



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：肺部流域地形图 2.0 原理、技术规范及临床应用胸外科专家共识（2024 版）  
作者：钟文昭，杨帆，胡坚，谭锋维，杨学宁，蒲强，蒋伟，赵德平，李鹤成，闫小龙，范军强，乔贵宾，聂强，陈梓豪，高树庚，吴一龙，中国医师协会胸外科分会，中国抗癌协会非小细胞肺癌专业委员会，中国研究型医院学会胸外科学专业委员会，广东省医学会肺部肿瘤学分会  
收稿日期：2024-12-06  
网络首发日期：2025-01-07  
引用格式：钟文昭，杨帆，胡坚，谭锋维，杨学宁，蒲强，蒋伟，赵德平，李鹤成，闫小龙，范军强，乔贵宾，聂强，陈梓豪，高树庚，吴一龙，中国医师协会胸外科分会，中国抗癌协会非小细胞肺癌专业委员会，中国研究型医院学会胸外科学专业委员会，广东省医学会肺部肿瘤学分会. 肺部流域地形图 2.0 原理、技术规范及临床应用胸外科专家共识（2024 版）[J/OL]. 中国胸心血管外科临床杂志. <https://link.cnki.net/urlid/51.1492.R.20250107.1146.006>



**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。

# 肺部流域地形图 2.0 原理、技术规范及临床应用胸外科专家共识（2024 版）



钟文昭<sup>1</sup>, 杨帆<sup>2</sup>, 胡坚<sup>3</sup>, 谭锋维<sup>4</sup>, 杨学宁<sup>1</sup>, 蒲强<sup>5</sup>, 蒋伟<sup>6</sup>, 赵德平<sup>7</sup>, 李鹤成<sup>8</sup>, 闫小龙<sup>9</sup>, 范军强<sup>10</sup>, 乔贵宾<sup>11</sup>, 聂强<sup>1</sup>, 陈梓豪<sup>1</sup>, 高树庚<sup>4</sup>, 吴一龙<sup>1</sup>, 中国医师协会胸外科分会, 中国抗癌协会非小细胞肺癌专业委员会, 中国研究型医院学会胸外科学专业委员会, 广东省医学会肺部肿瘤学分会

1. 广东省医学科学院 南方医科大学 广东省人民医院 广东省肺癌研究所 胸外科 (广州 510080)
2. 北京大学人民医院 胸外科 (北京 100044)
3. 浙江大学医学院附属第一医院 胸外科 (杭州 310003)
4. 中国医学科学院肿瘤医院 胸外科 (北京 100021)
5. 四川大学华西医院 胸外科 (成都 610041)
6. 复旦大学附属中山医院 胸外科 (上海 200032)
7. 上海市肺科医院 胸外科 (上海 200433)
8. 上海交通大学医学院附属瑞金医院 胸外科 (上海 200025)
9. 空军军医大学唐都医院 胸外科 (西安 710038)
10. 浙江大学医学院附属第二医院 胸外科 (杭州 310009)
11. 南方医科大学珠江医院 胸外科 (广州 510280)

**【摘要】** 随着低剂量 CT 筛查的普及以及高分辨率 CT 的广泛应用, 亚厘米级肺结节的检出率显著提高。如何在避免过度治疗和延误诊断的前提下, 科学管理这些结节已成为临床的重要课题。其中肿瘤实性成分占比 <0.25、以磨玻璃影为主的肺结节尤为值得关注。这一人群的治疗难点在于, 如何在术中实现精准、完整切除结节的同时, 最大限度地保留患者的肺功能。“流域地形图”是一项基于大数据与人工智能算法的新技术。该方法利用常规剂量 CT 平扫的 Dicom 数据, 结合微观 (22 ~ 24 级) 毛细血管网络解剖分水岭特征, 通过特定纹理和形态生成高精度仿真肺亚段的自然分割平面。该技术在肺表面形成荧光流域边界, 与实际肺解剖结构高度拟合。通过分析结节与流域边界的毗邻关系, 可实现结节的实时、可视化精准定位。这一创新性技术为术中肺结节定位与切除提供了全新的解决方案。本共识由国内四大会学牵头, 联合相关领域的专家团队, 以临床实际需求为导向, 参考国内外相关指南与共识, 经过多轮磋商、讨论和投票最终形成。主要内容涵盖了“流域地形图”技术的理论基础、适应证、操作流程、手术规划细节及术后评估标准, 旨在为目前正在或计划开展荧光镜下流域分析法肺结节切除术的临床同行提供科学指导和探索方向。

**【关键词】** 肺结节; 流域地形图; 三维重建; 人工智能; 吡啶菁绿; 专家共识

## Principles, technical specifications, and clinical application of lung watershed topography map 2.0: A thoracic surgery expert consensus (2024 version)

ZHONG Wenzhao<sup>1</sup>, YANG Fan<sup>2</sup>, HU Jian<sup>3</sup>, TAN Fengwei<sup>4</sup>, YANG Xuening<sup>1</sup>, PU Qiang<sup>5</sup>, JIANG Wei<sup>6</sup>, ZHAO Deping<sup>7</sup>, LI Hecheng<sup>8</sup>, YAN Xiaolong<sup>9</sup>, FAN Junqiang<sup>10</sup>, QIAO Guibin<sup>11</sup>, NIE Qiang<sup>1</sup>, CHEN Zihao<sup>1</sup>, GAO Shugeng<sup>4</sup>, WU Yilong<sup>1</sup>, Chinese Medical Doctor Association Thoracic Surgeons Branch, China Anti-Cancer Association, The Society of Non-small Cell Lung Cancer, Chinese Research Hospital Association, The Society of Thoracic Surgery, Guangdong Medical Association Lung Tumor Branch

1. Department of Thoracic Surgery, Guangdong Lung Cancer Institute, Guangdong Provincial People's Hospital (Guangdong Academy of

DOI: 10.7507/1007-4848.202412023

基金项目: 2022 国家自然科学基金肺癌关键科学问题重大联合专项 (82241235); 国家自然科学基金 (82102966); 国家卫生健康委医药卫生科技发展研究中心 (WKZX2023YG0401); 广东省科技厅重点实验室建设项目 (2017B030314120); 第七批国家高层次人才特殊支持计划入选人才 2022 年特殊支持经费 (KA0120231004); 登峰计划: 高水平医院建设项目 (DFJH201801)

通信作者: 钟文昭, Email: zhongwenzhao@gdph.org.cn

Medical Sciences), Southern Medical University, Guangzhou, 510080, P. R. China

2. Department of Thoracic Surgery, The Department of Thoracic Surgery, Peking University People's Hospital, Beijing, 100044, P. R. China

3. Department of Thoracic Surgery, The First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, 310003, P. R. China

4. Department of Thoracic Surgery, Cancer Hospital Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing, 100021, P. R. China

5. Department of Thoracic Surgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, 610041, P. R. China

6. Department of Thoracic Surgery, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai, 200032, P. R. China

7. Department of Thoracic Surgery, Shanghai Pulmonary Hospital, Shanghai, 200433, P. R. China

8. Department of Thoracic Surgery, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai, 200025, P. R. China

9. Department of Thoracic Surgery, Tangdu Hospital, Air Force Medical University, Xi'an, 710038, P. R. China

10. Department of Thoracic Surgery, The Second Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, 310009, P. R. China

11. Department of Thoracic Surgery, Zhujiang Hospital of Southern Medical University, Guangzhou, 510280, P. R. China

Corresponding author: ZHONG Wenzhao, Email: zhongwenzhao@gdph.org.cn

**【Abstract】** With the widespread adoption of low-dose CT screening and the extensive application of high-resolution CT, the detection rate of sub-centimeter lung nodules has significantly increased. How to scientifically manage these nodules while avoiding overtreatment and diagnostic delays has become an important clinical issue. Among them, lung nodules with a consolidation tumor ratio less than 0.25, dominated by ground-glass shadows, are particularly worthy of attention. The therapeutic challenge for this group is how to achieve precise and complete resection of nodules during surgery while maximizing the preservation of the patient's lung function. The "watershed topography map" is a new technology based on big data and artificial intelligence algorithms. This method uses Dicom data from conventional dose CT scans, combined with microscopic (22-24 levels) capillary network anatomical watershed features, to generate high-precision simulated natural segmentation planes of lung sub-segments through specific textures and forms. This technology forms fluorescent watershed boundaries on the lung surface, which highly fit the actual lung anatomical structure. By analyzing the adjacent relationship between the nodule and the watershed boundary, real-time, visually accurate positioning of the nodule can be achieved. This innovative technology provides a new solution for the intraoperative positioning and resection of lung nodules. This consensus was led by four major domestic societies, jointly with expert teams in related fields, oriented to clinical practical needs, referring to domestic and foreign guidelines and consensus, and finally formed after multiple rounds of consultation, discussion, and voting. The main content covers the theoretical basis of the "watershed topography map" technology, indications, operation procedures, surgical planning details, and postoperative evaluation standards, aiming to provide scientific guidance and exploration directions for clinical peers who are currently or plan to carry out lung nodule resection using the fluorescent microscope watershed analysis method.

