



中国胸心血管外科临床杂志

Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery

ISSN 1007-4848,CN 51-1492/R

《中国胸心血管外科临床杂志》网络首发论文

题目：肺小结节术前辅助定位技术中国专家共识（2025 版）
作者：顾春东，刘宝东
收稿日期：2025-05-14
网络首发日期：2025-07-16
引用格式：顾春东，刘宝东.肺小结节术前辅助定位技术中国专家共识(2025 版)[J/OL]. 中国胸心血管外科临床杂志.
<https://link.cnki.net/urlid/51.1492.R.20250715.1513.012>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

肺小结节术前辅助定位技术 中国专家共识（2025 版）



顾春东¹, 刘宝东², 中国医药教育协会肺癌医学教育工作委员会, 海峡医药卫生交流协会
胸外科专委会

1. 大连医科大学附属第一医院 胸外科 (辽宁大连 116011)
2. 首都医科大学附属宣武医院 胸外科 (北京 100053)

【摘要】 胸外科手术中如何准确定位肺小结节是手术成功的关键挑战。《肺小结节术前辅助定位技术中国专家共识 (2025 版)》(简称共识) 在 2019 版的基础上, 基于最新循证医学证据及临床实践的更新, 旨在为临床提供参考。共识归纳了常用术前辅助定位技术, 如经皮肺穿刺定位 (Hookwire 定位针、金属弹簧圈等)、经支气管穿刺定位 (电磁导航支气管镜等) 及虚拟现实与 3D 打印定位等, 并介绍了不同定位技术的应用指征、操作规范及潜在并发症, 分析了现有技术的优势与不足, 结合最新技术手段强调根据患者具体情况选择最合适的定位方法, 以提高手术成功率和安全性, 促进胸外科手术微创化、精准化发展。

【关键词】 肺小结节; 术前辅助定位; 专家共识

Chinese expert consensus on preoperative assisted positioning technology of small pulmonary nodules (2025 edition)

GU Chundong¹, LIU Baodong², Lung Cancer Medical Education Committee of Chinese Medicine Education Association, Thoracic Surgery Professional Committee of the Cross-Strait Medical and Health Exchange Association

1. The First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Dalian, 116011, Liaoning, P. R. China
2. Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing, 100053, P. R. China

Corresponding authors: GU Chundong, Email: guchundong@dmu.edu.cn; LIU Baodong, Email: liubaodongxw@aliyun.com

【Abstract】 How to accurately locate pulmonary nodules in thoracic surgery is a key challenge in surgery. "Chinese expert consensus on preoperative assisted positioning technology of small pulmonary nodules (2025 edition)" (hereafter referred to as the consensus) is an update version incorporating the latest evidence and clinical practice based on the 2019 edition, aiming to provide reference for clinical practice. The consensus summarizes commonly used preoperative assisted positioning technologies, such as percutaneous lung puncture positioning (Hookwire positioning needles, metal spring coils, etc.), transbronchial puncture positioning (electromagnetic navigation bronchoscopes, etc.), and virtual reality and 3D printing positioning, and introduces the application indications, operating specifications and potential complications of different positioning technologies, analyzes the existing technical advantages and shortcomings, and emphasizes the selection of the most appropriate positioning method according to the specific situation of the patient, so as to improve the success rate and safety of the surgery, and promotes the minimally invasive and precise development of thoracic surgery.

【Key words】 Small pulmonary nodule; preoperative assisted localization; expert consensus

Foundation items: Noncommunicable Chronic Diseases-National Science and Technology Major Project (2024ZD0529400); Dalian Science and Technology Innovation Fund Project (2024JJ13PT067); Liaoning Revitalization Talents Program-Leading Medical Experts Project (XLYC 2412013)

DOI: 10.7507/1007-4848.202505036

基金项目: 四大慢病重大专项 (2024ZD0529400); 大连市科技创新基金项目 (2024JJ13PT067); 辽宁省“兴辽英才计划”医学名家项目 (XLYC2412013)

通信作者: 顾春东, Email: guchundong@dmu.edu.cn; 刘宝东, Email: liubaodongxw@aliyun.com

随着人口老龄化加剧、工业化进程提速、主(被)动吸烟人群低龄化和空气污染加重等因素叠加,肺癌在主要工业化国家已成恶性肿瘤发病率及死亡率首位。近年来随着人们健康意识提高和筛查手段更新换代,肺结节尤其是直径<1 cm 的肺小结节 (small pulmonary nodule, PSN) 检出率呈井喷式增加^[1], 成为胸外科手术的主要病种之一。如何明确肺小结节性质, 常规检查手段 (如经支气管穿刺活检和经皮肺穿刺活检) 和目前热点技术 (如人工智能、计算机三维重建和 3D 打印技术) 等都存在一定局限性^[2]。日本开展了一系列影像学指导下的前瞻性关于手术方式的临床研究如 JCOG0802、JCOG0804 和 JCOG1211 研究以及美国的 CALGB140503 研究均已证实胸腔镜下亚肺叶切除术 (肺段切除或楔形切除) 兼具有诊断和治疗此类小结节的微创性、精准性和彻底性^[3-4]。然而无论是肺段切除还是楔形切除术, 完善的术前规划以及精准的术前辅助定位都是保证彻底切除的关键与难点。因此术中如何尽快通过术前辅助定位并找到目标病灶、如何快速决定安全切缘范围、如何最大程度保留健康肺组织, 成为胸外科医师急需解决的 3 大重要现实问题。在此背景下, 2019 年我们组织国内专家制定了《肺小结节术前辅助定位技术专家共识》^[5]。过去 5 年, 国内外临床实践对肺小结节术前辅助定位理念及技术不断创新, 同时亦可能引起不同的并发症, 因此有必要对该共识进行更新。我们通过中国医药教育协会肺癌医学教育工作委员会和海峡医药卫生交流协会胸外科专委会组织相关专家在 2019 版共识基础上充分研讨, 结合最新的循证医学证据及临床实践应用情况, 制定了《肺小结节术前辅助定位技术中国专家共识 (2025 版)》(以下简称本共识), 旨在为胸外科肺小结节术前个体化定位临床实践提供参考依据。

