

# 广东老年保健

Guangdong Elderly Health Care

第3卷 第1期  
2026年1月



廣東省老年保健協會

# 《广东老年保健》编委会

(按姓氏拼音首字母排名)

学术高级顾问：白书忠 韩 萍 侯凡凡 徐卸古 姚志彬  
学术顾问：陈 翔 陈旭坚 胡允兆 黄治才 焦根龙 李绍波  
王治伟 吴志强 许明辉 杨少军 张 超 支国舟  
邹小明 谭玲琳  
指导专家：曾 强 陈 刚 郭 清 李景波 李 娟 刘玉萍  
宋国营 唐世琪 武留信 于 康 许乙凯 郑 磊  
名誉主编：黄庆道 舒金柱  
主 编：周光清  
轮值主编：张 健  
副 主 编：李 力 李其林 刘根就 罗显荣 马承华  
编辑主任：陈望忠  
编委委员：陈玲珍 陈露诗 陈庆瑜 崔春晖 高庆春 郭 忠  
何甘华 胡国栋 胡国信 华赞鹏 黄维华 黄旭明  
蒋文武 江雪杰 焦根龙 李鹤平 李 佳 李 丽  
李 琦 李涛平 李 宙 廖荣鑫 林夏鸿 刘 斌  
刘 莉 刘卫彬 刘仲荣 罗 娴 罗小玲 罗云峰  
马 寒 马 为 莫 伟 穆 峰 聂大年 宁 雪  
仇志坤 任 飞 阮云军 司徒博 孙春汉 童华生  
王成银 王 芬 王 青 魏爱生 吴 非 吴会东  
吴伟晴 吴 勇 洗乐武 徐谷根 徐丽梅 徐 琳  
徐评议 杨俊兴 姚广裕 姚启恒 叶志中 尹新华  
张洪洋 张 健 张少林 张心丹 张 兴 赵健丽  
赵雅红 郑 敏 郑燕生 郑振中 钟 华 钟赛琼  
周忠江 朱亚青

广东老年保健编辑部

2026年1月20日



# 广东老年保健

Guangdong Elderly Health Care

第 3 卷 第 1 期 2026 年 1 月



网络投稿:gdlnxh@126.com

编辑出版:广东老年保健编辑部

地址:广州市广州大道北京溪南方医院地铁C出口京隆大厦12层

邮政编码:510515

电话:020-83338911

印刷日期:2026年1月20日

编印单位:广东省老年保健协会

印刷:佛山市金华彩印刷有限公司

发送对象:广东省老年保健协会各单位

准印证号:(粤0)L0230557

内部资料 免费交流

## 目 录

### 协会动态

- 1 热烈祝贺广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会正式成立!  
—充分发挥多学科优势,大力提升基层肺癌综合诊疗水平
- 7 多学科协同,聚焦前沿,深入基层  
—广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专委会第二届学术年会在肇庆顺利举办

### 学术探索

- 12 胸腔镜楔形切除术中深部肺小结节切缘距离评估的新型定位技术:73例回顾性分析  
吴伟彬,武勇辉,张凯,李小军,徐建南,黄元亨,张健,陈惠国
- 19 从辅助诊疗到自主智能:人工智能在胸外科老年患者的应用进展  
黄元亨
- 23 机器人穿刺导航定位系统在术前肺结节定位中的临床应用:39例前瞻性探索性研究  
张凯
- 26 多发性肺结节的外科治疗进展  
武勇辉
- 29 肺个体化三维模型重建在胸外科中的应用  
吴伟彬
- 30 肺里长了个“孤岛”?  
—一文读懂肺隔离症,从诊断到治疗的全攻略  
孙蕾
- 32 肺上沟瘤:长在肺尖的特殊肺癌  
徐建南
- 34 老年晚期非小细胞肺癌免疫治疗的研究进展  
杨国振
- 37 沙培林联合自体血浆胸腔灌注治疗老年自发性气胸的临床观察  
李小军,谷力加
- 39 同时性多原发肺癌1例及文献复习  
武勇辉
- 41 一种经胸管的给药装置  
肖晗,钟美浓

### 科普园地

- 43 “畅”呼吸,银龄者的肺康复攻略  
梁爱娇

- 46 带“结”生活也安心:日常护理与心态调整手册  
李静红
- 49 肺结节的“成长日记”:动态随访,我们到底在看什么?  
田铨嘉
- 51 肺与肌:一根藤上的两个瓜  
—老年肺部疾病术后康复的“筋骨”之道  
王莺泛
- 54 运动是肺的“最佳拍档”:不同体质如何动起来?  
李月平
- 57 “吃出呼吸力”—老年慢阻肺患者的饮食护理攻略  
余婷
- 59 70、80岁还能不能做肺癌手术?别让“年龄”吓退了希望!“术前预康复”—为手术赢得更好的起点  
魏钰,龙小芳
- 61 从“开胸剖肺”到“无创消融”,肺癌外科治疗的三大颠覆性变革  
—基于2025~2026年国际最新进展的科普解读  
黄健东
- 63 从“谈结色变”到“科学分层”:中国肺结节诊疗指南迎来三大里程碑式更新  
—基于2024~2025年系列中国专家共识的深度解读  
黄健东
- 65 肺部惊现“阴影”莫要慌—带您科学认识肺良性肿瘤  
吕乐
- 67 肺的晴雨表:看懂磨玻璃结节这朵云  
欧馥
- 69 肺也爱“吃”彩虹:餐桌上的护肺营养学  
肖晗
- 71 咳嗽、胸痛……是累的?还是肺在发送加密电报  
吴敏滢
- 73 让肺结节“静止”或“消失”:生活干预的有效策略  
王萌杰
- 75 守护老年呼吸防线—科学认识肺癌  
朱添
- 77 守住顺畅呼吸:慢阻肺的科学防治  
李丹丹
- 79 瘦高个的青春烦恼:自发性气胸为何偏爱这类人?  
谭旭琴
- 81 早起肺癌的悄悄话:那些被你忽略的身体警报  
滕隆湘
- 83 查出肺错构瘤,我的生活需要按下暂停键吗?  
江泳怡
- 84 打响秋冬“肺部保卫战”:御寒防燥全攻略  
陈雪芹
- 85 带着“泡泡”轻盈生活:肺大疱患者的呼吸优化术  
周正轩
- 86 肺突然“漏气”了?气胸来袭的警报与急救  
钟美浓

## 会员风采

- 88 仁医精技 卓越领航  
—中山大学附属第三医院岭南医院心胸外科

## 喜讯!

# 热烈祝贺广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会正式成立!

## —充分发挥多学科优势,大力提升基层肺癌综合诊疗水平

2024年11月9日,广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会成立大会暨肺癌研究新进展学术会议在广州胜利召开!

“广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会成立大会暨肺癌研究新进展学术会议”由广东省老年保健协会主办,中山大学附属第三医院、广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会(筹)共同承办,由中山大学附属第三医院张健主任牵头,携手北京大学深圳医院王芬主任、广东医科大学附属第一医院梁柱主任、梅州市人民医院钟海辉主任、东莞市人民医院江冠铭主任、肇庆市第一人民医院曾志坚主任、中山大学附属第三医院陈惠国主任等多家单位共同发起!



