhao H, Sui X, et al. Comparative study on preoperative localization techniques using microcoil and hookwire by propensity score matching[J]. Thorac Cancer, 2020, 11: 1386-1395.
- [16] Xu Y, Ma L, Sun H, et al. CT-guided microcoil localization for pulmonary nodules before VATS: a retrospective evaluation of risk factors for pleural marking failure[J]. Eur Radiol, 2020, 30: 5674-5683.
- [17] Kha LC, Hanneman K, Donahoe L, et al. Safety and efficacy of modified preoperative lung nodule microcoil localization without pleural marking: a pilot study[J]. J Thorac Imaging, 2016, 31: 15-22.
- [18] Cheng J, Li C, Wang L, et al. Precise localization of small pulmonary nodules using Pre-VATS with Xper-CT in combination with real-time fluoroscopy-guided coil: report of 15 patients [J]. J Interv Med, 2018, 1: 102-105.
- [19] Yao F, Yao J, Xu L, et al. Computed tomography - guided cyanoacrylate localization of small pulmonary nodules: feasibility and initial experience[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2019, 28: 387-393.
- [20] Wang J, Yao J, Xu L, et al. Comparison of cyanoacrylate and hookwire for localizing small pulmonary nodules: a propensity - matched cohort study[J]. Int J Surg, 2019, 71: 49-55.
- [21] 吴 果,吴显宁,徐美青. 肺小结节术前 CT 引导下微弹簧圈与硬化剂定位的对比分析[J]. 中国肺癌杂志, 2020, 23:429-435.

- [22] Jiang T, Lin M, Zhao MN, et al. Preoperative computed tomography-guided localization for pulmonary nodules with glue and dye[J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 68: 525-532.
- [23] 王 挺,赵振华,王 彬,等. 肺小结节胸腔镜术前医用胶定位的应用价值[J]. 介入放射学杂志, 2017, 26:334-338.
- [24] 付小伟,王军岐,贾 永,等. 医用胶标记在肺部小结节胸腔镜手术前定位的应用[J]. 中国微创外科杂志, 2017, 17:1071-1073.
- [25] Ko KH, Huang TW, Lee SC, et al. A simple and efficient method to perform preoperative pulmonary nodule localization: CT-guided patent blue dye injection[J]. Clin Imaging, 2019, 58: 74-79.
- [26] Lin MW, Tseng YH, Lee YF, et al. Computed tomography-guided patent blue vital dye localization of pulmonary nodules in uniportal thoracoscopy[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2016, 152: 535-544.
- [27] Sun SH, Gao J, Zeng XM, et al. Computed tomography-guided localization for lung nodules: methylene - blue versus coil localization[J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2021, 30: 215-220.
- [28] Lin CW, Ko HJ, Yang SM, et al. Computed tomography-guided dual localization with microcoil and patent blue vital dye for deep-seated pulmonary nodules in thoroscopic surgery[J]. J Formos Med Assoc, 2019, 118: 979-985.
- [29] 刘 丽,文 军,艾 敏,等. CT引导下弹簧圈联合亚甲蓝定位在周围型肺小结节电视胸腔镜手术中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27:1168-1172.
- [30] Yamagami T, Yoshimatsu R, Miura H, et al. Pneumonia occurring after injection of Lipiodol to localize pulmonary nodules before fluoroscopy-aided thoroscopic resection[J]. Acta Radiol Short Rep, 2014, 3: 2047981613499754.
- [31] Lee NK, Park CM, Kang CH, et al. CT-Guided percutaneous transthoracic localization of pulmonary nodules prior to video-assisted thoroscopic surgery using barium suspension[J]. Korean J Radiol, 2012, 13: 694-701.
- (收稿日期:2020-09-10)  
(本文编辑:俞瑞纲)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告

《Journal of Interventional Medicine》

网址: [www.keaipublishing.com/JIM](http://www.keaipublishing.com/JIM)

邮箱: [j\\_intervent\\_med.@163.com](mailto:j_intervent_med.@163.com)