**【Key words】** Pulmonary nodules; watershed topography map; three-dimensional reconstruction; artificial intelligence; indocyanine green; expert consensus

**Foundation items:** National Natural Science Foundation of China Major Joint Project on Key Scientific Issues of Lung Cancer (82241235); National Natural Science Foundation of China (82102966); National Health Commission Medical and Health Technology Development Research Center Project (WKZX2023YG0401); Guangdong Provincial Key Laboratory of Lung Cancer Translational Medicine (2017B030314120); National High-Level Talents Special Support Program (KA0120231004); High-Level Hospital Construction Project (DFJH201801)

随着胸部 CT 扫描技术的广泛普及,越来越多的肺结节可通过 CT 成像技术筛查和诊断。在各种手术方式中,肺局部切除(楔形切除/肺段切除)被认为是直径 $<2$  cm、肿瘤实性成分占比(consolidation tumor ratio, CTR) $<0.25$ 肺结节手术的优化选择<sup>[1]</sup>。准确定位肺结节则成为手术的关键,传统方式包括 CT 引导下经皮穿刺定位[亚甲蓝或吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)注射定位、定位钩等]<sup>[2-3]</sup>。但对不适合 CT 引导下经皮穿刺定位的不可触及肺

结节定位,常用的标准肺段切除术耗时相对较长,与楔形切除术相比获益不明确<sup>[4]</sup>。因此,亟需更优化的手术方法,为惰性、缓慢生长且预后良好的肺结节患者提供更简化、更高效的治疗选择。

人工智能(artificial intelligence, AI)平台下的肺结节三维(three dimension, 3D)可视化技术是一种用于显示、描述和解释肺结节及其周围 3D 空间结构和解剖形态的工具。该技术利用计算机视觉算法处理影像数据,对肺组织、肺结节、肺内血管



及支气管等结构的形态及空间分布进行精确描述与解读,直观地呈现肺部解剖特征。这种技术为术前精准诊断及个体化手术方案的制定提供了重要的决策依据与参考。

基于流域分析的解剖性部分肺切除术是一种以病灶为核心,在确保切缘安全的前提下,仅切断/阻断靶动静脉而不切断段支气管的改良创新肺结节定位技术,旨在克服传统楔形切除存在的主观性问题,也简化了肺段切除的复杂步骤,可作为部分肺叶切除的有效补充。“流域地形图”指根据肺部靶血管的微观毛细血管网络解剖分水岭分割而成的具有特定纹理和形态的区域,根据术前规划结节在流域地形的毗邻关系,术中快速精准获取结节所在位置。与穿刺定位技术相比,流域地形图精准定位法因其可以在纵隔侧肺表面、肺裂、肺底显影立体流域边界,提供了结节的可视化深度信息,使楔形切除术的适应证进一步扩充到肺内 2/3 区域,并使切除范围可量化和规范化。本共识旨在对肺部流域地形图指导下的肺精准切除术进行探讨,为下一步推广规范化肺部分切除术奠定基础。

## 1 方法与证据

通过检索 PubMed、Web of Science 以及中国知网等数据库,搜集相关文献和研究资料,结合国际现行临床指南和各位专家丰富的临床实践经验,制定本共识,旨在为正在开展或计划实施荧光镜下流域分析法切除肺结节手术外科治疗的同道提供参考。本共识召开执笔专家讨论会 5 次,修订并最终定稿《肺部流域地形图 2.0 原理、技术规范及临床应用胸外科专家共识(2024 版)》。

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(randomized controlled trial, RCT)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 RCT 结果,专家组有争议。

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。

## 2 相关定义

AI 辅助:AI 在肺结节手术中的应用展现出巨大的潜在价值。AI 技术可用于术前辅助诊断,帮助医生更准确地评估肺结节的性质及其恶性概率,

从而为手术切除范围的科学决策提供依据<sup>[5]</sup>。

混合现实(mixed reality, MR)技术:MR 技术在肺小结节的精准定位与切除中发挥了重要作用,通过在现实场景中叠加虚拟信息,构建现实世界、虚拟世界与用户之间的交互反馈回路,以增强用户沉浸感<sup>[6]</sup>。

荧光胸腔镜:该技术通过在患者的胸腔内引入荧光染料或荧光标记物,然后使用荧光显微镜观察这些标记物,以帮助医师可视化并识别组织、血管或肿瘤等结构。荧光胸腔镜的主要应用领域包括肺部手术如肺段切除术,以及肺小结节的定位和切除<sup>[7]</sup>。

单孔 3D 胸腔镜:仅需一个小切口进入胸腔,结合 3D 立体视觉成像,为早期周围型肺癌的治疗提供了精准的手术视野与操作便利。这种技术进一步提升了微创手术的效果和患者的术后恢复<sup>[8-9]</sup>。

流域边界仿真技术:基于 CT 的 3D 重建分析个体化肺部解剖变异及实际流域分水岭解剖边界。通过 AI 算法支持手术中基于肺部流域地形图行精准肺结节切除,可高精度模拟肺结节的个体化独特纹理(图 1),可视化肺结节与流域范围之间的毗邻关系。与国际上 Mimics 等主流 3D 重建软件的传统算法相比,肺部流域地形图 2.0 算法克服了人工依赖性高、模型过于平直及精度较低的局限性,具有实时、全自动、高精度的优势,进一步推动了肺结节手术的精准化与规范化。

## 3 脉管流域理论

### 3.1 动静脉支配区域差异

血管的支配区域通常与特定的组织和器官密切相关。肺部动静脉的分布具有高度的特异性,这种分布方式旨在最大程度地适应肺通气与肺泡毛细血管换气的功能需求,从而显著提高气体交换效率。肺动脉呈交叉分布,通常伴随支气管主干的走行路径,与下级支气管共同构成肺亚段。多个亚段单元进一步组成亚段单元,亚段单元的集群则形成肺段。静脉的走行方式则相对独立,主要穿插于亚段、亚段及段间间隙,形成密集的网状结构。在这些网孔中,分布着丰富的毛细血管网和肺泡组织,因此静脉常被作为段(或亚段)间解剖界限的重要标志。动静脉以这种高度优化的排布方式最大化气体交换效率,同时其分布模式和支配区域也受到个体解剖结构的显著影响。不同个体的动静脉分支模式和分布特征可能存在显著差异。数字解剖学结果表明,肺血管的解剖复杂性堪比指