参会人员集体合影

此次肺癌多学科规范化治疗专业委员会的成立和肺癌研究新进展学术会议的举办,旨在搭建肺癌多学科规范化治疗的学术交流平台,提升肺癌相关专业医师的诊疗水平,推动肺癌多学科规范化诊疗模式的开展,提高肺癌患者总体生存率和生活质量。这次会议汇聚了肺癌诊疗领域多个学科的众多专家学者,会上大家分享交流了肺癌多学科诊疗的最新进展,探讨了当前肺癌多学科规范化治疗存在的问题和努力的方向。

会议当日,现场氛围热烈而庄重!

会议伊始,由陈惠国主任汇报了肺癌多学科规范化治疗专委会筹备组前期点点滴滴的筹备工作,每个细节都汇聚了筹备组的心血与期待。经3个多月筹备,专委会共吸纳了来自省内30多家市县区医院胸外科、肿瘤科、呼吸科、放疗科、影像科、病理学科以及护理学科等多领域的70余名专家,大部分为医院肺癌诊治相关科室的主要负责人。专委会起点高,基本涵盖了肺癌综合治疗全程管理中的所有学科,且覆盖了省内多个县区基层医院,这将为专委会后续工作顺利开展打下很好的基础。

广东省老年保健协会郭忠秘书长,宣读了协会关于成立肺癌多学科规范化治疗专业委员会的批复文件,郭秘书长做了重要指示和期待,专委会的任务是推动老年肺癌患者的多学科规范化治疗,制定相关标准、指南和建议,组织培训、学术交流,并推广先进技术和理念,以提升老年肺癌患者的生存率和生活质量。



陈惠国主任做专委会筹备工作报告



郭忠秘书长宣读批复文件

大会选举表决通过由中山大学附属第三医院张健教授担任主任委员,谷力加教授任高级顾问,副主任委员及常务委员也通过无记名投票方式顺利产生。江冠铭等七位专家担任副主任委员,丁光贵等16名专家担任常务委员。



中山大学附属第三医院胸外科张健教授领取聘书



中山大学附属第三医院谷力加教授领取聘书



作为新当选的肺癌多学科规范化治疗专业委员会主任委员,张健教授发表了振奋人心的讲话,明确了专业委员会的使命、愿景和未来工作方向。他强调在当前肺癌治疗方法和药物越来越丰富的情况下,为了进一步提高肺癌患者总体治疗效果,多学科参与和规范化治疗至关重要,并表示成立肺癌多学科治疗专委会一直是他的心愿。未来,专委会将会汇聚智慧,发挥多学科优势,将最新研究和临床实际相结合,针对肺癌诊疗中面临的难题开展系列工作,将专委会建设成为肺癌诊疗方面交流分享的知名平台。同时他提出五个重点工作任务:第一,肺癌相关诊疗知识和最新进展的培训;第二,省内院际多学科诊疗的有效模式探索;第三,临床实际问题的专家共识商讨制定;第四,强基层肺癌规范化诊疗的系列活动;第五,应对老龄化社会,开展高龄肺癌患者综合治疗的临床研究。



中山大学附属第三医院心胸外科主任张健为大会开场致辞

嘉宾们的致辞更是饱含深情与期望。广东省医学会胸外科分会主任委员蔡开灿主任期待专委会为广东省胸外科事业贡献更多智慧和力量,强调了老年肺癌患者规范化治疗的重要性。

广东省医师协会胸外科分会乔贵宾主任指出,肺癌是比较难治的肿瘤,往往需要多学科专家共同商量、共同决策才能取到大胜。他呼吁在张健主任委员的引领下,多学科团队紧密合作,共同推进广东省肺癌诊疗事业,给老百姓办实事、办实事。

中山大学附属第三医院谷力加教授指出我国居民老龄化的情况日益严重,随着年龄增长,肺癌发病率逐渐升高,老年肺癌患者由于器官功能减弱,诊疗方案更需多学科参与,以提高老年患者的安全和治疗效果。

广东省老年保健协会周光清会长对专业委员的成立表示热烈祝贺并提出殷切希望,他强调肺癌防治是中国恶性肿瘤防控的重大挑战,希望通过此专委会整合多学科资源,提高肺癌早诊早治水平,为老年肺癌患者提供优质服务。



广东省医学会胸外科分会蔡开灿主任为大会致辞



广东省医师协会胸外科分会乔贵宾主任大会致辞



中山大学附属第三医院谷力加教授为大会致辞



广东省老年保健协会周光清会长为大会致辞

接下来的学术交流环节更是精彩纷呈,陈惠国教授解读了2024年ESMO&WCLC围术期NSCLC免疫治疗的最新进展,江冠铭教授分享了晚期NSCLC精准免疫治疗的突破性研究,王芬教授深入剖析了2024年EGFR突变肺癌靶向治疗的进展,曾志坚教授分享了肺癌放疗领域的最新进展。学术内容紧扣国际肺癌研究前沿,覆盖了当前肺癌诊疗的主要领域,会议内容全面而深入,让参会者受益匪浅。

来自不同领域众多专家教授们的热烈讨论更是将学术氛围推向了高潮,思想的交锋,灵感和智慧的碰撞让每个人都满载而归。



中山大学附属第三医院副主任医师陈惠国



北京大学深圳医院肿瘤内科副主任医师王芬



东莞市人民医院肿瘤内科主任医师江冠铭



肇庆市第一人民医院副主任医师曾志坚



刘文粤



宋海锋



蔡庆勇



陈玉兰



最后,张健教授对本次大会进行了全面而深入的总结,分享了专委会后续的重点工作内容和规划,强调了专委会的使命和愿景:“汇聚集体智慧,发挥多学科优势,将最新研究成果与临床实际相结合,为提高肺癌诊疗水平和肺癌患者生存努力,将肺癌多学科规范化治疗专委会建设成为知名的学术交流平台”,为这场学术盛宴画上了完美的句号。



此次广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会的成立和肺癌研究新进展学术会议的成功举办,为肺癌诊疗领域医疗工作者又提供了一个宝贵的交流分享学习平台,必将为肺癌多学科规范化诊疗模式的有效开展,缩小不同地区之间肺癌诊疗水平的差异,增强基层医院肺癌诊疗能力,提升整体肺癌综合诊疗水平发挥巨大作用。

## 广东省老年保健协会

广东省老年保健协会于2012年经省民政厅正式批准注册成立,是关注老年健康事业的社会团体组织,创始会长为原广东省卫生厅厅长、省人大常委、文教卫副主任、广东省医学会会长黄庆道先生,协会坚持协助政府、帮扶企业、服务老年朋友为宗旨,目前协会会员近10000多人,吸纳一大批国内知名医学专家、学者、关注老年健康事业的社会活动家与企业家成员,每年积极开展老年健康服务相关活动400多场次,服务上千万老年朋友,是群众信任,社会口碑良好、党和政府认可的社会团体。

办公地址:广州市广州大道北京溪南方医院站地铁C出口京隆大厦12层

邮政编码: 510510

联系方式:

协会办公室: 020-83338911

会员服务部: 020-83339939

公益培训部: 020-83344853

科普学术部: 020-83344853

协会官网: <http://www.gdgca.org>

邮箱: [gdlnxh@126.com](mailto:gdlnxh@126.com)

## 多学科协同, 聚焦前沿, 深入基层

### —广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专委会第二届学术年会在肇庆顺利举办

由广东省老年保健协会、广东省胸部肿瘤防治研究会主办, 中山大学附属第三医院、肇庆市第一人民医院共同承办的"肺癌多学科治疗学术交流会"在肇庆星湖大酒店成功召开!