本共识的推荐级别为: 1A 级: 基于高水平证据 (严谨的 Meta 分析或随机对照试验结果), 专家组有统一认识; 1B 级: 基于高水平证据 (严谨的 Meta 分析或随机对照试验结果), 专家组有小争议; 2A 级: 基于低水平证据, 专家组有统一认识; 2B 级: 基于低水平证据, 专家组无统一认识, 但争议不大; 3 级: 专家组存在较大争议。

1 共识一: 术前辅助定位的适应证与要求 (1B)

日本学者 Suzuki 早在 1999 年就指出, 胸腔镜下肺小结节切除手术中 46% 的中转开胸是因为无

表 1 肺小结节术前辅助定位的适应证

适应证	具体内容
结节特征	术中难以探查的亚厘米结节, 或位于肺实质深部结节 (如距脏层胸膜>1.0 cm)
影像学表现	纯磨玻璃结节、混合型磨玻璃结节 (部分实性结节)
术者主观判断	术中可能出现定位困难或下叶肺结节随呼吸吸度位置变化较大

表 2 肺小结节常用术前辅助定位技术

定位技术	具体内容
经皮肺穿刺定位	Hookwire 定位针、金属弹簧圈、基准标记物、液体材料 (如亚甲蓝、碘油、医用胶等)
经支气管穿刺定位	电磁导航支气管镜、虚拟肺图、射频识别技术、荧光示踪剂等
虚拟现实与 3D 打印定位	3D 打印技术、计算机三维重建技术、机器人辅助定位

法准确定位病灶。尤其是在目标病灶距脏层胸膜表面距离为 5~10 mm 时, 胸腔镜手术中转开胸的比例上升至 63%^[6]。肺小结节在肺表面大多难以直接看到^[7]或因脏层胸膜粘连术中使用能量器械松解导致肺表面硬痂干扰判断, 因而术中手指触诊肺小结节定位准确率不高^[8], 而导致切缘安全距离不够甚至切除范围过大^[9-10]。因此, 术前对肺小结节进行精确定位, 以便术中快速识别结节位置, 是胸外科肺小结节手术微创化、精准化和彻底化的必然要求。

本共识专家组推荐的肺小结节术前辅助定位适应证^[11-12], 需同时满足以下条件 (表 1), 同时在技术层面需保证达到: (1) 尽量保证穿刺通道从穿刺的脏层胸膜到结节的距离最短; (2) 手术需要完全切除穿刺通道和定位材料; (3) 手术在确保切缘阴性的同时, 尽可能保留正常肺组织。

2 共识二: 常用术前辅助定位技术 (2A)

我们整理了目前可有效提高手术切除成功率, 且安全性较高的术前辅助定位方法^[10,13-16] (表 2)。

2.1 经皮肺穿刺辅助定位技术

经皮肺穿刺辅助定位是指在术前通过高分辨率 CT (high resolution CT, HRCT) 扫描明确结节位置, 穿刺针经皮肺穿刺至结节位置或周围, 通过置入定位标志物来定位结节。经穿刺针放置在目标区域的标志物分为固体标志物或液体标志物两类。前者包括各类 Hookwire、锚钩、金属弹簧圈和基准标记物, 后者包括碘油、颜色染料 (如亚甲

蓝)、凝固性材料(如医用胶)及放射性物质等。

2.1.1 经皮肺穿刺 Hookwire 定位 Hookwire 定位是目前使用最多的经皮肺穿刺定位法,该技术在国内最早由复旦大学附属肿瘤医院陈海泉教授团队开展^[17-18]。Hookwire 定位针最早应用于乳腺结节的定位^[7],其主要由两部分组成:针尖部位是包含在穿刺套管针内用于固定在肺组织中的倒刺针(或金属钩),展开长度约 1 cm,针后方为长约 30 cm 的连接线。穿刺定位的具体操作方法可参见本共识 2019 年版^[5]。操作中应避免直接穿刺结节而增加针道种植风险,推荐 Hookwire 定位针距离结节<5 ~ 10 mm^[17,19]。定位完成后需再次复查 HRCT 确认定位针位置,并观察是否发生出血、气胸或空气栓塞等并发症。将针后方连接线紧贴皮肤固定包扎,尽快将患者转送至手术室等待胸腔镜手术^[10]。定位后胸壁内携带金属定位针,易导致患者在等待手术过程中疼痛不适,尤其是下叶结节定位后呼吸动度较大,容易导致定位针脱落或在肺组织内移位导致定位失败。近年来上海胸科医院团队^[20]报道了一种全新设计的锚钩式定位针,有效降低了脱钩率和定位后疼痛。但其局限性是如定位后手术取消难以经皮安全拔出。另有文献^[21]报道在杂交手术室采用 C 臂 CT 可实现术中的“即时定位即时切除”的快速模式,极大缩短了患者定位后的等待过程,但对高昂设备及手术间(铅房)要求存在一定的应用局限性。

2.1.2 经皮肺穿刺金属弹簧圈定位 该技术操作步骤与 Hookwire 定位法基本一致,术前通过 HRCT 扫描确定结节位置和穿刺路径,穿刺后套管针尖端应距离目标病灶<1 cm^[22]。再次行 HRCT 局部扫描确认套管针前端位置后,经套管内释放形状记忆合金弹簧线圈,形状记忆合金的超弹性特性使其在结节附近形成塔式弹簧,牢固锚定组织^[23]。用于经皮穿刺定位的金属弹簧圈有多种^[24-25],包括金属微弹簧圈(Tornado®微弹簧圈、Interlock™纤维毛弹簧圈)、可拆卸弹簧圈(Azur®可拆卸弹簧圈)、混合型弹簧圈及目前正在开发的生物可降解弹簧圈等。金属弹簧圈放置完毕后,需重复行 HRCT 扫描确认定位效果,并除外气胸、出血等并发症。近年来金属弹簧圈定位技术不断发展,显示了很好的应用前景。