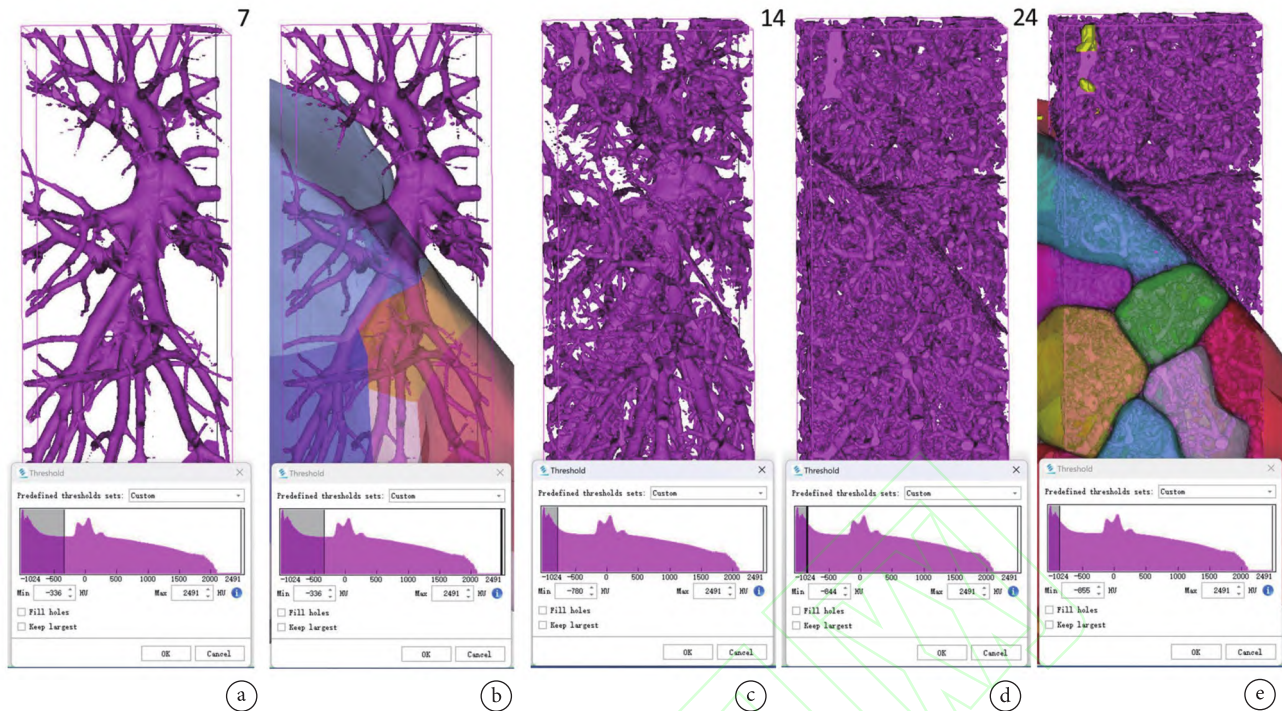


图1 随三维重建深度的增加（7~20级），肺部自然段间平面（肺裂、段界、亚段界）自然浮现

a: 在最低 CT 阈值为-336 HU 时的血管提取层级（6~7 级）；b: 6~7 级血管之间可以使用体素膨胀法或等距法线切割肺段，此时肺段边界平直，精度低；c: 在最低 CT 阈值为-780 HU 时，叶间裂可被初级提取；d: 在最低 CT 阈值为-844 HU 时，叶间裂被完整提取，亚段间平面可被初级提取，血管层级 20~24 级；e: 连通动静脉分水岭可以提取准确的亚段间平面

纹，每个人的肺血管结构都具有高度的个体化特征，这为肺部手术的精准规划与个性化治疗提出了更高的要求（图2~3）。

**推荐意见 1:** 动脉分布于其供血的功能单元肺段中央区域，静脉分布于所引流的相邻功能单元肺段交界，动静脉交错互补，通过密集的毛细血管互相沟通。相邻的动脉之间或静脉之间因脉压差形成了自然屏障，但相邻的动脉和静脉之间具有共流域区域，也有独立流域区域（推荐级别：1A）。

### 3.2 流域分析概念

流域作为一个自然地理单元，通常由一系列河流、小溪、湖泊等地表水体及相应的地下水系统组成。流域理论的核心要点包括地理界定和水文过程<sup>[10]</sup>，通过地貌学与人体仿生学原理的类比，河流对土壤的支配区域与肺部脉管对肺组织的供应范围高度契合：河口作为主水出口，可类比为肺门；地理界定的流域边界作为平面结构，可类比为肺功能单位的段间平面（图4）；水文过程中的河流形态则可类比为动静脉分布。在手术过程中，为精准切除靶组织，通常需要暂时阻断目标动静脉，使靶流域范围处于缺血或静脉压升高的状态。在此基础上，通过膨胀萎陷法或 ICG 标染，可清晰显

影目标血管的流域边界。当采用 ICG 反染边界技术时，需注意其特定时间窗：在标染后 30 s 至 1 min 内，微循环中的 ICG 会扩散，使流域边界逐渐模糊晕染。因此，应在 ICG 扩散之前，迅速完成流域边界的标记，或在结节的肺表面投影区域进行充分标记，以确保手术的精准性。

“流域分析”是一种基于计算机辅助技术的创新方法，旨在精准定位并高效处理肺部小结节（图5）。该方法依赖于高度精确的图像处理与分析，术前规划通常包括以下关键步骤：（1）高分辨率平扫/增强 CT：通过高分辨率 CT 扫描，确定肺结节的位置、大小及 CT 值，为后续规划提供基础数据。（2）3D 重建技术：利用 3D 重建技术明确结节的位置及大小，辅助制定手术方案。3D 影像可直观呈现肺段支气管、动脉和静脉的分布情况，评估有无变异或畸形，同时展示结节与肺段支气管、动脉和静脉的空间关系，明确结节归属的肺段。（3）流域分析：对结节所在区域进行流域分析，精准定位靶动脉及可能需要处理的靶静脉。基于此分析，在保证安全切缘的前提下，模拟解剖性部分肺切除术，以达到最佳的切除效果。（4）个性化定制肺部流域地形图：根据患者肺部解剖的个体化差异，借助 AI 算法模拟肺血管流域的真实边界，



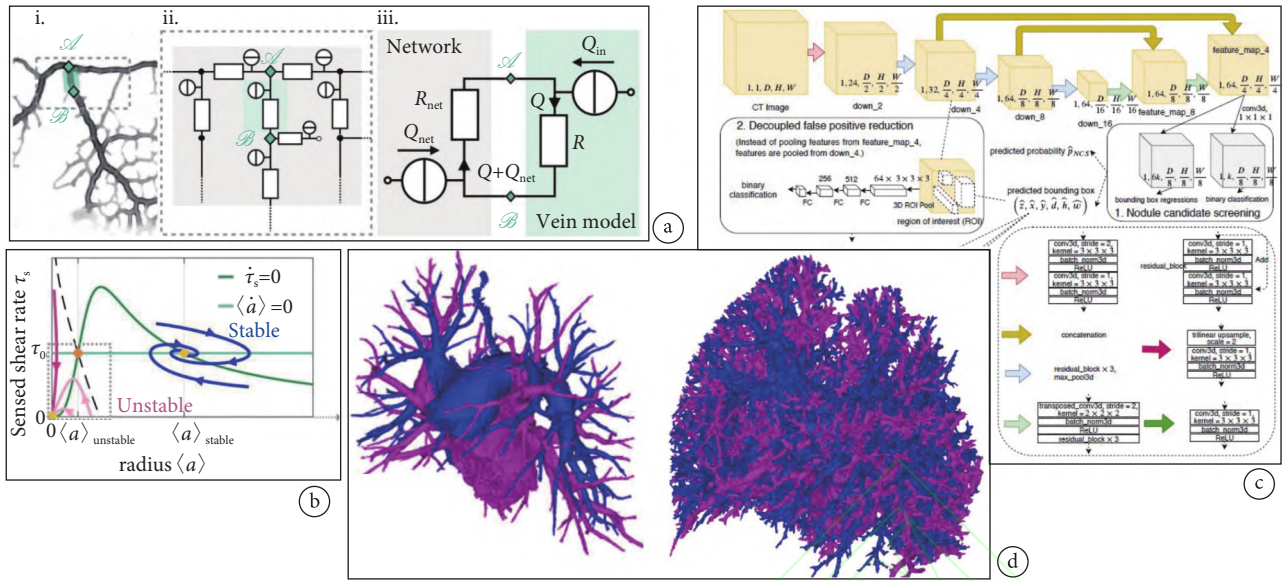


图 2 流域地形图 2.0: 自动生成高通量个性化毛细血管网络

a: 血管显影存在不佳的情况 (i), 参考既往联通模式库 (ii), 决策树选择最佳模式 (iii); b: 增加模型适配性至厚层 CT、低分辨率 CT; c: SGNL 编码精度更高, 计算速度更快 (30 s); d: 人工智能流域地形三维重建技术可生成高通量个性化毛细血管网络 (精度: 22~24 级, 耗时: 1 min), 相比于传统手工重建方法 (精度: 6~7 级, 耗时: 1~2 h) 具有更高精度及更快速重建的优势