本次大会同时作为广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会第二届学术年会暨广东省肿瘤防治研究会靶向治疗专委会学术交流会, 吸引了来自全省多家三甲医院以及肇庆市、云浮市多家基层医院的肺癌防治领域专家、学者和基层医生共聚一堂, 围绕肺癌多学科规范化治疗与前沿进展这一主题, 通过专题报告、热点讨论和经验分享等多种形式, 深入探讨了肺癌诊疗领域的最新研究成果和临床实践经验。



会议现场

开幕式由专业委员会主任委员张健教授致辞, 他对与会协会领导和专家同道的到来表示热烈欢迎和衷心感谢。同时张健主委特别强调, 本次会议坚持专委会成立的宗旨, 把会议承办安排在医疗水平相对较薄弱的粤西肇庆地区, 意在为肇庆市县区搭建一个高水平的学术交流平台, 促进不同地区、不同级别医疗机构之间的经验分享与技术合作, 最终推动广东省基层医疗机构, 尤其粤西地区的肺癌诊疗水平的整体提升。



广东省老年保健协会肺癌多学科规范化治疗专业委员会主任委员张健教授为大会致辞

随后,广东省老年保健协会副会长兼秘书长郭忠副会长为会议做了开场致辞,对专家同道的支持表示感谢,强调了多学科协作在肺癌诊治中的核心地位,尤其是在老年肺癌患者综合管理中的重要意义。希望各位专家同道共同努力,共促肺癌多学科诊疗的发展,为老年患者提供更优质的服务,并预祝会议顺利举行。



广东省老年保健协会副会长兼秘书长郭忠教授为大会致辞

本次会议邀请了中山大学附属第三医院陈惠国教授、东莞市人民医院江冠铭教授、肇庆市第一人民医院陈玉兰教授、广东医科大学附属陈春源教授分别从外科NSCLC的围术期免疫治疗进展、内科晚期NSCLC耐药后治疗进展、局部晚期的NSCLC的放疗进展以及胸部肿瘤冷冻消融团队的建设——单中心经验分享等多学科进行授课,同时北京大学深圳医院王芬教授对小细胞肺癌治疗新进展及治疗策略优化进行精彩分享,充分体现了肺癌多学科治疗专委会成立的作用。



中山大学附属第三医院胸外科陈惠国教授  
作主题《2025年围术期 NSCLC 免疫治疗进展》授课



东莞市人民医院肿瘤科江冠铭教授  
作主题《晚期 NSCLC 一线耐药后治疗新进展》授课



肇庆市第一人民医院肿瘤科陈玉兰教授  
作主题《NSCLC 放疗治疗进展》授课



广东医科大学附属陈春源教授作主题  
《胸部肿瘤冷冻消融团队的建设-单中心经验分享》授课



北京大学深圳医院肿瘤科王芬教授  
作主题《小细胞肺癌治疗新进展及治疗策略优化》授课

在讨论环节中,来自不同领域的专家分享了各自在临床实践中遇到的疑难病例和应对经验,分别从内、外科、放疗等不同角度出发,就外科治疗时机选择、放疗介入时机、肿瘤标志物预测、不良反应管理等实际问题进行了深入探讨,同时基层医院的医生分享了实际工作中的困惑以及在此次会议中满满的收获,将会议气氛推向高潮。







大会最后,张健教授对本次会议进行了全面总结。他指出,本次交流会不仅展示了肺癌领域的最新进展,更重要的是建立了多学科协作的沟通机制,为提升广东省基层医疗机构肺癌防治水平奠定了坚实基础。他强调,未来专业委员会将继续发挥桥梁和纽带作用,通过定期举办学术活动、编制诊疗共识、深入基层等方式,促进各级医疗机构肺癌诊疗能力的共同提升,最终让更多患者受益。



本次学术会议的成功举办,为广东省基层肺癌综合诊疗工作者提供了宝贵的交流平台,有效推动了多学科规范化诊疗模式的开展;为提升肺癌诊疗水平、缩小地区差异、增强基层医院能力提供了坚实基础;促进了不同地区间肺癌诊疗的规范化发展注入了新的动力,特别在提升老年肺癌患者诊疗质量方面具有重要意义。

# 胸腔镜楔形切除术中深部肺小结节切缘距离评估的新型定位技术:73例回顾性分析

吴伟彬,武勇辉,张凯,李小军,徐建南,黄元亨,张健,陈惠国  
中山大学附属第三医院岭南医院心胸外科

**摘要:**目的 对深部肺小结节实施胸腔镜楔形切除术并保证足够的手术切缘距离,是手术成功的关键环节,同时也具有较高的操作难度。在前期研究中,我们提出了一种可保证充足切缘距离的肺小结节楔形切除新型定位技术。本研究旨在通过标准化手术操作流程,评估该定位技术在深部肺小结节楔形切除术中的切缘距离评估效果。方法 选取2021年11月至2023年10月期间,73例经计算机断层扫描(CT)引导定位后行胸腔镜楔形切除术的深部肺小结节患者为研究对象。采用带有四钩爪和带刻度三色定位线的专用装置进行结节定位,收集患者临床资料,评估该术式为深部肺小结节楔形切除获取充足切缘距离的有效性。结果 本研究共纳入73例患者,肺结节中位直径为10.7 mm(范围5~23 mm),中位深度为25.3 mm(范围20~49 mm)。73例患者中,68例(93.1%)穿刺定位成功且定位装置无移位,所有结节均完成楔形完整切除;定位相关并发症均未需进一步临床干预。手术切缘距离中位值为14.4 mm(范围4~29 mm),72例(98.6%)患者切缘距离大于5 mm;62例(84.9%)患者切缘距离与肿瘤直径比值 $\geq 1$ 。结论 本研究为CT引导下带刻度定位线四钩针定位技术联合楔形切除术治疗深部肺小结节的有效性提供了初步证据,该技术有助于为楔形切除术获取充足的手术切缘距离。

**关键词:**肺小结节;新型定位技术;楔形切除术;手术切缘距离

近年来,低剂量胸部CT在我国肺癌筛查中得到广泛应用,肺小结节的检出率显著升高。对于高度怀疑为早期肺癌的肺小结节,推荐采用电视胸腔镜手术(VATS)切除,该术式兼具明确诊断与根治治疗的双重价值<sup>[1,2]</sup>。但部分肺小结节,尤其是深部结节,术中无法通过触诊或直视发现。目前已有多种定位技术应用于表浅肺结节并取得良好临床效果<sup>[3,4]</sup>,但深部肺结节的定位及术中精准获取充足手术切缘距离仍为临床难题。结节定位失败或切缘距离不足,可能导致扩大切除范围甚至肺叶切除,也可能影响患者预后<sup>[5]</sup>。