2.1.3 经皮肺穿刺基准标记物定位 将不透 X 射线的金属基准标记物经皮穿刺放置在要切除的结节内或附近,其优点是放置基准标记物的路径不会对手术路径产生影响。此外由于基准标记物是惰

性的,定位和手术可以在不同时间进行,甚至在不同的医院进行^[26]。基准标记物放置必须注意避免放置在静脉和气道中。理想的放置位置是使结节位于其和脏层胸膜之间。术中通过 C 臂 X 线透视确认基准标记物位置,确保结节在亚肺叶切除的切缘范围内^[27]。

2.1.4 经皮肺穿刺注射液体标记物 定位时在 CT 引导下注入各类液体材料的方法大同小异,该技术与 Hookwire 定位法相似^[28],具体操作方法亦可参见本共识 2019 年版^[5]。

医用胶是一种生物安全性较好的医用材料,其注射后在肺组织内形成团块的稳定性较好,存在时间较长,且不易向周围弥散,术中通过触诊感知结节位置。其另一优点是定位效果受注射时间影响小,因此适用于定位后无法立即手术患者。但是医用胶定位的缺点是注射时会造成一定疼痛,可能与刺激壁层胸膜有关;此外由于医用胶具有刺激性气味,注射速度过快时可能导致患者咳嗽而影响定位准确性。

亚甲蓝是最常见的医用染料,其价格便宜,容易获取,注射过程疼痛较轻,术中无需透视和辐射照射而直观识别其标记。亚甲蓝定位的缺点是注射后弥散速度快,因此需要注射后尽快手术。临床已证实亚甲蓝联合 Hookwire 定位针具有很好的安全性和有效性^[29]。

^{99m}Tc-MAA (Technetium-99m albumin aggregated) 是一种放射性示踪剂,其定位原理是在结节位置沉积足够的放射性核素,术中可通过伽马探针从多个角度向肺实质内进行探测,以确定结节位置^[26]。这种同位素的半衰期为 6 h,既可以保证足够的示踪时间用以手术,又可以在术后快速衰变以消除其放射性。既往研究^[30]显示此定位方法较可靠,且不存在血管栓塞风险。不过此定位方法也存在其特有的局限性,限制了其大规模临床应用。

2.2 经支气管穿刺辅助定位技术

2.2.1 经支气管穿刺射频识别辅助定位 有日本学者^[31]曾报道 1 例利用支气管穿刺射频识别(radiofrequency identification, RFID)技术进行术前辅助定位肺小结节的应用。在杂交手术室,患者在全身麻醉下单腔气管插管,术者在透视和虚拟支气管镜引导下通过支气管镜将 RFID(接收射频信号的微型天线,直径 1.8 mm,体长 7 mm)放置在目标病灶附近。在肺叶部分切除术之前,通过射频探头检测目标区域并确定病灶位置,成功切除肺结节。该项技术的应用将有利于术前辅助定位技术的发展。

2.2.2 经电磁导航支气管镜穿刺辅助定位 电磁导航支气管镜 (electromagnetic navigation bronchoscopy, ENB) 技术基于 HRCT 计算机重建图像, 使用体内外电磁场通过传感器引导支气管镜穿过支气管到达病灶。该技术利用外直径为 2.8 ~ 3.5 mm 的超细支气管镜 (ultrathin bronchoscope, UB), 可到达普通支气管镜难以到达位于细支气管分支的肺结节周围, 通过穿刺注射液体标记物, 或金属标记物如金属弹簧圈和金属天线来进行术前辅助定位。ENB 对接近 7 级或更高级别支气管的周围型肺结节具有良好的定位效果, 尤其是直径接近 1 cm 的病灶。例如可通过 ENB 注射医用染料定位病灶, 帮助胸腔镜下亚肺叶切除术顺利完成^[32]。2021 年国内报道了 ENB 引导下的叫噪菁绿肺结节定位, 然后利用荧光胸腔镜进行手术切除, 其定位有较高的成功率 (98.3%) 和准确率 (89%)^[33]。一项 Meta 分析^[34] 显示, 在 40 项研究的 3 342 例参与者中, 利用 ENB 诊断的恶性肿瘤敏感性为 77%, 特异性为 100%。获取患者足量病理样本的比例占 90.9%, 且伴随气胸的发生率仅为 2.0%。这表明 ENB 对于肺结节的定位、诊断和治疗具有较高的可靠性和安全性。

2.2.3 虚拟肺图定位 虚拟肺图 (virtual assisted lung mapping, VAL-MAP) 又称为虚拟导航支气管镜技术, 是指通过超细支气管镜将荧光剂注射到周围支气管腔, 随后利用计算机 3D 重建来实时标记。日本学者 Sato 教授等^[35] 首次提出并运用该技术。其通过肺部图像提供的肺部几何信息来预测合理的手术入路和切缘的安全范围, 并将其运用于胸腔镜部分肺切除术。对于需要亚肺叶切除的肺小结节患者, 通常在手术前 24 h 内通过导航支气管镜将染料溶液 (通常是叫噪菁绿或亚甲蓝) 精确注射到目标肺段支气管附近的支气管黏膜下或穿透支气管壁到达脏层胸膜下。注射后, 染料会在肺表面形成可见的 (亚甲蓝) 或在近红外光下显荧光的叫噪菁绿标记点。之后通过计算机重建技术, 绘制清晰的肺结节位置和安全切缘范围的肺部图像^[36]。

现有几项 Meta 分析^[37] 均证明了 VAL-MAP 的有效性, 但研究多基于样本数量较小的单中心样本或回顾性分析。国外文献报道, VAL-MAP 技术已用于直径 < 1 cm 的肺结节的肺段切除 (通过肺段动脉定位)^[38]、楔形切除术^[39-40] 等, 并显示出良好的安全性和可操作性^[41-42]。