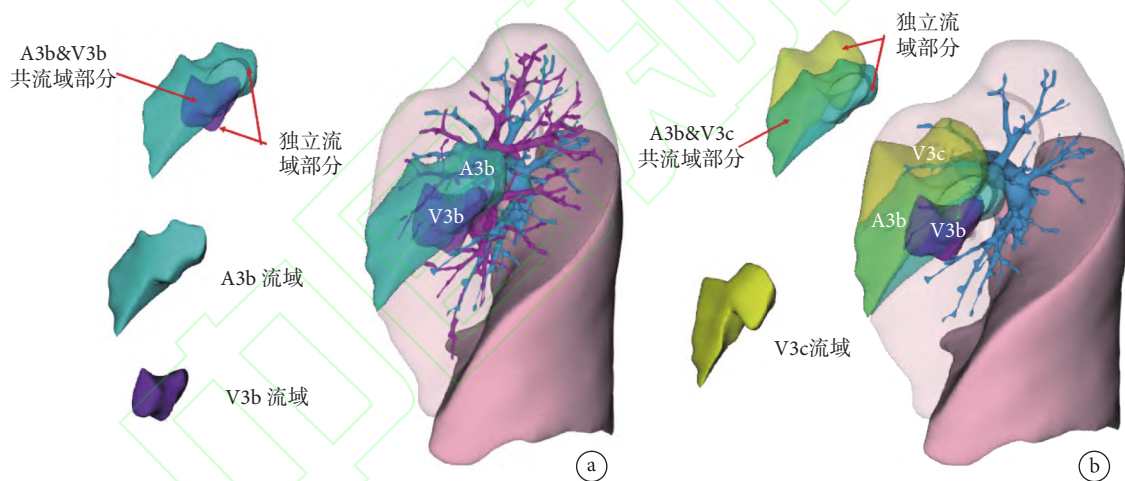


图 3 结节流域地形图的优化选择

a: 毗邻的动静脉之间存在共流域部分和独立流域部分; b: 毗邻的动脉与动脉之间, 静脉与静脉之间, 流域范围相互独立

为术前规划提供精确指导。(5) “战略沙盘式”规划: 结合肺部流域地形图, 通过“战略沙盘式”分析指导术前和术中操作, 提前规避解剖盲区, 确保安全切缘, 降低术中出血风险, 并显著缩短手术时间。(6) 个体化术式设计: 根据肺血管流域的真实边界, 设计个体化术式, 尽可能减少肺组织的切除范围, 同时保证手术的安全性和疗效。该技术有效弥补了传统肺结节楔形切除术中主观性强的不足, 同时简化了肺段切除术的复杂步骤, 可作为部分肺叶切除的有力补充手段<sup>[11]</sup>。流域分析以精确性和安全性为核心原则, 确保手术既高效又符合个体化需求。

### 3.3 荧光胸腔镜及手术导航仪

荧光胸腔镜技术通过观察 ICG 与体内血清蛋白结合后发出的近红外光波段, 精准反映器官实时血流灌注情况, 能够清晰地界定手术切除范围, 从而提高手术安全性和效率。这种技术可以让血液在荧光胸腔镜下呈现翡翠般的绿色, 靶段区域因切断了血流 (阻断动脉) 或区域内静脉压增高 (阻断静脉), 则表现为非荧光染色状态, 这就是荧光反染法定位段间裂。通过荧光引导, 医师可以更准确地切除肿瘤, 最大限度地保留正常组织, 降低术后并发症风险 (图 6)。

**推荐意见 2:** 高对比色的荧光颜色可以更好呈

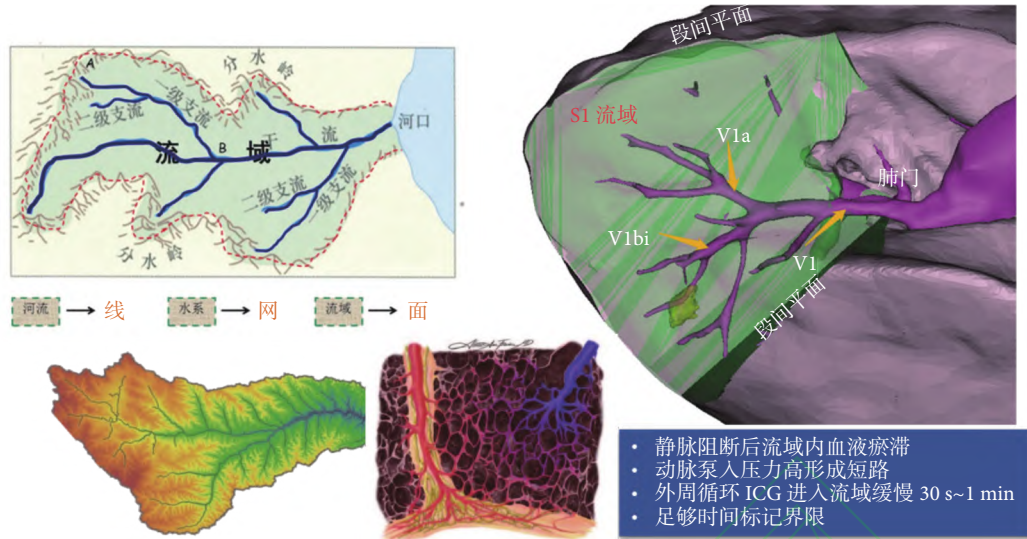


图 4 流域地形图的基本原理

肺部血管交错，每支血管有其独特的支配范围，且每个人每条血管都不相同；ICG：吲哚菁绿

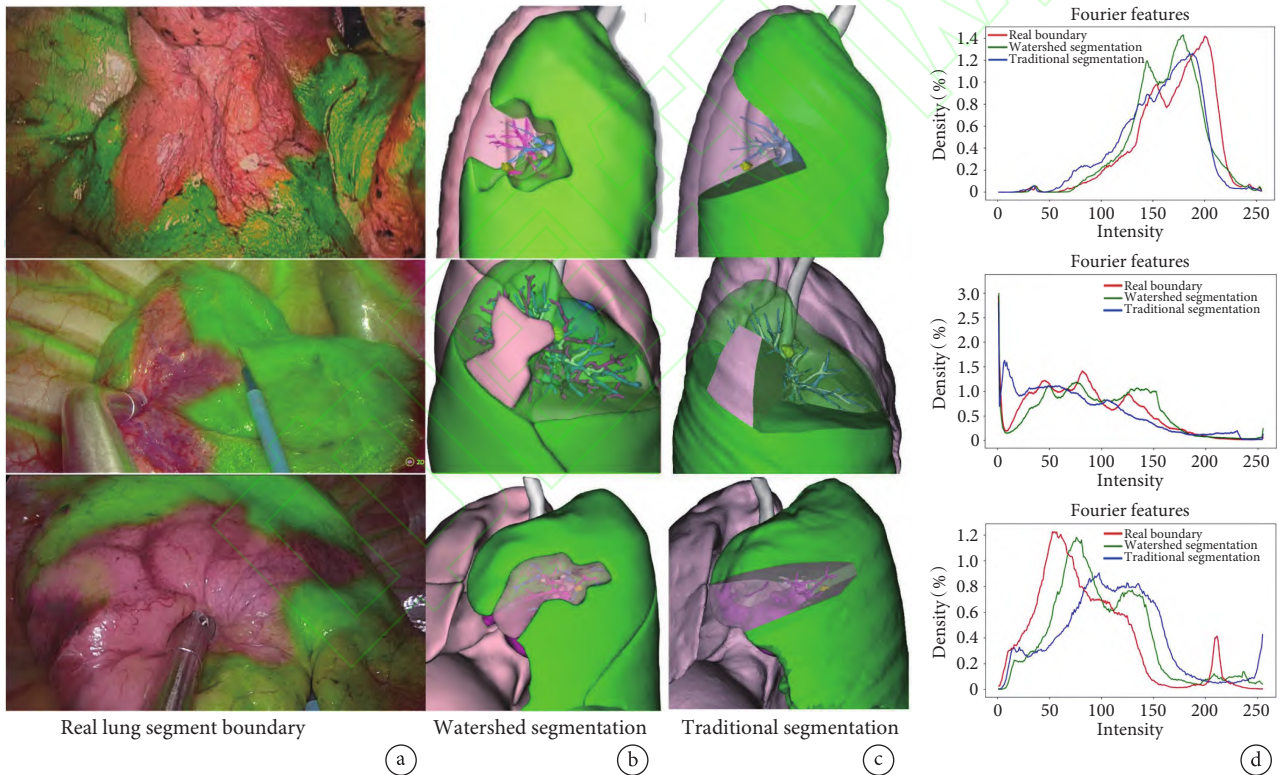


图 5 流域地形图指导肺结节在荧光胸腔镜下的点定位

a: 胸腔镜真实荧光染色流域边界范围; b: 流域地形图 2.0 算法流域边界测算; c: 传统三维重建肺段分割范围; d: 傅里叶折线图: 红色为胸腔镜内真实边界量化傅里叶特征子, 绿色为流域地形图 2.0 傅里叶特征子, 蓝色为 Mimics 三维重建肺段分割傅里叶特征子; 流域地形图纹理与真实腔镜肺段边界高度拟合, 显著优于 Mimics 肺段分界

现流域边界，与#E06358 号颜色的对比率>2.5 的色号，例如绿色#66FF6E，可通过调整荧光增益和 ICG 剂量配比优化显影效果和延长显影时间（推荐级别：2A）。