传统定位方法如CT引导经皮染料注射、钩丝置入、微线圈植入等,均无法满足深部肺结节的定位需求。这些方法无法在胸腔镜楔形切除术中帮助术者判断结节深度及手术切缘距离,切缘距离不足可能需要再次行肺组织切除甚至肺叶切除。因此,寻找一种可靠的深部肺结节定位方法并保证充足切缘距离至关重要。目前已有多种定位技术尝试应用于深部肺结节,如多点染料标记联合深部微线圈置入<sup>[6,7]</sup>、CT引导微线圈联合专利蓝染料双定位<sup>[8]</sup>或吡啶菁绿双定位<sup>[9]</sup>、射频识别标记物定位<sup>[10]</sup>等。但上述方法均存在局限性,如需要专用设备(肺三维虚拟定位系统、C臂移动式透视系统、荧光胸腔镜、射频识别标记系统等)、操作流程复杂、患者及术者辐射暴露增加,难以在临床推广应用。

一种带有四钩锚定器和带刻度定位线的新型肺小结节定位装置,具有定位成功率高、安全性好、操作可行等优势<sup>[11,12]</sup>。该装置的定位操作与传统CT引导经皮肺穿刺定位相似,且无需专用设备。但现有研究尚未明确该装置的最佳适用指征、定位操作规范,以及如何通过该装置保证充足的手术切缘距离。2022年我院开始

应用该新型装置进行肺小结节定位,定位成功率达95.6%<sup>[13]</sup>;我们通过优化定位操作流程,初步发现该装置可帮助手术获取充足的切缘距离<sup>[13]</sup>,但该装置及定位方法是否适用于深部肺小结节仍不明确。因此,本研究采用该新型定位装置,探讨其在深部肺小结节定位及保证手术切缘距离中的应用价值。

## 1 方法

### 1.1 研究对象与纳入标准

本研究为回顾性研究,经中山大学附属第三医院伦理委员会批准。通过电子病历系统收集2021年11月1日~2023年10月31日期间,73例经CT确诊为深部肺小结节、术前接受CT引导四钩针定位并后续行电视胸腔镜楔形切除术患者的临床资料。我院自2021年起开始采用四钩针进行肺小结节定位。

本研究中周围型肺小结节楔形切除术的纳入标准为:(1)肺小结节最大横径 $\geq 8$  mm且 $\leq 20$  mm,实性成分 $< 5$  mm;(2)随访期间CT检查提示结节增大或密度增高;(3)原发病灶控制良好时,CT提示所有肺转移灶均可通过楔形切除完整切除;(4)肺小结节深度 $\geq 20$  mm;(5)同侧继发性结节 $< 8$  mm且高度怀疑恶性者,同期行定位及切除。

采用肺窗参数(窗位-500 HU,窗宽1500 HU)测量肺小结节相关指标。本研究中将深部肺小结节定义为:结节内缘与最近脏层胸膜表面的距离 $\geq 20$  mm<sup>[14]</sup>。203例接受肺小结节定位的患者(共235个结节)中,73例符合深部肺小结节诊断标准并纳入本研究。研究对象筛选流程图见图1。

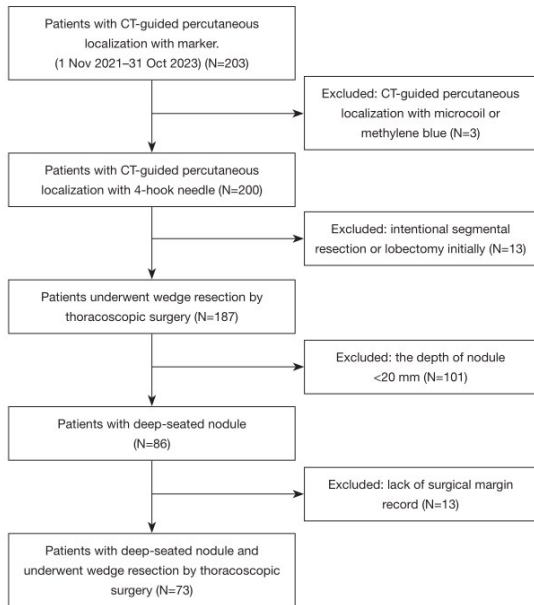


Fig.1 Flow algorithm of patient selection. CT, computed tomography.



Fig.2 The features of the novel localization device: a 4-hook anchor and a tri-colored suture with scale.

### 1.2 介入设备与定位操作

采用 64 排 CT 扫描仪(东芝 AquilionTSX-101A, 日本东京),行薄层扫描(层厚 1.25 mm)。所有患者均由经验丰富的介入放射科医师实施 CT 引导下经皮肺结节定位,定位采用新型四钩针定位装置(宁波圣杰康生物科技有限公司),该装置核心组件为四钩锚定器和带刻度三色定位线(图 2)。四钩锚定器由镍钛记忆合金制成,可牢固固定肺组织及结节;带刻度三色定位线总长 9 cm,每种颜色段长 3 cm,平均分为 6 个节段,每节段 5 mm。胸腔镜楔形切除术中牵拉肺组织时,四钩锚定器可防止结节移位,带刻度三色定位线可用于评估肺小结节的深度。

CT 引导下定位操作的详细步骤已在既往研究报道<sup>[11-13]</sup>,简要操作流程如下:(1)患者根据预设穿刺路径选取合适体位后行 CT 扫描;(2)利多卡因局部浸润麻醉后,将穿刺针置入结节旁<10 mm 处,CT 扫描确认位置(图 3A);(3)拔除针芯,推送推杆,在预定位置释放四钩锚定器(图 3B);(3)将推杆重新置入同轴穿刺针,将三色定位线留置在胸壁处;(4)最后对患者行 CT 扫描,确认定位装置位置并排查并发症。

与既往研究不同,本研究要求穿刺路径尽可能与胸膜垂直,锚定器置于结节旁≤10 mm 的外侧或后方,而非穿过结节或置于结节前方。患者一般于定位后次日行手术治疗。

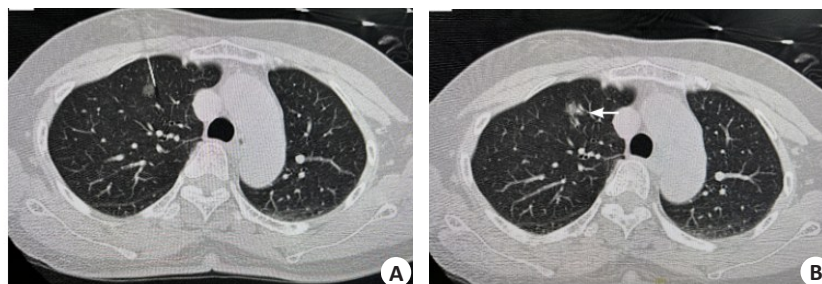


Fig.3 CT images of localization. (A) The puncture route is as close to the nodule and perpendicular to the pleura as possible. (B) The 4-hook anchor is placed beside the nodule within 10 mm. The arrow means the 4-hook anchor CT, computed tomography.