2.3 无创性 CT 模拟 3D 辅助定位技术

2.3.1 计算机三维重建和 3D 打印技术辅助定位

通过术前计算机三维重建以及 3D 打印技术, 制作定位模板辅助进行经皮肺穿刺定位。传统经皮肺穿刺定位由医生在二维 CT 图像上测定穿刺针进针深度和进针角度后进行徒手穿刺。此操作过程易受到医生操作手法和操作经验的影响。相比之下, 通过计算机三维重建胸部结构以及结节位置, 能更好地协助医生选择穿刺位置、角度以及深度, 并且利用 3D 打印技术制造个体化的穿刺路径固定装置, 依照患者体表标志固定于胸壁, 进一步辅助操作者进行更精准、安全且迅速的穿刺定位。自 2017 年以来, 国内外学者^[43, 44-46] 陆续报道多种 3D 打印技术成功应用于经皮肺穿刺定位。3D 打印模型制作依赖胸部 HRCT 扫描及计算机三维重建, 部分模型制作成功后, 无需在操作中进行重复 CT 扫描即可进行穿刺定位, 制作 3D 打印模型与手术不需要在同一天完成, 甚至不需要在同一所医院完成, 只需在术前与患者体表放置制作好的模型装置, 根据既定穿刺路径进行穿刺操作即可, 大大减少了患者的 CT 扫描次数, 缩短穿刺后等待手术时间。

2.3.2 三维可视化技术指导下的流域分析辅助精准分段与辅助定位 针对特殊位置肺结节精准定位的难题, 流域分析定位法利用人工智能模拟目标肺动脉的扩张模式, 流域充盈自然成段, 术前能清晰显示肺结节与目标流域的立体位置关系, 用于指导术中阻断目标肺动脉联合荧光反染 (BTA-ICG) 后的实时精准定位^[47]。2019 年一些医院已完成相关临床研究, 证实对于传统 CT 引导下定位困难的肺部结节, 流域分析辅助定位法是有效且安全的^[48]。

2.3.3 虚拟现实及人工智能自动分割定位系统辅助定位 早期利用计算机三维重建技术术前规划出肺结节与胸内可见解剖常见标志点 (如肋骨肋角) 间的空间距离, 术中美兰染色解剖标志点, 麻醉师膨肺模拟术前肺呼吸状态, 肺表面接触解剖标志点美兰, 以术前规划结合术中定位的方式实现肺结节的准确定位^[49]。而近年来虚拟现实辅助定位技术兴起, 术者在术中使用可穿戴的显示设备, 通过计算机三维重建, 将肺组织、支气管、血管、神经, 以及肺结节的相对位置以立体图像呈现在术者眼前, 帮助术者精确测量距离, 辅助勾画手术切缘。例如, 人工智能自动分割定位系统通过深度学习技术 (如 3D U-Net、Transformer), 基于术前 CT 影像自动规划最优穿刺路径, 避开血管、支气管等高危区域, 结合实时导航技术 (电磁追踪或增强现实) 动态修正呼吸运动引起的位移, 将定位误差控制在相对较小的范围以内, 较传统人工操作精度提升 50%^[50-51]。

表 3 肺小结节穿刺定位禁忌证

绝对禁忌证	(1) 严重肺功能不全：第一秒用力呼气容积<35% 预计值或一氧化碳弥散量<40% (2) 无法配合操作：无法屏气、保持体位或听从指令（如意识障碍、严重精神疾病、频繁剧烈咳嗽无法通过药物缓解） (3) 病变位置高危：穿刺路径无法避开大血管、心脏、纵隔结构 (4) 穿刺路径存在活动性感染（如肺炎、皮肤感染）
相对禁忌证	焦虑/疼痛不耐受、肺气肿/肺大疱、服用抗凝/抗血小板药、中度肺功能不全等，需结合患者具体情况和多学科评估穿刺定位可行性（如胸外科、呼吸科、麻醉科）

近期，有外国学者^[52]利用 C 臂 CT 实时三维重建联合胸腔镜手术，开展 II 期临床试验。截至 2020 年 8 月该课题已入组 50 例患者共 52 处肺结节，切除成功率达 97%^[53]。

3 共识三：现有技术优势与不足（1B）

3.1 经皮肺穿刺辅助定位技术

3.1.1 技术特点 目前经皮肺穿刺是最常用的术前辅助定位技术，多采用 CT 引导，具有操作快捷、技术简单、切除成功率高、费用低廉等优势。经皮肺穿刺辅助定位所用的标记物，又以 Hookwire 定位针最为简单实用^[5]。该技术的可靠性和安全性充分保障了胸腔镜手术顺利开展，显著降低了术中因无法找到结节而转为开胸的几率^[5]。不过，经皮肺穿刺辅助定位技术也有其风险和并发症，且不良事件发生率随患者穿刺后等待手术时间延长而增加，因此穿刺后应尽快手术^[5]。目前有效的解决方案之一是使用专门的杂交手术室，这样可简化定位-手术过程，显著缩短患者定位后等待手术时间^[5]。此外，Hookwire 定位后如因各种原因需取消手术，难以保证 Hookwire 定位针经皮拔除的安全性。之前的专家共识^[5]表明，尽管曾出现金属弹簧圈在肺内移位导致定位失败的案例，这项技术总体上具有与 Hookwire 定位相似的有效性，并且其并发症发生率要低于 Hookwire 定位，甚至认为金属弹簧圈的并发症发生率是各种金属标记物中最低的。与上述两种定位方式相比，最新研究^[5]表明注射碘油定位的成功率在所有辅助定位技术中最高，不过术者暴露在辐射中需穿铅衣增加了其操作不便性^[10]。医用胶定位基本上可以避免上述缺点。注射亚甲蓝辅助定位也有其局限性，例如其在肺表面弥散速度较快，如染料注射过量，或注射后不能尽快手术，可能因染料弥散而导致定位精度下降。