**推荐意见 3:** 术中实时导航系统有助于更快速地分辨目标血管，提高手术安全性，缩短手术时

间（推荐级别：2A）。

### 4 流域法精准肺切除术的适应证

JCOG0804、CALGB140503 等多项临床研究表明，相比肺叶切除，亚肺叶切除能达到与肺叶切除相当的预后效果。因此，对于外周型、以磨玻璃样



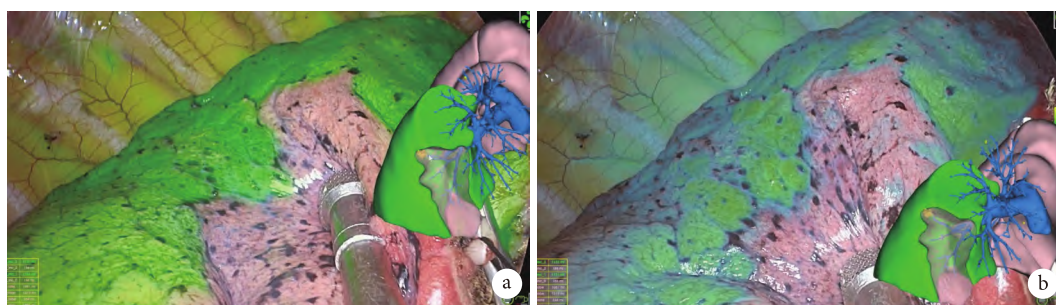


图 6 术前流域地形图规划与吲哚菁绿染色结果比较

a: 绿色定性荧光; b: 彩色定量荧光; 模拟动脉流域范围和结节位置关系与术中真实腔镜下阻断靶血管后注射吲哚菁绿形成的荧光边界范围一致

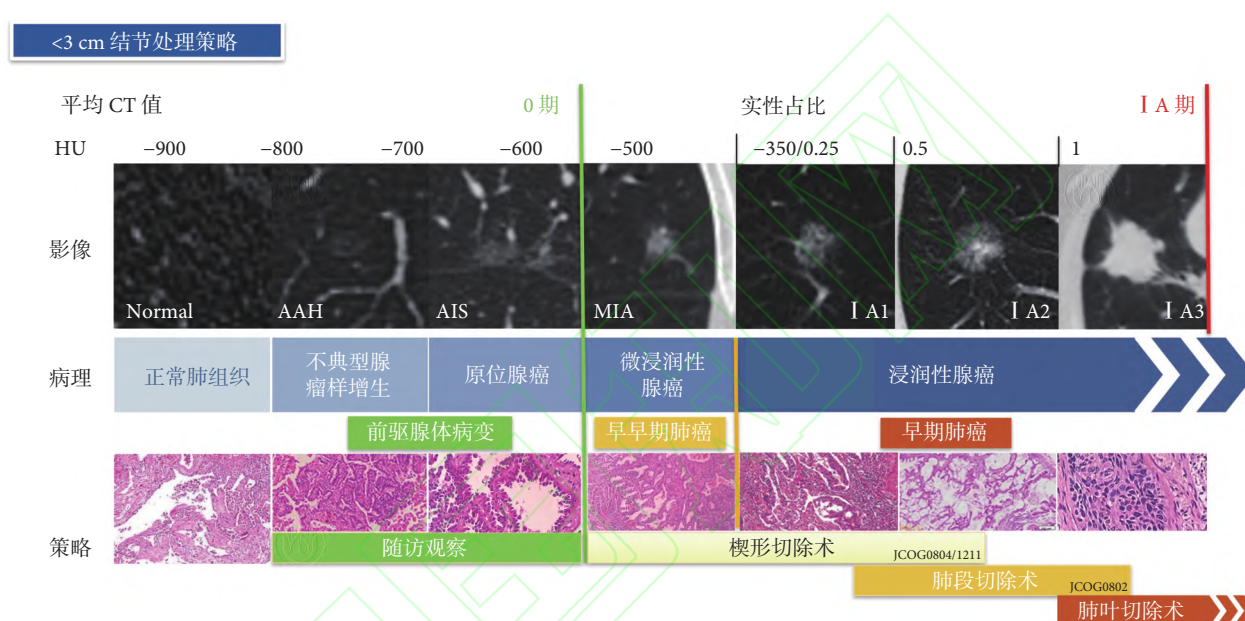


图 7 肺部结节的发展阶段影像学病理学的关系

AAH: 不典型腺瘤样增生; AIS: 原位腺癌; MIA: 微浸润腺癌

改变为主的早期肺小结节 (<2 cm), 单纯采用亚肺叶切除不仅能实现肿瘤的完整切除, 还能最大限度保留正常肺组织, 有利于患者术后恢复和生活质量提升<sup>[12]</sup>。适用于荧光镜下流域分析法切除肺结节手术的肺腺癌类型包括原位腺癌 (adenocarcinoma *in situ*, AIS)、微浸润腺癌 (microinvasive adenocarcinoma, MIA) 以及部分惰性的浸润性腺癌 (indolent invasive adenocarcinoma, indolent-IAC) (图 7)。

肺叶切除手术可根据结节性质和位置用于早期根治。对于直径 ≤ 2 cm、CTR < 0.25 的肺部结节, 采用楔形切除手术可以实现最微创的效果, 切除范围最小, 功能损伤最小, 并且术后可以实现快速康复。这种手术可以有效根治肺癌早期阶段的病变, 为患者提供更好的治疗前景; 对于肺功能较差的患者, 也可实施妥协的局部治疗, 相较于肺叶切

除, 亚肺叶切除在早期非小细胞肺癌治疗中也可取得相似的治疗效果并保留更多的肺功能<sup>[13]</sup>。

对于早期磨玻璃结节 (直径 < 2 cm、CTR < 0.25), 推荐采取的治疗方案为楔形切除术。

**推荐意见 4:** 对于胸部 CT 发现的肺部直径 < 2 cm 且 CTR ≤ 0.25 的混合型磨玻璃影或纯磨玻璃影, 可选择流域法精准肺切除术 (推荐级别: 2A)。

**推荐意见 5:** 对于直径 < 1 cm 且 CTR > 0.25 的混合型磨玻璃影, 流域法精准肺切除术为可选的切除方案 (推荐级别: 2B)。

### 5 肺部结节适合流域法精准肺切除术的范围

胸膜下 2 cm 位置: 根据流域地形楔形切除。

肺中部 1/3 位置: 类似亚段切除术。

距离纵隔 1/3 位置: 向远心端充分游离血管后从内向外的楔形切除。



## 6 手术过程

### 6.1 手术标准操作流程

流域分析法切除肺结节手术的标准操作流程包括靶血管游离与处理、荧光染色方法、切除范围的选择,具体为:

(1)采用荧光胸腔镜楔形切除术的标准程序,在全身麻醉下使用单孔/单操作孔侧卧位手术入路。

(2)在双显示器引导下进行腔镜手术:使用一台荧光腔镜显示器和一台3D成像系统显示器,将术中发现的目标肺动脉分支模式与3D-CT肺血管造影图像进行仔细比较。

(3)将ICG(2~5 mL,实时调整荧光增益亮度)快速注入外周静脉,在近红外光下观察肺部。

(4)当用近红外光照射时,根据监视器上的血流分域(红色和绿色),使用电灼在脏层胸膜上标记这两种颜色区域之间的过渡区。

(5)根据术前3D重建评估和脏层胸膜标记,使用吻合器进行楔形切除。

**推荐意见6:**简化手术程序和过程,使用流域阻断而非离断血管和支气管,降低出血和术后创伤风险,加快手术速度,缩短学习曲线,利于推动医疗资源下沉(推荐级别:2A)。

### 6.2 对比常规定位方法,流域地形图的优势与不足

常规CT引导下注射亚甲蓝/ICG或使用定位钩进行结节定位的诸多问题:

(1)医疗资源耗费:定位过程需要消耗大量医疗资源,并且依赖经验丰富的临床医师操作,这不利于该技术的大规模推广和长期使用。

(2)患者心理压力:定位操作需在患者清醒状态下进行,患者因心理压力可能质疑治疗方案并不配合操作,进而导致定位失败。

(3)定位精确性问题:染料定位可能导致弥散,使术中定位仍不够准确,可能造成切除范围过大或切缘不足;定位钩在呼吸运动中可能发生位移,且其与胸膜摩擦会引发明显的疼痛和不适。

(4)并发症风险:定位操作可能引发出血、气胸甚至胸膜反应。如处理不及时或不当,可能危及生命安全。

(5)定位局限性:骨性遮挡、血管遮蔽等问题会影响定位效果,特别是在肺内中、内侧2/3区域结节的定位上,适应证较为局限。

(6)手术难度增加:若术后发现结节未被完整切除或切缘不足,再次手术难度将显著增加,通常需进行肺段切除术或肺叶切除术,从而增加创伤范

围<sup>[14-15]</sup>。而流域地形图技术能够有效弥补定位失败后重新探寻结节位置的不足。

此外,为识别目标动脉,常需将目标动脉根部周围的肺实质稍作分离,但此操作可能存在一定的出血或肺泡漏气风险,要求更高的手术技巧。

**推荐意见7:**流域地形图精准切除术可作为传统穿刺定位方法的重要补充。与较为复杂的肺段切除术相比,流域分析法能够挽救其他定位失败的情况,其学习曲线更短,更便于推广(推荐级别:2A)。

## 7 术后评估

术后需测量切缘距离,对比实际切除范围与术前规划范围的一致性,并观察是否存在并发症。目前,全国已有72个地区约140余家医院开展了约3000例基于流域地形图技术指导的肺小结节精准切除手术,成功率超过90%。术中切除范围小,能够保证结节的R0切除,且术后基本未出现气胸、脓胸、出血及支气管胸膜瘘等并发症。术后3个月复查显示患者肺功能较术前中位数下降仅约3.8%<sup>[16]</sup>。