### 1.3 手术操作

1.3.1 麻醉方式 经评估,多数患者采用喉罩麻醉,部分患者(因结节位置过深或胸膜粘连可能需行肺叶切除者)采用双腔支气管插管麻醉。根据术者操作习惯,选

择单孔或双孔电视胸腔镜手术方式,于腋前线第 4 或第 5 肋间作约 3 cm 手术切口;双孔手术者同时于腋中线第 7 肋间作约 1 cm 观察孔。所有患者均顺利完成胸腔镜肺楔形切除术。

1.3.2 手术核心步骤 进入胸腔后,喉罩麻醉患者暂停通气并开放呼吸回路,双腔支气管插管麻醉患者行单肺通气;用卵圆钳压迫肺组织使肺完全萎陷,便于在胸膜表面找到三色定位线。根据胸膜穿刺点、锚定器与结节的三维位置关系确定结节位置,轻拉胸膜旁的带刻度定位线评估结节深度(图 4A);用直径约 1 cm 的卵圆钳挤压肺内残留气体并测量预定切除切缘(图 4B、C),采用

电刀在切缘双侧做标记(图 4D、E);沿标记线下方采用切割缝合器将结节与锚定器一并切除(图 4F);用直尺测量结节边缘至最近缝合器钉合线的距离,即为手术切缘距离(图 4G)。结合带刻度定位线读数、锚定器与结节的三维位置关系及结节直径确定手术切缘,预定切缘距离至少与结节最大直径相等。

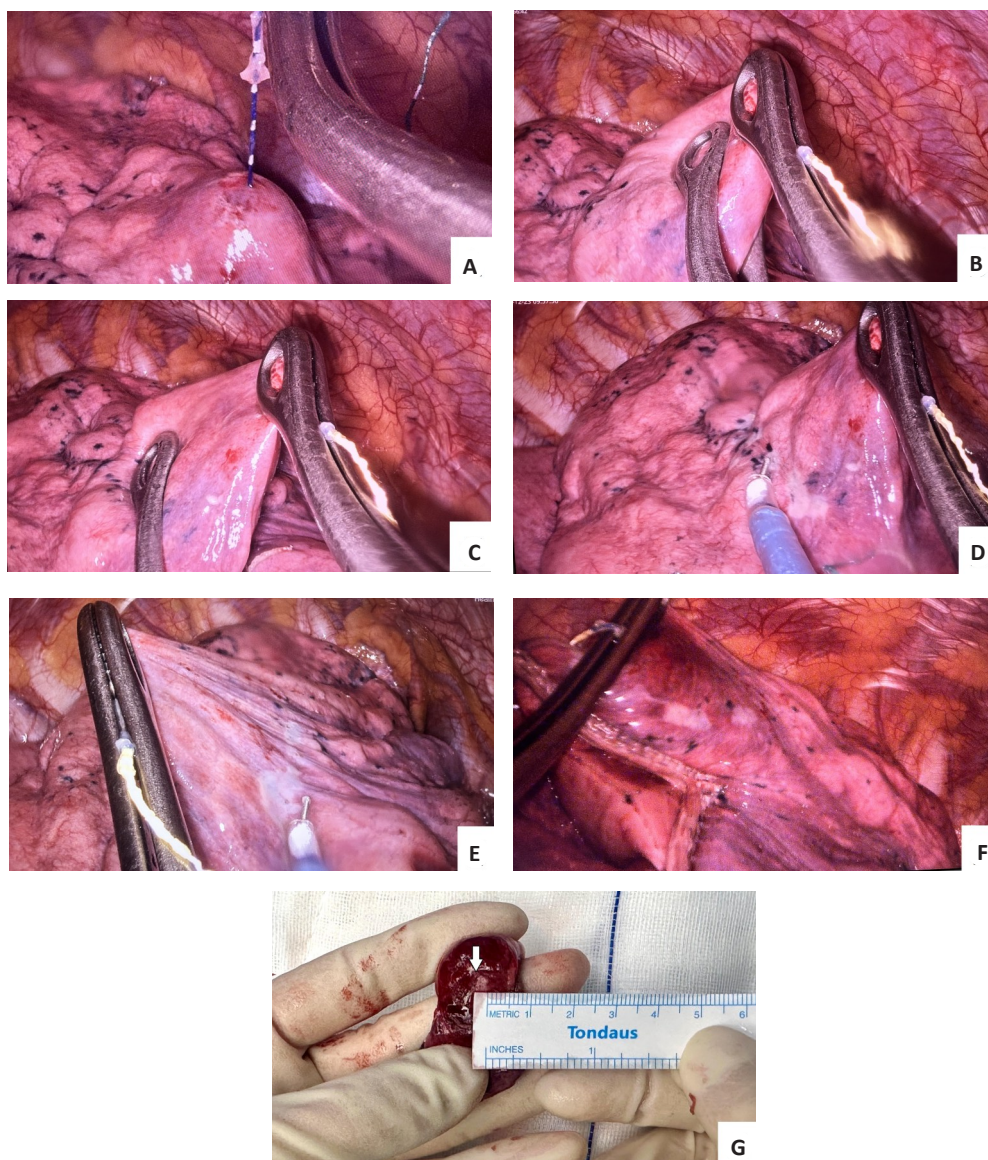


Fig.4 Surgical procedure of thoracoscopic wedge resection. (A) The suture is gently pulled to read the scale. (B and C) The suture and the visceral pleura are tightly grasped by a forceps, and an oval forceps is used to measure the resection distance. (D and E) The expected resection margin was marked by an electrotome bilaterally. (F) The nodule and anchor were resected with staplers below the marked line. (G) Resection margin distance was measured with a ruler from the border of nodule to the nearest staple line. The arrow means the nodule (G).

1.3.3 标本处理与术中病理 将手术标本沿结节最大直径、垂直于切除线方向剖开(保持标本自然状态),用直尺测量切缘距离;本研究中切缘距离定义为结节内缘至切除线(含钉合线)的距离,由术者记录于手术病程中。所有病例均行术中快速冰冻病理检查;若病理结

果为良性或转移瘤,无论切缘距离如何,均判定为完整切除;若为原位癌或恶性肿瘤,要求切缘距离>5 mm;若为浸润性腺癌且切缘距离<5 mm,需行扩大楔形切除;若无法行扩大楔形切除,则行肺段或肺叶切除以保证充足切缘。

1.3.4 组织病理学评估 术后由病理科医师对所有标本进行病理检查,肉眼测量结节大小及切缘距离,对切缘组织行组织学检查。根据2015年《世界卫生组织肺肿瘤分类标准》,肺腺癌分为以下亚型:原位腺癌(AIS)、微浸润腺癌(MIA)、浸润性腺癌(IAC)。其中,原位腺癌定义为直径 $\leq 3$  cm的孤立性腺癌,无浸润表现;微浸润腺癌定义为以鳞屑样生长方式为主,浸润深度 $\leq 5$  mm的腺癌;浸润性腺癌定义为浸润深度 $\geq 5$  mm的腺癌,可进一步分为鳞屑样、腺泡状、乳头状、微乳头状、实性腺癌及其他亚型。记录腺癌亚型及各亚型占比,所有病理数据均纳入最终病理报告。