3.1.2 并发症 (1) 气胸：发生率高达 35%，是最常见的经皮肺穿刺并发症。多因穿刺针刺破胸膜腔导致，大多数气胸患者在转送至手术室前并无不适，因此无需特殊处理，仅有约 1% 的张力性气胸患者需要胸腔闭式引流^[5]。

(2) 胸腔内出血：发生率约为 15%，穿刺针穿破肺内血管或胸壁内血管引发出血^[5]。患者转送至手术室后可在胸腔镜下止血，一般无需特殊处理。

(3) 胸膜反应及休克：定位突破胸膜过程中引起胸膜神经反射、炎症刺激及迷走神经激活，表现为胸痛、心动过缓、低血压、出汗、恶心甚至晕厥。大多数症状轻微不需要特殊处理，术前给予镇静，术中充分胸膜麻醉往往可降低其发生率^[54]，对于出现严重胸膜反应患者，需立即停止操作，给予补液吸氧，甚至给予血管活性药物抗休克治疗^[55]。

(4) 定位材料移位：定位标记物偏离目标病灶区域可直接导致定位失败或导致扩大切除^[56-57]，是最严重的并发症，其中 Hookwire 定位针脱落几率最高，约占 6%。金属弹簧圈及碘油/医用胶脱位分别占 3% 及 1%^[5]。

(5) 其他：Hookwire 定位导致的空气栓塞较罕见^[5,58]，发生率约为 0.1%~0.5%^[59]，多因操作过程中气体经穿刺针或血管破口进入循环系统所致。危险因素包括：穿刺路径经过肺静脉或支气管血管束、患者咳嗽或深呼吸导致胸内压波动、合并肺气肿或肺大疱等基础病变，但通过规范操作和及时救治可显著改善预后。临床中需严格掌握适应证，对高危患者（如肺血管病变者）建议选择替代定位技术（如 ENB）。此外，文献^[60]报道由于金属弹簧圈定位较深，行肺楔形切除的范围无法包含金属弹簧圈而致使其遗留肺组织内。

3.1.3 技术瓶颈 (1) 当目标病灶距离脏层胸膜较远（距离>4 cm）时，经皮肺穿刺安全性明显下降，并发症增多，此时做肺叶切除可能为更佳选择；(2) 目标病灶靠近纵隔区域，穿刺如误伤心脏、大血管可能出现致死性大出血；(3) 肩胛骨、肋骨等遮挡穿刺路径可导致穿刺失败；(4) 由于下肺叶比上（中）肺叶的呼吸动度大，位于下肺叶尤其是靠近膈肌位置结节的定位难度较上（中）肺叶结节定位难度更大，并发症发生几率更高；(5) 多发结节需要多针多点定位，反复穿刺可造成气胸等并发症，进一步增加穿刺定位难度；(6) 考虑进针距离最近，行跨间叶裂定位，容易造成气胸。

3.1.4 禁忌证 除了穿刺及手术相关的禁忌证外(表3), Ciriaco 等^[8]提出当肺小结节距脏层胸膜距离 $>4\text{ cm}$ 时, 穿刺相关并发症发生率明显增加, 且肺楔形切除变得更为困难, 此时传统的肺叶切除常为最佳选择。对于心脏大血管附近的小结节, 尽管 Hookwire 定位在技术上是可行的, 但由于大出血风险增加, 本共识不建议采用此方法穿刺定位。部分病例因肩胛骨等骨骼阻挡等, 没有适合的穿刺路径而失败。

因此, 经皮肺穿刺辅助定位有盲区: (1) 距纵隔胸膜 $<3\text{ cm}$ 的区域; (2) 距叶间裂 $<3\text{ cm}$ 的区域(跨叶定位); (3) 肩胛骨、肋骨等骨性结构所覆盖的区域。由于解剖结构的限制, 穿刺通道可能较长, 在切除时可能会造成不必要的大面积正常肺组织损失, 从而在一定程度上影响肺功能。

3.2 经支气管穿刺辅助定位技术

3.2.1 技术优势 经支气管穿刺辅助定位作为一种术前辅助定位技术, 较上述经皮穿刺定位技术可有效减少气胸、出血等并发症, 并对经皮穿刺难以进行的解剖部位(如肺尖或肩胛骨遮挡区域)进行定位。ENB 作为一种术前辅助定位手段, 截至目前的报道^[34]几乎无大出血、空气栓塞等严重并发症, 其气胸发生率也很低, 仅为 2%。同时, 穿刺与手术可在一体化手术室内完成, 缩短了患者等待定位及定位完成后的转运时间, 避免了转运途中的医疗风险, 缩短手术总时间, 提高诊治效率。整个操作过程患者处于麻醉镇静状态, 显著缓解了患者焦虑、紧张等心理压力, 可以在安全、微创、无辐射的前提下完成。因此, 经支气管穿刺辅助定位技术比经皮肺穿刺辅助定位技术的安全性更高。

3.2.2 技术不足 导航支气管镜为主的穿刺定位方法仍有一些不足。以 VAL-MAP 技术为例, 首先, 定位精确性受支气管镜技术制约, 在超细支气管镜下定位导管能够进入更细的支气管分支, 从而到达更外周的小结节周围, 但操作难度也更高。其次, 支气管镜下定位对麻醉的要求较高, 且由于缺乏导航的实时反馈调整机制, 需要经验丰富的医师进行操作, 易受到复杂的多学科协作限制。而胸外科医师掌握该操作技术则需要一定时间的训练, 否则操作时间较大多数传统定位方法更长。此外, 支气管镜下定位的费用较经皮肺穿刺定位更高, 患者接受度差, 不利于推广。与此同时, 经 ENB 引导定位亦受到上述限制。最近, ENB 与透视数字断层合成技术结合用于定位。使用 ENB 导航到目标病灶后, 传统的二维 C 臂荧光镜记录高频图像, 并将捕获的

图像重建为三维影像。ENB 系统能够更新实时透视病灶定位, 允许医生实时调整定位器至最佳位置^[61]。

近年来, 虽然肺小结节术前辅助定位技术不断进步和创新, 但目前仍以 CT 引导下经皮肺穿刺辅助定位技术应用最广泛。建议术者根据医院具体条件选择适当的术前辅助定位技术, 甚至术中立体解剖定位法也是一种很好的补充。