**推荐意见8:**流域分析法切除范围和手术规划一致性良好,具有并发症少、促进快速康复、保护肺功能的优势(推荐级别:2A)。

利益冲突:无。

AI软件使用声明:本文采用ChatGPT-4o进行中文语言润色。

**主编:**钟文昭(广东省人民医院)、杨帆(北京大学人民医院)、胡坚(浙江大学医学院附属第一医院)、谭锋维(中国医学科学院肿瘤医院)、杨学宁(广东省人民医院)、蒲强(四川大学华西医院)、蒋伟(复旦大学附属中山医院)、赵德平(上海市肺科医院)、李鹤成(上海交通大学医学院附属瑞金医院)、闫小龙(空军军医大学唐都医院)、范军强(浙江大学医学院附属第二医院)、乔贵宾(南方医科大学珠江医院)、聂强(广东省人民医院)、高树庚(中国医学科学院肿瘤医院)、吴一龙(广东省人民医院)

**副主编:**康明强(福建医科大学附属协和医院)、邱斌(中国医学科学院肿瘤医院)、吴卫兵(江苏省人民医院)、黄刚(河北医科大学第三医院)、朱全(江苏省人民医院)、孙浩(广东省人民医院)、郭晓彤(中国医学科学院肿瘤医院深圳医院)、张敏(重庆医科大学第一附属医院)、韦海涛(河南大学淮河医院)、袁云锋(复旦大学附属中山医院)、范江(上海市第一人民医院)、

车国卫（四川大学华西医院）、江本元（广东省人民医院）、王昊飞（南方医科大学南方医院）、张鹏（上海市肺科医院）、韩毅（首都医科大学附属北京市胸科医院）、陈修远（北京大学人民医院）

**执笔专家：**陈梓豪（广东省人民医院）、褚祥鹏（广东省人民医院）、何哲浩（浙江大学医学院附属第一医院）、梁庆（广东省人民医院）、郭志飞（清华大学）、高祺婵（深圳大学）、张升（广东省人民医院）、傅睿（广东省人民医院）

**指导专家（按姓氏汉语拼音排序）：**陈椿（福建医科大学附属协和医院）、陈昶（上海市肺科医院）、陈海泉（复旦大学附属肿瘤医院）、陈克能（北京大学肿瘤医院）、陈亮（江苏省人民医院）、方文涛（上海市东方医院）、付向宁（华中科技大学同济医学院附属同济医院）、高禹舜（中国医学科学院肿瘤医院）、何建行（广州医科大学第一附属医院）、姜格宁（上海市肺科医院）、李鉴（中国医学科学院肿瘤医院）、刘伦旭（四川大学华西医院）、王长利（天津医科大学肿瘤医院）、王群（复旦大学附属中山医院）

**撰写小组专家（按姓氏汉语拼音排序）：**贵晓松（广东省人民医院）、蔡开灿（南方医科大学南方医院）、陈均（天津医科大学总医院）、陈文树（福州大学附属省立医院）、崔飞（广州医科大学第一附属医院）、戴纪刚（陆军军医大学第二附属医院）、丁成（苏州大学附属第一医院）、葛明建（重庆医科大学第一附属医院）、顾春东（大连医科大学附属第一医院）、韩云（中国医科大学附属盛京医院）、胡卫东（武汉大学中南医院）、黄宸（广东省人民医院）、黄健（茂名市人民医院）、洪志暖（福建医科大学附属协和医院）、侯靖禹（广东省人民医院）、江科（华中科技大学同济医学院附属协和医院）、李鹤飞（河南大学第一附属医院）、李强（四川省肿瘤医院）、李单青（北京协和医院）、李向楠（郑州大学第一附属医院）、梁朝阳（中日友好医院）、梁乃新（北京协和医院）、梁毅（中山市人民医院）、廖日强（广东省人民医院）、林俊涛（广东省人民医院）、刘德若（中日友好医院）、刘宏旭（辽宁省肿瘤医院）、刘继先（北京大学深圳医院）、马少华（北京大学肿瘤医院）、马铮（重庆市人民医院）、潘小杰（福州大学附属省立医院）、彭忠民（山东第一医科大学附属省立医院）、平伟（华中科技大学同济医学院附属同济医院）、乔坤（深圳市第三人民医院）、邱镇斌（广东省人民医院）、孙大强（天津市胸科医院）、孙楠（辽宁省肿瘤医院）、谭黎杰（复旦大学附属中山医院）、唐文芳（中山市人民医院）、田子强（河北医科大学第四医院）、汪路明（浙江大学医学院附属第一医院）、魏立（河南省人民医院）、

吴楠（北京大学肿瘤医院）、谢冬（上海市肺科医院）、许川（贵州省人民医院）、徐恩五（中国人民解放军南部战区总医院）、徐全（江西省人民医院）、徐世东（哈尔滨医科大学附属肿瘤医院）、杨弘（中山大学肿瘤防治中心）、杨林（深圳市人民医院）、杨杰（广东省人民医院）、杨雪鹰（中国医科大学附属第四医院）、姚烽（上海市胸科医院）、叶新桥（赣州市立医院）、曾剑（中国科学院大学附属肿瘤医院）、张春芳（中南大学湘雅医院）、张潮（广东省人民医院）、张昊（徐州医科大学附属医院）、张嘉涛（广东省人民医院）、张珂（河北大学附属医院）、张森（徐州中心医院）、张霓（华中科技大学同济医学院附属同济医院）、赵晓菁（上海交通大学医学院附属仁济医院）、郑斌（福建医科大学附属协和医院）、支修益（首都医科大学宣武医院）、周海榆（广东省人民医院）

**审核小组专家（按共识会议专家投票时间排序）：**曹庆东（中山大学附属第五医院）、付军科（西安交通大学医学院第一附属医院）、葛棣（复旦大学附属中山医院）、顾春东（大连医科大学附属第一医院）、何正富（浙江大学医学院附属邵逸夫医院）、姜涛（空军军医大学唐都医院）、矫文捷（青岛大学附属医院）、雷杰（空军军医大学唐都医院）、李高峰（云南省肿瘤医院）、李小飞（西安国际医学中心医院胸科医院）、李印（中国医学科学院肿瘤医院）、梁志刚（宁波大学附属第一医院）、廖永德（华中科技大学同济医学院附属协和医院）、姚烽（上海市胸科医院）、成兴华（上海市胸科医院）、罗清泉（上海市胸科医院）、吕望（浙江大学医学院附属第一医院）、茅乃权（广西医科大学附属肿瘤医院）、梅建东（四川大学华西医院）、梅新宇（中国科学技术大学附属第一医院）、牟巨伟（中国医学科学院肿瘤医院）、钱有辉（深圳大学第一附属医院）、孙艺华（复旦大学附属肿瘤医院）、谭群友（重庆医科大学附属大学城医院）、田辉（山东大学齐鲁医院）、王博（武汉大学人民医院）、王光锁（深圳市人民医院）、王继勇（广州中医药大学第一附属医院）、王明松（上海交通大学医学院附属第九人民医院）、冼磊（广西医科大学第二附属医院）、古卫权（佛山市第一人民医院）、叶敏华（浙江省台州医院）、于振涛（中国医学科学院肿瘤医院深圳医院）、张翀（浙江大学医学院附属第一医院）、张兰军（中山大学肿瘤防治中心）、张志豪（中国人民武装警察部队海警总队医院）、赵光强（云南省肿瘤医院）、赵珩（上海市胸科医院）、赵晋波（空军军医大学唐都医院）、赵军（苏州大学附属第一医院）、赵松（郑州大学第一附属医院）、朱余明（上海市肺科医院）、强光亮（北京大学第三医院）、张健（中山大学第三医院）、张广健