#### 1.4 主要观察指标

从影像归档和通信系统中提取结节最大直径、结节深度、定位装置深度、钩爪与结节间距等指标;结节深度定义为结节内缘与最近脏层胸膜表面的距离。记录定位操作时间、定位成功率、定位相关并发症、手术时间、切缘距离、切缘距离与肿瘤直径比值[切缘距离(mm)/肿瘤最大直径(mm)]。定位成功定义为钩爪与结节间距 $\leq 10$  mm。所有指标均由两名研究者独立判定,达成一致后记录。

#### 1.5 统计学分析

计量资料以例数、中位数及范围表示,计数资料以例数及百分比表示。所有描述性统计学分析均采用SPSS 20.0统计软件完成。

## 2 结果

### 2.1 基线资料

2021年11月1日~2023年10月31日,根据纳入与排除标准共筛选出73例患者,其中男性27例、女性46例,中位年龄50.2岁(范围16~80岁),所有患者均为单发病灶的深部肺小结节。患者人口学特征及结节相关特征见表1。73个肺结节中,纯磨玻璃结节(GGO)最多,共37例(50.7%),其次为部分实性结节23例(31.5%)、实性结节13例(17.8%);结节好发于右肺上叶(37例,50.7%),其次为左肺上叶(16例,21.9%)。肺窗CT测量结果显示,结节中位直径10.7 mm(范围5~23 mm),中位深度25.3 mm(范围20~49 mm)。病理诊断结果:73个病灶中,恶性病变53例(72.5%,其中微浸润腺癌42例、浸润性腺癌6例、转移瘤5例),良性病变11例(15.1%),癌前腺上皮病变9例(12.4%)。

### 2.2 定位操作与手术结局

定位操作及手术结局相关数据见表2。本研究中定位成功率为93.1%(68/73),5例定位失败;定位成功定义为钩爪置于结节旁 $< 10$  mm处。定位操作中位时间23 min(范围12~47 min),手术中位时间85.6 min(范围35~300 min);71例(97.3%)患者于定位后次日手

Tab.1 Characteristics of patients and pulmonary nodules

Variables	Value (n=73)
Gender	
Male	27 (37.0)
Female	46 (63.0)
Age (years)	50.2 [16-80]
Smoker	
Yes	17 (23.3)
No	56 (76.7)
Nodule type	
Pure GGO	37 (50.7)
Part-solid	23 (31.5)
Solid	13 (17.8)
Location	
Left upper lobe	16 (21.9)
Left lower lobe	5 (6.8)
Right upper lobe	37 (50.7)
Right middle lobe	5 (6.8)
Right lower lobe	10 (13.7)
Size (diameter mm)	10.7 [5-23]
Nodule depth* (mm)	25.3 [20-49]
20 $\leq$ depth $<$ 30	61 (83.6)
Depth $\geq$ 30	12 (16.4)
Pathological diagnosis	
AAH	1 (1.4)
AIS	8 (11.0)
MIA	42 (57.5)
IAC	6 (8.2)
Metastatic tumor	5 (6.8)
Others**	11 (15.1)
Stage***	
Benign	12 (16.4)
0	8 (11.0)
IA1	48 (65.8)
IV (metastatic cancer)	5 (6.8)

Values are presented as median [range] or n (%). N, the number of patients. \*Nodule depth was defined as the distance between the nearest visceral pleural surface and the nodular inner margin. \*\*Including granuloma, inflammation, benign tumor and lymph node. \*\*\*Stage was determined by the eighth edition classification of lung cancer. GGO, ground-glass opacity. AAH, atypical adenomatous hyperplasia. AIS, adenocarcinoma in situ. MIA, minimally invasive adenocarcinoma. IAC, invasive adenocarcinoma.

术,2例(2.7%)于定位当日手术。患者中位住院时间6.1 d(范围3~13 d),无住院死亡病例。

锚定器钩爪中位深度22.5 mm(范围9~65 mm),钩爪与结节中位间距4.6 mm(范围0~25 mm);64例(87.7%)患者钩爪与结节间距 $< 10$  mm,4例 $> 10$  mm,4例钩爪置入结节内,1例出现定位装置移位。

5例定位失败原因:1例因锚定器误置于斜裂内,穿

Tab.2 Outcome of localization and surgery

Variables	n=73
Time of localization (min)	23 [12-47]
Time of surgery (min)	85.6 [35-300]
Time between localization and surgery	
One day before surgery	71 (97.3)
The day of surgery	2 (2.7)
Time of hospitalization (days)	6.1 [3-13]
The depth of the anchor claw* (mm)	22.5 [9-65]
Location of the anchor claw (mm)	
In nodules	4(5.5)
Around nodules	
1< distance≤10	64(87.7)
Distance>10	4(5.5)
Misplacement	1(1.4)
Distance between claw and nodule (mm)	
Successful localization	68(93.1)
Failed localization	5(6.8)
Localization related complications	25(34.2)
Parenchymal hemorrhage	17(23.3)
Small	17
Large	0
Pneumothorax	8(11.0)
Small	8
Large	0
Hemothorax	0
Hemoptysis	0
Surgical procedure	
Wedge resection	71 (97.3)
Extended wedge resection	0
Segmentectomy	0
Lobectomy	2 (2.7)
Retrieve of device after resection	73 (100)

Data are showed as median [range] or n (%). N, the number of patients.  
\* the depth of the anchor claw was defined as the distance between the nearest visceral pleural surface and inner margin of the anchor claw.

刺路径穿过背段试图定位后段结节;2例因骨性结构遮挡,穿刺路径无法与脏层胸膜保持垂直;2例因结节位于下叶近膈肌处,呼吸运动导致定位偏差。5例定位失败患者均通过脏层胸膜表面的结节、钩爪与三色定位线的三维空间关系,顺利完成结节切除。

定位相关常见并发症为局限性肺实质出血 17 例 (23.3%)、气胸 8 例(11%);无大咯血、血胸等严重并发症,定位后均未行胸腔闭式引流。

所有肺小结节均一次楔形切除成功,术者与病理科医师均确认结节完整切除。1例右肺上叶前段结节患者,结节深度 30 mm,手术切缘距离 4 mm,病理诊断为微浸润腺癌,后续改行肺叶切除;1例实性结节患者,结节直径 9 mm,术中冰冻病理提示至少为微浸润腺癌,亦

改行肺叶切除。

### 2.3 手术切缘距离

胸腔镜楔形切除术切缘距离相关结果见表 3。切缘距离中位值为 14.4 mm(范围 4~29 mm);8 例患者切缘距离<10 mm(其中 1 例 4 mm、6 例 8 mm、1 例 9 mm),52 例切缘距离为 10~19 mm,13 例切缘距离≥20 mm。结节深度≥30 mm 者切缘距离中位值为 12.5 mm(范围 4~22 mm),结节深度<30 mm 者切缘距离中位值为 15.3 mm(范围 8~29 mm);上述切缘距离为 4 mm 的病例,即为右肺上叶前段深度 30 mm 的结节。

Tab.3 The resection margin distance and margin distance to tumor size ratio

Variables	n=73
Margin distance (mm)	14.4 [4-29]
Distance <10	8 (11.0)
10≤ distance <20	52 (71.2)
Distance ≥20	13 (17.8)
Margin distance/ tumor size ratio	
<1	11 (15.1)
≥1	62 (84.9)

N, the number of patients.