利益冲突: 无。

审校专家(按姓氏笔画排序): 支修益(首都医科大学宣武医院), 刘伦旭(四川大学华西医院), 刘德若(北京中日友好医院), 陈海泉(复旦大学附属肿瘤医院), 何建行(广州医科大学附属第一医院), 姜格宁(同济大学附属上海市肺科医院), 高树庚(中国医学科学院肿瘤医院)

执笔专家: 顾春东(大连医科大学附属第一医院)

共识专家委员会(按姓氏笔画排序): 王光锁(深圳市人民医院), 于振涛(中国医学科学院肿瘤医院深圳医院), 王群(复旦大学附属中山医院), 王俊丰(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院), 牛立志(广州复大肿瘤医院), 车国卫(四川大学华西医院), 马少华(北京大学肿瘤医院), 叶欣(山东第一医科大学附属第一医院), 付向宁(华中科技大学附属同济医院), 刘阳(中国人民解放军总医院), 刘宝东(首都医科大学宣武医院), 刘宏旭(辽宁省肿瘤医院), 刘继先(北京大学深圳医院), 孙大强(天津市胸科医院), 牟巨伟(中国医学科学院肿瘤医院深圳医院), 李志刚(上海交通大学附属胸科医院), 李单青(北京协和医院), 李钟(上海市养志康复医院), 李树本(广州医科大学附属第一医院), 李鹤成(上海交通大学医学院附属瑞金医院), 孙加源(同济大学附属上海市肺科医院), 许顺(中国医科大学附属第一医院), 闫小龙(空军军医大学唐都医院), 陈克能(北京大学肿瘤医院), 陈亮(江苏省人民医院), 陈昶(同济大学附属上海市肺科医院), 杨异(上海市第六人民医院), 杨帆(北京大学人民医院), 初建国(大连医科大学附属第一医院), 范江(上海市第一人民医院), 张卫东(天津第一中心医院), 张兰军(中山大学肿瘤防治中心), 张真发(天津市肿瘤医院), 赵德平(同济大学附属上海市肺科医院), 张毅(首都医科大学宣武医院), 陈椿(福建医科大学附属协和医院), 胡坚(浙江大学医学院附属第一医院), 郑斌(福建医科大学附属协和医院), 柳晨(北京大学肿瘤医院), 姚烽(上海交通大学附属胸科医院), 赵士磊(大连医科大学附属第一医院), 赵晓菁(上海交通大学医学院附属仁济

医院), 赵磊(大连医科大学附属第一医院), 钟文昭(广东省人民医院), 姜杰(厦门大学附属第一医院), 耿国军(厦门大学附属第一医院), 顾春东(大连医科大学附属第一医院), 蒲强(四川大学华西医院), 蔡开灿(南方医科大学南方医院), 廖永德(华中科技大学同济医学院附属协和医院), 熊刚(南方医科大学南方医院), 谭锋维(中国医学科学院肿瘤医院), 谭黎杰(复旦大学附属中山医院)

参考文献

- Aberle DR, Abtin F, Brown K. Computed tomography screening for lung cancer: has it finally arrived? Implications of the national lung screening trial. *J Clin Oncol*, 2013, 31(8): 1002-1008.
- Larscheid RC, Thorpe PE, Scott WJ. Percutaneous transthoracic needle aspiration biopsy: a comprehensive review of its current role in the diagnosis and treatment of lung tumors. *Chest*, 1998, 114(3): 704-709.
- Tan BB, Flaherty KR, Kazerooni EA, et al. The solitary pulmonary nodule. *Chest*, 2003, 123(1 Suppl): 89S-96S.
- Congregado M, Merchan RJ, Gallardo G, et al. Video-assisted thoracic surgery (VATS) lobectomy: 13 years' experience. *Surg Endosc*, 2008, 22(8): 1852-1857.
- 肺小结节术前辅助定位技术专家共识(2019版)专家组. 肺小结节术前辅助定位技术专家共识. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26(2): 109-113.
The Expert Group of Expert Consensus for Localization Technique of Subcentimeter Pulmonary Small Nodule Prior to Video-assisted Thoracoscopic Surgery (version 2019). Expert consensus for localization technique of subcentimeter pulmonary small nodule prior to video-assisted thoracoscopic surgery (version 2019). *Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 26(2): 109-113.
- 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.
- Miyoshi K, Toyooka S, Gobara H, et al. Clinical outcomes of short hook wire and suture marking system in thoracoscopic resection for pulmonary nodules. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2009, 36(2): 378-382.
- Ciriaco P, Negri G, Puglisi A, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery for pulmonary nodules: rationale for preoperative computed tomography-guided hookwire localization. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2004, 25(3): 429-433.
- 黄威, 周逸鸣, 姜格宁. CT 引导下 Hookwire 定位肺部小病灶的临床应用及改进. 中华胸心血管外科杂志, 2015, 31(6): 366-367.
Huang W, Zhou YM, Jiang GN. Clinical application and improvement of Hookwire positioning small lung lesions under CT guidance. *Chin J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 31(6): 366-367.
- 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. *Radiol*, 2002, 225(2): 511-518.
- Chang SH, Geraci TC, Johnson KR, et al. Narrative review: preoperative localization techniques for small lung nodules. *Curr Chall Thorac Surg*, 2022, 4: 36.
- Yanagiya M, Sato M, Ueda K, et al. Preoperative lung surface localization for pulmonary wedge resection: a single-center experience. *J Thorac Dis*, 2020, 12(5): 2129-2136.
- Wang JL, Ding BZ, Xia FF. Preoperative computed tomography-guided localization for multiple lung nodules: a meta-analysis. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2022, 31(8): 1123-1130.
- Pickering EM, Kalchiem-Dekel O, Sachdeva A. Electromagnetic navigation bronchoscopy: a comprehensive review. *AME Med J*, 2018, 3: 117.
- Chiu CH, Chao YK, Liu YH, et al. Clinical use of near-infrared fluorescence imaging with indocyanine green in thoracic surgery: a literature review. *J Thorac Dis*, 2016, 8(Suppl 9): S744-S748.
- 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.
- 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. *Surg Endosc*, 2011, 25(6): 1723-1729.
- 周建华, 李文涛, 陈海泉, 等. 孤立性肺小结节在 CT 引导下带钩钢丝术前定位. 中华胸心血管外科杂志, 2011, 27(5): 257-261.
Zhou JH, Li WT, Chen HQ, et al. Preoperative positioning of isolated pulmonary nodules under CT guidance. *Chin J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 27(5): 257-261.
- Feng Q, Zhou J, Dong N, et al. Factors influencing the accuracy and safety of preoperative computed tomography (CT)-guided soft hook-wire localization for pulmonary nodules: a comprehensive analysis. *Quant Imaging Med Surg*, 2024, 14(3): 2309-2323.
- Fan L, Yang H, Yu L, et al. Multicenter, prospective, observational study of a novel technique for preoperative pulmonary nodule localization. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 160(2): 532-539. e2.
- Zhao L, Lv C, Wang Z, et al. Mobile 3-dimensional C-arm system-assisted localization and resection of pulmonary nodules: a case description. *Quant Imaging Med Surg*, 2023, 13(5): 3378-3382.
- Liu L, Zhang L J, Chen B, et al. Novel CT-guided coil localization of peripheral pulmonary nodules prior to video-assisted thoracoscopic surgery: a pilot study. *Acta Radiol*, 2014, 55(6): 699-706.
- Mayo JR, Clifton JC, Powell TI, et al. Lung nodules: CT-guided placement of microcoils to direct video-assisted thoracoscopic surgical resection. *Radiol*, 2009, 250(2): 576-585.
- Liang Q, Liu H, Liu L, et al. Comparison of hook wire and microcoil preoperative localisation in subsolid pulmonary nodules: a retrospective analysis. *Clin Radiol*, 2025, 82: 106794.
- Wang Y, Yue Z, Shi X, et al. Comparison of safety and effectiveness of medical adhesive and metal spring coil in preoperative localization of peripheral pulmonary nodules. *Front Med*, 2025, 11: 1506254.
- McDermott S, Fintelmann FJ, Bierhals AJ, et al. Image-guided preoperative localization of pulmonary nodules for video-assisted and robotically assisted surgery. *Radiographics*, 2019, 39(5): 1264-