(西安交通大学附属第一医院)、崔丰和(荆州中心医院)、魏益平(南昌大学附属第二医院)、周健平(东莞市人民医院)、杨浩贤(中山大学肿瘤防治中心)、程超(中山大学附属第一医院)、廖洪映(中山大学附属第六医院)、洪志暖(福建医科大学附属协和医院)、马俊(山西省人民医院)、梁乃新(北京协和医院)、林江波(福建医科大学附属协和医院)、张兰军(中山大学肿瘤防治中心)、齐宇(郑州大学附属第一医院)、耿国军(厦门大学附属第一医院)、蒋峰(江苏省肿瘤医院)、宋永祥(遵义医科大学附属医院)、冷雪峰(四川省肿瘤医院)、廖永德(华中科技大学同济医学院附属)、阿迪力·萨来(新疆医科大学附属肿瘤医院)、白悦(甘肃省肿瘤医院)、曾剑(浙江省肿瘤医院)、曾骥(首都医科大学附属北京儿童医院)、曾绍杉(三明市第一医院)、查仁忠(贵州兴义市人民医院)、车志丹(宜昌市人民医院)、陈朝晖(东营市第二人民医院)、陈诚豪(首都医科大学附属北京儿童医院)、陈东红(清华大学长庚医院)、陈刚(珠海市人民医院)、陈慧勇(粤北人民医院)、陈捷(广东医科大学附属医院)、陈开林(香港大学深圳医院)、陈克终(北京大学人民医院)、陈林瑞(麻城市人民医院)、陈树兴(福建省福州肺科医院)、陈伟康(张家口第一人民医院)、陈晓辉(福建省肿瘤医院)、陈延青(长春中医药大学附属医院)、陈月荣(广东省第二人民医院)、程栋梁(深圳市第三人民医院)、程华(中山大学附属第五医院)、程尼涛(武汉大学中南医院)、戴天宁(哈尔滨市第一医院)、邓江波(广东省英德市人民医院)、丁宜林(潍坊市人民医院)、杜俊峰(广东省中医院珠海医院)、范海银(江西省肿瘤医院)、范理宏(上海市第六人民医院)、方宁(茂名市人民医院)、方志潮(潮州市人民医院)、房涛(张家口第一人民医院)、付项(华中科技大学同济医学院附属协和医院)、傅文凡(广州医科大学附属肿瘤医院)、高阳(中南大学湘雅医院)、龚军(新余市人民医院)、郭金城(焦作市第二人民医院)、郭松华(周口市太康县人民医院)、郭伟(驻马店市中心医院)、郭亚雄(广州中医药大学附属第一医院)、韩旭(中国医科大学附属第四医院)、郝李刚(邢台市人民医院)、贺新贤(宁波市医疗中心李惠利医院)、贺新贤(宁波市医疗中心李惠利医院)、胡滨(北京朝阳医院)、胡汶斌(绍兴文理学院附属医院)、胡艺缤(中山市人民医院)、黄宸(广东省人民医院)、林少敏(广东省人民医院)、周培明(广东省人民医院)、黄国胜(南阳医学高等专科学校第一附属医院)、黄建(江西省肿瘤医院)、黄森龙(粤北人民医院)、黄素伟(张家口第一人民医院)、姜宁(山东大学第二医院)、金星(贵州省人民医院)、兰宝石(盘州市

人民医院)、李琪(周口市太康县人民医院)、李单青(北京协和医院)、李海洋(首都医科大学附属北京安贞医院)、李辉(河北燕达医院)、李基伟(河南大学人民医院)、李可志(福建省南平市第一医院)、李林(山东大学齐鲁医院)、李强(四川省肿瘤医院)、李晓(北京大学人民医院)、李学军(广东省第二人民医院)、李学兆(南阳医专一附院)、李志刚(上海胸科医院)、李志龙(山西省肿瘤医院)、李忠诚(青海大学附属医院)、梁毅(中山市人民医院)、梁恒星(中南大学湘雅二医院桂林医院)、梁柱(广东医科大学附属医院)、廖洪亮(粤北人民医院)、廖明(中国人民解放军南部战区总医院)、林韬(唐山市人民医院)、林万里(高州市人民医院)、林贤宾(福建医科大学附属第二医院)、林志潮(江门市中心医院)、刘成(哈尔滨医科大学附属第四医院)、刘迪(贵州省人民医院)、刘东东(浙江省人民医院)、刘静听(粤北人民医院)、刘来昱(南方医科大学南方医院)、刘磊(河北省第四人民医院)、刘力炜(伊春市第一医院)、刘秋凡(潮州市人民医院)、刘权兴(陆军军医大学第二附属医院)、刘伟(吉林大学白求恩第一医院)、刘文洲(广西医科大学第二附属医院)、刘艳中(广州中医药大学附属第一医院)、刘云(宜昌市人民医院)、龙浩(中山大学肿瘤防治中心)、楼国梁(义乌市中心医院)、卢笛(南方医科大学南方医院)、陆允平(金华市中心医院)、罗波(新疆医科大学附属中医医院)、罗志强(茂名市人民医院)、吕依侣(上海市胸科医院)、马铮(重庆市人民医院)、马广耀(漯河市中心医院)、马建群(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院)、毛文君(南京医科大学附属无锡人民医院)、苗旺(郑州市第三人民医院)、牟志民(北京大学深圳医院)、潘朝阳(萍乡市人民医院)、潘茂杰(临沂市人民医院)、潘廷红(潍坊市益都中心医院)、庞景灼(江门市中心医院)、彭东阁(海南医学院第二附属医院)、彭枫源(高州市人民医院)、彭丽珊(广东省人民医院)、彭秀凡(广东祈福医院)、齐天伟(深圳市罗湖区人民医院)、乔呈瑞(焦作市第二人民医院)、秦思达(西安交通大学附属第一医院)、秦显雨(中山大学附属第六医院)、秦子敏(河南省肿瘤医院)、曲毅(青海省心脑血管病医院)、饶新辉(梅州市人民医院)、沈春辉(广州中医药大学附属第一医院)、沈刚(浙江大学医学院附属第二医院)、沈海锋(浙江大学附属第二医院)、施琴朗(深圳市第三人民医院)、施云飞(昆明医科大学第一附属医院)、石峰(南阳市医专一附院)、孙大强(天津市胸科医院)、孙伟(海南医学院第二附属医院)、孙漠治(香港威尔斯亲王医院)、谭黎杰(复旦大学附属中山医院)、唐勇(深圳市南山区人民医院)、瓦热斯江(新疆

医科大学附属肿瘤医院)、万仁平(粤北人民医院)、王贇(长春中医药大学附属医院)、王枫(福建省肿瘤医院)、王峰(上海市第九医院)、王金(大连医科大学附属第一医院)、王康武(蚌医大一附院)、王其斌(徐州市中心医院)、王睿(重庆医科大学附属第三医院)、王文祥(湖南省肿瘤医院)、王吴飞(南方医科大学南方医院)、王武明(江西省胸科医院)、王洋(张家口第一医院)、王勇智(丹东市第一医院)、王运仓(西藏成办医院)、魏玮(珠海市人民医院)、魏文学(河南省人民医院)、魏育涛(济宁市第一人民医院)、魏煜程(青岛大学附属医院)、温士旺(河北医科大学第四医院)、吴昊(深圳市第二人民医院)、吴军(海南省肿瘤医院)、吴旭辉(丽水市人民医院)、夏晖(解放军总医院第四医学中心)、夏昭华(深圳市第三人民医院)、向可敏(绵阳市人民医院)、肖海平(广东药科大学附属第一医院)、肖泽林(广州市胸科医院)、谢金标(莆田学院附属医院)、邢明亮(空军军医大学唐都医院)、熊刚(南方医科大学南方医院增城院区)、熊林敏(南昌大学附属第二医院)、徐辰阳(赣州市人民医院)、徐松涛(复旦大学附属中山医院)、徐嵩(天津医科大学总医院)、徐文震(浙江大学医学院附属第一医院三门湾分院)、许辰阳(赣州市人民医院)、许顺(中国医科大学附属第一医院)、许银辉(河南省肿瘤医院)、许有忠(三亚中心医院)、薛继军(甘肃省肿瘤医院)、阎石(北京大学肿瘤医院)、杨富(上海交通大学医学院附属医院)、杨军峰(河南省人民医院)、杨胜利(佛山市第一人民医院)、杨彦龙(汕头市中心医院)、杨懿(成都市第三人民医院)、叶波(杭师大附院)、叶永强(赣州市肿瘤医院)、伊力亚尔(新疆医科大学附属中医医院)、游凯(陆军军医大学西南医院)、于福田(阳春市人民医院)、虞桂平(江阴市人民医院)、喻本桐(南昌大学第一附属医院)、喻东亮(南昌大学附属第二医院)、袁懋绣(井冈山大学附属医院)、袁双虎(中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院))、张全(河南省人民医院)、张兵兵(重庆市人民医院)、张波(泰安市中心医院)、张波(肇庆市第一人民医院)、张帆(河北医科大学第四医院)、张锋(河南大学淮河医院)、张继琛(台州市第一人民医院)、张凯(中山大学附属第三医院)、张强(焦作市人民医院)、张涛(空军军医大学唐都医院)、张晓明(深圳大学总医院)、张宜乾(中山大学附属第八医院)、张义栋(大庆龙南医院)、张奕(福建医科大学附属漳州医院)、张振才(大庆油田总医院)、张振江(潍坊市人民医院)、张志辉(湛江市中心医院)、张志强(包头医学院第二附属医院)、章金强(萍乡市人民医院)、赵龙(江西省胸科医院)、赵浩(山东