首次切除标本的切缘距离与肿瘤直径比值中位值为 1.42(范围 0.4~2.5);62 例(84.9%)患者比值≥1,11 例(15.1%)比值<1;2 例比值<1 的患者后续改行肺叶切除。

### 3 讨论

电视胸腔镜楔形切除术中,术前或术中对深部肺小结节的精准识别及充足手术切缘距离的获取,是临床操作的两大难点。本研究将新型定位装置应用于深部肺小结节的 CT 引导经皮定位,再行电视胸腔镜楔形切除术,结果显示该定位技术操作简便、定位准确、效果可靠,为电视胸腔镜楔形切除术治疗深部肺小结节获取充足切缘距离提供了一种精准、简便的技术方案。

术前定位可帮助术者快速找到靶病灶、实施精准切除,缩短肺小结节楔形切除术的手术时间。但现有多数定位技术仅能实现胸膜表面的精准定位,便于表浅病灶后续采用切割缝合器切除,却无法适用于深部肺小结节。原因在于,术中肺萎陷及胸膜表面组织牵拉时,传统定位技术无法精准评估病灶深度,导致楔形切除术中切缘距离评估不准确,进而出现切缘距离不足或切缘阳性,深部肺小结节此问题更为突出。因此,深部肺小结节的定位技术,不仅需要实现胸膜表面的精准定位,还需能在楔形切除术中准确评估结节深度。

目前已有多种术前及术中定位技术应用于深部肺小结节,包括肺三维虚拟定位系统<sup>[6,7]</sup>、多点染料标记、微线圈联合专利蓝染料双定位<sup>[8]</sup>或吲哚菁绿双定位<sup>[9]</sup>、射

频识别标记物定位<sup>[10]</sup>等。但上述方法均存在弊端,如增加辐射暴露、需要专用设备(如透视机、射频系统、复合手术室)、操作流程复杂,难以临床推广。因此,临床上亟需一种操作简便、可在多数医院开展的深部肺小结节定位技术。

近期,Fan等首次报道了一种带四钩爪和带刻度定位线的新型定位装置,应用于肺小结节定位及楔形切除术,具有定位成功率高、安全性好、操作可行、患者耐受性佳等优势<sup>[11]</sup>。该装置无需专用设备和特殊操作技术,定位流程与传统CT引导经皮肺穿刺定位相似,已在我国临床广泛应用<sup>[12,15-17]</sup>。但目前关于该装置应用于深部肺结节的临床经验较少,且文献中尚未报道通过该装置精确定手术切缘的具体方法<sup>[11,12,15-18]</sup>。基于四钩爪联合带刻度定位线的装置设计特点,我们推测其不仅能实现结节的精准定位,还能在胸腔镜手术中实现结节的精准楔形切除并保证充足的手术切缘距离:四钩爪系统可固定靶病灶及周围肺组织,避免牵拉胸膜表面组织时结节移位;与术前肺膨胀状态下CT测量的距离不同,术中肺萎陷时,可通过带刻度定位线可靠判断手术切缘距离。

在前期研究中,我们将定位点优化至结节旁或后方尽可能近的位置,并改进了结节深度评估方法,初步发现该技术可实现深部肺小结节的精准定位并获取充足切缘距离,且小样本亚组分析显示该技术对深部肺结节具有一定应用优势<sup>[13]</sup>。因此,本研究扩大样本量,重点探讨该新型装置在深部肺小结节定位中的应用价值。

日本临床肿瘤组JCOG0804研究<sup>[19]</sup>指出,对于直径 $\leq 2.0$  cm的磨玻璃结节为主型周围型肺癌,亚肺叶切除的切缘距离至少5 mm,即可保证局部控制效果及无复发生存率。本研究中,72例(98.63%)患者切缘距离 $> 5$  mm,仅1例为4 mm,切缘距离中位值达14.4 mm;该切缘距离4 mm的病例为右肺上叶前段结节,直径10 mm、深度30 mm,因首次楔形切除后无法行扩大切除,后续改行肺叶切除。同时,本研究中62例(84.9%)患者切缘距离与肿瘤直径比值 $\geq 1$ ,11例(15.1%)比值 $< 1$ ,研究结果与前期研究<sup>[13]</sup>一致,且临床效果满意。总体而言,该定位装置及切缘测量方法,可帮助深部肺小结节楔形切除术获取充足的手术切缘。

结节深度的精准评估是保证结节完整切除及切缘距离充足的关键。但临床中,术者多依靠个人经验评估结节深度及切缘距离,缺乏准确性和可重复性。因此,本研究对结节深度评估方法及楔形切除手术流程进行了标准化,具体定位操作步骤如下(图4):(1)穿刺路径尽可能与胸膜垂直,钩爪置于病灶旁尽可能近的位置;(2)通过带刻度定位线读数评估钩爪深度后,用卵圆钳或弯止血钳轻拉定位线及部分脏层胸膜;(3)用直径10 mm的卵圆钳或直尺测量预定切除切缘;(4)用电刀在

切除切缘双侧做标记;(5)沿标记线采用切割缝合器行楔形切除。结合带刻度定位线读数及钩爪与结节的三维位置关系,评估结节深度及手术切缘距离。本研究中,所有深部肺小结节均一次切除成功,验证了该标准化流程的有效性。

尽管该方法在深部肺小结节定位及楔形切除中具有诸多优势,但仍存在一定局限性:其一,该方法仍无法克服CT引导经皮定位的固有缺陷,如无法对纵隔旁结节进行定位、肩胛区骨性结构遮挡、患者穿刺疼痛、辐射暴露等;其二,对于深度 $\geq 30$  mm的肺结节,采用该方法定位并实施楔形切除术时,需严格筛选患者,除肺尖等楔形切除操作简便的部位外,应谨慎选择楔形切除,可考虑改行肺段切除以保证充足切缘距离。因此,该定位方法的临床应用需严格把握患者入选标准。

本研究也存在一定局限性:研究为单中心回顾性设计,样本量较小,且未设置对照组(如表浅染料标记联合深部微线圈定位),难以充分验证该新型装置及方法在深部肺小结节定位中的优势。未来需开展进一步研究,明确该方法在不同特征、不同部位深部肺小结节楔形切除术中的适用性及临床优势。

#### 4 结论

本研究初步临床经验表明,术前CT引导下带刻度定位线四钩针定位技术,是电视胸腔镜楔形切除术治疗深部肺小结节的一种高效、简便、精准的定位方案,可保证手术获取充足的切缘距离。尽管该新型定位技术的临床优势仍需后续研究进一步验证,但该技术可提高手术操作的精准性,减少患者不必要的手术创伤,具有较高的临床推广价值。