- 1279.
- 27 Sancheti MS, Lee R, Ahmed SU, *et al.* Percutaneous fiducial localization for thoroscopic wedge resection of small pulmonary nodules. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97(6): 1914-1918.
- 28 Park CH, Hur J, Lee SM, *et al.* Lipiodol localization for ground-glass opacity minimal surgery: rationale and design of the LOGIS trial. *Contemp Clin Trials*, 2015, 43: 194-199.
- 29 单立梅, 翟荣, 吴泽宇, 等. 术前 CT 引导下氰基丙烯酸酯联合亚甲蓝定位肺小结节的临床应用. *中国临床研究*, 2022, 2835(4): 503-506, 511.
Dan LM, Zhe R, Wu ZY, *et al.* Preoperative CT-guided localization of small pulmonary nodules with cyanoacrylate and methylene blue. *Chin J Clin Res*, 2022, 2835(4): 503-506, 511.
- 30 Ambrogio MC, Melfi F, Zirafa C, *et al.* Radio-guided thoroscopic surgery (RGTS) of small pulmonary nodules. *Surg Endosc*, 2012, 26(4): 914-919.
- 31 Sato T, Yutaka Y, Nakamura T, *et al.* First clinical application of radiofrequency identification (RFID) marking system-Precise localization of a small lung nodule. *JTCVS Tech*, 2020, 4: 301-304.
- 32 Luo K, Lin Y, Lin X, *et al.* Localization of peripheral pulmonary lesions to aid surgical resection: a novel approach for electromagnetic navigation bronchoscopic dye marking. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(3): 516-521.
- 33 Zhang J, He J, Chen J, *et al.* Application of indocyanine green injection guided by electromagnetic navigation bronchoscopy in localization of pulmonary nodules. *Transl Lung Cancer Res*, 2021, 10(12): 4414-4424.
- 34 Folch E E, Labarca G, Ospina-Delgado D, *et al.* Sensitivity and safety of electromagnetic navigation bronchoscopy for lung cancer diagnosis: systematic review and meta-analysis. *Chest*, 2020, 158(4): 1753-1769.
- 35 Sato M, Omasa M, Chen F, *et al.* Use of virtual assisted lung mapping (VAL-MAP), a bronchoscopic multispot dye-marking technique using virtual images, for precise navigation of thoroscopic sublobar lung resection. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(6): 1813-1819.
- 36 Sato M, Nagayama K, Kuwano H, *et al.* Role of post-mapping computed tomography in virtual-assisted lung mapping. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2017, 25(2): 123-130.
- 37 Kitano K, Sato M. Latest update about virtual-assisted lung mapping in thoracic surgery. *Ann Transl Med*, 2019, 7(2): 36.
- 38 Sato M, Murayama T, Nakajima J. Techniques of stapler-based navigational thoroscopic segmentectomy using virtual assisted lung mapping (VAL-MAP). *J Thorac Dis*, 2016, 8(Suppl 9): S716-S730.
- 39 Sato M, Aoyama A, Yamada T, *et al.* Thoroscopic wedge lung resection using virtual-assisted lung mapping. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 2015, 23(1): 46-54.
- 40 Nakao K, Sato M, Nitadori J I, *et al.* Bilateral segmentectomies using virtual-assisted lung mapping (VAL-MAP) for metastatic lung tumors. *Surg Case Rep*, 2017, 3(1): 104.
- 41 Sato M, Kuwata T, Yamanashi K, *et al.* Safety and reproducibility of virtual-assisted lung mapping: a multicentre study in Japan. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 51(5): 861-868.
- 42 Sato M, Yamada T, Menju T, *et al.* Virtual-assisted lung mapping: outcome of 100 consecutive cases in a single institute. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2015, 47(4): e131-e139.
- 43 Zhang L, Li M, Li Z, *et al.* Three-dimensional printing of navigational template in localization of pulmonary nodule: a pilot study. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 154(6): 2113-2119. e7.
- 44 刘宇健, 杨三虎, 黄立军, 等. 基于体表网格与影像三维重建的肺小结节精准定位法. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2020, 27(10): 1168-1172.
Liu YJ, Yang SH, Huang LJ, *et al.* Accurate positioning method of lung nodules based on three-dimensional reconstruction of body surface mesh and image. *Chin J Clin Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 27(10): 1168-1172.
- 45 Sun W, Zhang L, Wang L, *et al.* Three-dimensionally printed template for percutaneous localization of multiple lung nodules. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108(3): 883-888.
- 46 Alsafadi HN, Uhl FE, Pineda RH, *et al.* Applications and approaches for three-dimensional precision-cut lung slices. disease modeling and drug discovery. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 2020, 62(6): 681-691.
- 47 Chu XP, Chen ZH, Lin SM, *et al.* Watershed analysis of the target pulmonary artery for real-time localization of non-palpable pulmonary nodules. *Transl Lung Cancer Res*, 2021, 10(4): 1711-1719.
- 48 Chu XP, Chen ZH, Lin SM, *et al.* Precise resection of multiple pulmonary nodules using a three-dimensional reconstruction model: a case report. *Thorac Cancer*, 2021, 12(6): 970-973.
- 49 Sekimura A, Mizoguchi T, Ishikawa M, *et al.* Pulmonary nodule localization by pleural marking using virtual thoroscopic imaging. *Kyobu Geka*, 2023, 76(1): 33-39.
- 50 Visentini-Scarzanella M, Sugiura T, Kaneko T, *et al.* Deep monocular 3D reconstruction for assisted navigation in bronchoscopy. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2017, 12(7): 1089-1099.
- 51 Cornelis F H, Filippiadis D K, Wiggermann P, *et al.* Evaluation of navigation and robotic systems for percutaneous image-guided interventions: a novel metric for advanced imaging and artificial intelligence integration. *Diagn Interv Imaging*, 2025, 106(5): 157-168.
- 52 Gill RR, Zheng Y, Barlow JS, *et al.* Image-guided video assisted thoroscopic surgery (iVATS) - phase I - II clinical trial. *J Surg Oncol*, 2015, 112(1): 18-25.
- 53 Gill RR, Barlow J, Jaklitsch MT, *et al.* Image-guided video-assisted thoroscopic resection (iVATS): translation to clinical practice-real-world experience. *J Surg Oncol*, 2020, 121(8): 1225-1232.
- 54 Wu CC, Maher MM, Shepard JA. Complications of CT-guided percutaneous needle biopsy of the chest: prevention and management. *AJR Am J Roentgenol*, 2011, 196(6): W678-W682.
- 55 中国抗癌协会肿瘤介入专业委员会, 中国抗癌协会肿瘤介入专业委员会胸部肿瘤诊疗专家委员会. 胸部肿瘤经皮穿刺活检中国专家共识 (2020 版). *中华医学杂志*, 2021, 101(3): 14-25.
Interventional Oncology Committee of the Chinese Anti-Cancer