大学第二医院)、赵宁(佛山市第一人民医院)、郑晨昭(潍坊市中医院)、郑凤长(甘肃省肿瘤医院)、郑卉(同济大学附属上海市肺科医院)、郑民(桂林医学院附属医院)、郑于臻(中山大学附属第六医院)、钟海辉(梅州市人民医院)、钟宏(北海市人民医院)、周镛(中国医科大学附属第四医院)、周华平(广州医科大学附属肿瘤医院)、周明(广州医科大学附属肿瘤医院)、周宁(上海闵行区中心医院)、周小江(贵州省人民医院)、周亚夫(湖南省人民医院)、周一凡(广西人民医院)、周孜孜(深圳市第三人民医院)、祝明华(杭州师范大学附属医院)、祝鑫海(浙江医院)、洪慧昭(广东省人民医院)、丁佳妍(广东省人民医院)、吴葭(广东省人民医院)、钱坤(北京宣武医院)、游宾(北京朝阳医院)、王俊丰(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院)、徐广全(哈尔滨医科大学附属第二医院)、许绍发(首都医科大学附属北京胸科医院)、王哲海(山东省肿瘤医院)、朱峰(安徽省胸科医院)、魏慎海(北京华信医院)、陈晋峰(北京肿瘤医院)、杨跃(北京肿瘤医院)、赵立强(首都医科大学附属北京朝阳医院)、孙林(首都医科大学附属北京潞河医院)、张毅(首都医科大学宣武医院)、赵波(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、黄杰(武汉大学人民医院)、毛张凡(武汉大学人民医院)、邵国光(吉林大学白求恩第一医院)、刘刚(吉林省肿瘤医院)、郭占林(内蒙古医科大学附属第一医院)、王小平(西京医院)、金健(成都大学附属医院)、张真发(天津医科大学肿瘤医院)、王平(云南省第一人民医院)、王如文(陆军特色医学中心大坪医院)

#### 参考文献

- 1 Carr SR, Schuchert MJ, Pennathur A, *et al*. Impact of tumor size on outcomes after anatomic lung resection for stage 1A non-small cell lung cancer based on the current staging system. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 143(2): 390-397.
  - 2 Plunkett MB, Peterson MS, Landreneau RJ, *et al*. Peripheral pulmonary nodules: Preoperative percutaneous needle localization with CT guidance. *Radiology*, 1992, 185(1): 274-276.
  - 3 Li X, Xu K, Cen R, *et al*. Preoperative computer tomography-guided indocyanine green injection is associated with successful localization of small pulmonary nodules. *Transl Lung Cancer Res*, 2021, 10(5): 2229-2236.
  - 4 Schuchert MJ, Abbas G, Awais O, *et al*. Anatomic segmentectomy for the solitary pulmonary nodule and early-stage lung cancer. *Ann Thorac Surg*, 2012, 93(6): 1780-1785.
  - 5 吴阶平医学基金会模拟医学部胸外科专委会. 人工智能在肺结节诊治中的应用专家共识(2022年版). 中国肺癌杂志, 2022, 25(4): 219-225.
- Thoracic Surgery Committee, Department of Simulated Medicine, Wu Jieping Medical Foundation. Chinese experts consensus on artificial intelligence assisted management for pulmonary nodule



- (2022 version). *Chin J Lung Cancer*, 2022, 25(4): 219-225.
- 6 马永富, 李云婧, 张彤, 等. 混合现实技术辅助下肺小结节精准定位切除. *中华腔镜外科杂志 (电子版)*, 2019, 12(3): 179-181.  
Ma YF, Li YJ, Zhang T, *et al.* Accurate localization and resection of small pulmonary nodules assisted by mixed reality technique. *Chin J Laparoscop Surg (Electron Ed)*, 2019, 12(3): 179-181.
- 7 孙云刚, 张强, 王朝, 等. 荧光法在单孔胸腔镜解剖性肺段切除术中识别段间交界线的可行性研究. *中国肺癌杂志*, 2021, 24(11): 756-763.  
Sun YG, Zhang Q, Wang Z, *et al.* Feasibility investigation of fluorescence method in uniport thoracoscopic anatomical segmentectomy for identifying the intersegmental boundary line. *Chin J Lung Cancer*, 2021, 24(11): 756-763.
- 8 Gonzalez D, Paradelo M, Garcia J, *et al.* Single-port video-assisted thoracoscopic lobectomy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2011, 12(3): 514-515.
- 9 孙琦, 翁建武. 肺癌患者采用3D单孔胸腔镜与三孔胸腔镜的手术效果及免疫功能与肿瘤标志物水平变化. *国际呼吸杂志*, 2022, 42(12): 928-933.  
Sun Q, Weng JW. Surgical effects comparison of 3D single-port thoracoscopy and three-port thoracoscopy in patients with lung cancer and changes in immune function and tumor marker levels. *Int J Respir*, 2022, 42(12): 928-933.
- 10 曾维华, 杨志峰, 程声通. 流域水资源集成管理. *中国环境科学*, 2001, 21(2): 173-176.  
Zeng WH, Yang ZF, Cheng ST. Integrated water resources management on river basin. *China Environ Sci*, 2001, 21(2): 173-176.
- 11 张楠, 陈树兴, 林铿强, 等. 基于“流域分析”的解剖性部分肺切除术在早期周围型肺癌中的应用. *中国微创外科杂志*, 2023, 23(1): 20-24.  
Zhang N, Chen SX, Lin KQ, *et al.* Application of the anatomical partial lobectomy based on "watershed analysis" in the treatment of early-stage peripheral lung cancer. *Chin J Minim Invasive Surg*, 2023, 23(1): 20-24.
- 12 Ito A, Takao M, Shimamoto A, *et al.* Prolonged intravenous indocyanine green visualization by temporary pulmonary vein clamping: Real-time intraoperative fluorescence image guide for thoracoscopic anatomical segmentectomy. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(6): 1225-1226.
- 13 巨少龙, 高禹舜. 胸腔镜肺段切除术对肺功能影响的研究进展. *中国肺癌杂志*, 2019, 22(8): 537-540.  
Ju SL, Gao YS. Advances in the study of the effects of video-assisted thoracoscopic segmentectomy on pulmonary function. *Chin J Lung Cancer*, 2019, 22(8): 537-540.
- 14 Qiu B, Gao S, He J, *et al.* Outcomes and experience of anatomical partial lobectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 164(3): 637-647.
- 15 Qiu B, Ji Y, He H, *et al.* Three-dimensional reconstruction/personalized three-dimensional printed model for thoracoscopic anatomical partial-lobectomy in stage I lung cancer: A retrospective study. *Transl Lung Cancer Res*, 2020, 9(4): 1235-1246.
- 16 张楠, 陈星, 韩振中. 基于流域分析的解剖性部分肺切除术在早期周围型肺癌治疗中的应用. *中华实验外科杂志*, 2024, 41(3): 586-589.  
Zhang N, Chen X, Han ZZ. Application of the anatomical partial lobectomy based on "watershed analysis" in the treatment of early-stage peripheral lung cancer. *Chin J Exp Surg*, 2024, 41(3): 586-589.

收稿日期: 2024-12-06 修回日期: 2024-12-25

本文编辑: 雷芳, 刘雪梅

## 《中国胸心血管外科临床杂志》2025年第2期封面赏析

《中国胸心血管外科临床杂志》2025年第2期封面以“钟文昭, 杨帆, 胡坚, 等. 肺部流域地形图 2.0 原理、技术规范及临床应用胸外科专家共识 (2024 版), *中国胸心血管外科临床杂志*, 2025, 32(2):141-153.”为主题设计。将流域地形图的概念与肺部进行结合, 形象地表现了肺部的区域划分。肺部被划分为不同色块, 代表不同的肺段或亚段, 示意复杂的解剖结构。图中有几处红色标记区域, 导弹按照既定路径进行准确打击, 比喻现代医学中的“精准治疗”理念。导弹的路径象征术前定位技术的精准导航, 目标为肺部的红色结节区域。肺部周围的区域加入了水系图, 进一步突出文章的主题。

《中国胸心血管外科临床杂志》编辑部 刘雪梅