- Association, Expert Committee for Diagnosis and Treatment of Thoracic Tumors, Committee of Interventional Oncology, Chinese Anti-Cancer Association. Chinese expert consensus on percutaneous puncture of chest tumors (2020 Edition). *Natl Med J China*, 2021, 101(3): 14-25.
- 56 Ge Y, Wang J, Kheir F, *et al*. The disappearing hook wire: a case report. *J Thorac Dis*, 2023, 15(12): 7149-7154.
- 57 Chen KH, Wu CH, Wei HJ, *et al*. Migrating hook wire that travels to the heart via the bloodstream: a case report. *Medicine*, 2023, 102(13): e33349.
- 58 Xing H, Wang Z, Jiang Y. Case report: cerebral artery air embolism during CT-guided lung nodule resection in hybrid theater. *Front Surg*, 2022, 9: 950159.
- 59 Sun S, Yang Z, Sun H, *et al*. Air embolism after CT-guided localization of pulmonary ground-glass nodules. *Br J Radiol*, 2023, 96(1150): 20220583.
- 60 Iguchi T, Hiraki T, Gobara H, *et al*. Retained short hook wires used for preoperative localization of small pulmonary lesions during video-assisted thoracoscopic surgery: a report of 2 cases. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2015, 38(5): 1376-1379.
- 61 Katsis J, Roller L, Lester M, *et al*. High accuracy of digital tomosynthesis-guided bronchoscopic biopsy confirmed by intraprocedural computed tomography. *Respiration*, 2021, Epub ahead of print.
- 收稿日期: 2025-05-14 修回日期: 2025-05-27
本文编辑: 刘雪梅

《中国胸心血管外科临床杂志》2025 年第 8 期封面解读

《中国胸心血管外科临床杂志》2025 年第 8 期封面以“顾春东, 刘宝东, 中国医药教育协会肺癌医学教育工作委员会, 海峡医药卫生交流协会胸外科专委会. 肺小结节术前辅助定位技术中国专家共识(2025 版), 中国胸心血管外科临床杂志, 2025, 32(8): 1046-1057.”为主题而设计。封面设计对肺结节定位进行联想延展。以蓝色星空为背景, 营造出专业和科技的氛围, 云朵抽象化肺部轮廓, 肺结节如隐于星空的银河系和星璇(象征病灶定位), 地面各式胸腔镜、体外循环机、体外膜肺氧合、消融设备像天文望远镜般精确地指向星空中的结节, 体现胸外科手术肺结节定位各种技术的演进。

《中国胸心血管外科临床杂志》刘雪梅