#### 参考文献:

- [1] Krochmal R, Arias S, Yarmus L, Feller-Kopman D, Lee H. Diagnosis and management of pulmonary nodules[J]. *Expert Rev Respir Med*, 2014; 8(6):677-91.
- [2] Yang SM, Hsu HH, Chen JS. Recent advances in surgical management of early lung cancer[J]. *J Formos Med Assoc*, 2017;116(12): 917-923.
- [3] Thistlethwaite PA, Gower JR, Hernandez M, Zhang Y, Picel AC, Roberts AC. Needle localization of small pulmonary nodules: Lessons learned[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018;155(5):2140-2147.
- [4] Hsu PK, Chuang LC, Wu YC. Electromagnetic Navigation-Guided Preoperative Localization of Small Malignant Pulmonary Tumors [J]. *Ann Thorac Surg*, 2020; 109(5): 1566-1573.
- [5] Ajmani GS, Wang CH, Kim KW, Howington JA, Krantz SB. Surgical quality of wedge resection affects overall survival in patients with early stage non-small cell lung cancer[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018;156(1): 380-391.e2.
- [6] Sato M, Nagayama K, Kobayashi M, Nakajima J. Virtual-Assisted Lung Mapping 2.0: Preoperative Bronchoscopic Three-Dimension-

- al Lung Mapping[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019; 108(1): 269-273.
- [7] Sato M, Kobayashi M, Sakamoto J, Fukai R, Takizawa H, Shinohara S, Kojima F, Sakurada A, Nakajima J. The role of virtual-assisted lung mapping 2.0 combining microcoils and dye marks in deep lung resection [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022; 164(1): 243-251, e245.
- [8] Lin CW, Ko HJ, Yang SM, Chen YC, Ko WC, Huang HC, Chen JS, Chang YC. Computed tomography-guided dual localization with microcoil and patent blue vital dye for deep-seated pulmonary nodules in thoracoscopic surgery[J]. *J Formos Med Assoc*, 2019; 118(6):979-985.
- [9] Chao YK, Leow OQY, Wen CT, Fang HY. Image-guided thoracoscopic lung resection using a dual-marker localization technique in a hybrid operating room[J]. *Surg Endosc*, 2019; 33(11): 3858-3863.
- [10] Yutaka Y, Sato T, Tanaka S, Miyahara S, Yoshizawa A, Morita S, Date H. Feasibility study of a novel wireless localization technique using radiofrequency identification markers for small and deeply located lung lesions[J]. *JTCVS Tech*, 2022; 12: 185-195.
- [11] Fan L, Yang H, Yu L, Wang Z, Ye J, Zhao Y, Cai D, Zhao H, Yao F. Multicenter, prospective, observational study of a novel technique for preoperative pulmonary nodule localization[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020;160(2): 532-539. e532.
- [12] Chen ZM, Xu JY, Cai WQ, Liao FC, Huo SQ, Yang JW, Peng J. The 4-hook anchor coaxial needle with scaled suture is superior to the double spring coil for preoperative localization[J]. *J Thorac Dis*, 2021; 13(7): 4455-4463.
- [13] Wu W, Li X, Wu Y, Zhang K, Xu J, Zhang J, Chen H. A novel localization device for small pulmonary nodules in thoracoscopic wedge resection with adequate margin distance: a retrospective study [J]. *Journal of Thoracic Disease*, 2023; 15(12): 6515-6524.
- [14] Tsai TM, Chiang XH, Liao HC, Tsou KC, Lin MW, Chen KC, Hsu HH, Chen JS. Computed tomography-guided dye localization for deeply situated pulmonary nodules in thoracoscopic surgery [J]. *Ann Transl Med*, 2019; 7(2):31.
- [15] Huang YY, Wang T, Fu YF, Shi YB, Cao W, Hou JP. Comparison of the effectiveness of anchoring needles and coils in localizing multiple nodules in the lung[J]. *BMC Pulmonary Medicine*, 2022; 22(1): 393.
- [16] Kong J, Guo J, Zhang H, Li Y, Wang G, Zhang Y. CT-guided localization techniques of small pulmonary nodules: a prospective non-randomized controlled study on pulmonary nodule localization needle and methylene blue staining with surgical glue [J]. *Journal of Thoracic Disease*, 2020; 12(11):6826-6835.
- [17] Wang L, He J, Zhang L, Chen C, Chen B, Shen W. A novel preoperative image-guided localization for small pulmonary nodule resection using a claw-suture device[J]. *Scientific Reports*, 2023; 13(1): 18950. .
- [18] Fan L, Ma W, Ma J, Yang L, Wang Z, Xu K, Jia Y, Sun B, Sieren JC, Yang H, Yao F. The improved success rate and reduced complications of a novel localization device vs. hookwire for thoracoscopic resection of small pulmonary nodules: a single-center, open-label, randomized clinical trial[J]. *Transl Lung Cancer Res*, 2022; 11(8): 1702-1712.
- [19] Suzuki K, Watanabe SI, Wakabayashi M, Saji H, Aokage K, Moriya Y, Yoshino I, Tsuboi M, Nakamura S, Nakamura K, Mitsudomi T, Asamura H; West Japan Oncology Group and Japan Clinical Oncology Group. A single-arm study of sublobar resection for ground-glass opacity dominant peripheral lung cancer[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022; 163(1): 289-301. e2.
- (文献出处:Wu WB, Wu YH, Zhang K, Li XJ, Xu JN, Huang YH, Zhang J, Chen HG. A novel localization technique for margin distance assessment of deep-seated small pulmonary nodules in thoracoscopic wedge resection: a retrospective study. *Quant Imaging Med Surg* 2025. doi: 10.21037/qims-24-1571)

# 从辅助诊疗到自主智能:人工智能在胸外科老年患者的应用进展

黄元亨

中山大学附属第三医院岭南医院心胸外科

**摘要:**随着全球人口老龄化进程加速,胸外科老年患者数量持续增加,其复杂的合并症和生理功能衰退对诊疗提出了更高要求。人工智能(AI)技术近年来在医学领域取得了突破性进展,从辅助诊断到自主决策支持系统,正在深刻改变胸外科的临床实践模式。本文重点阐述AI在胸外科老年患者的术前评估、影像诊断、手术规划、术中导航、术后管理及并发症预测等方面的应用进展,探讨从辅助诊疗向自主智能演进的技术路径,并对未来发展方向进行展望,为老年胸外科精准医疗提供理论依据和实践指导。

**关键词:**人工智能;胸外科;老年患者;机器学习;精准医疗

全球人口老龄化趋势日益明显,肺癌作为老年人群中最常见的恶性肿瘤之一,其发病率和死亡率均居高不下。据统计,约50%以上的肺癌患者确诊时年龄超过70岁,胸外科老年患者群体庞大且持续增长<sup>[1]</sup>。然而,老年患者常伴有多种合并症、生理功能储备下降及认知障碍等问题,使得胸外科手术的围术期风险显著增加,传统的诊疗模式面临严峻挑战。

人工智能(Artificial Intelligence, AI)作为计算机科学的重要分支,通过模拟人类智能的认知功能,在医学影像分析、疾病诊断、治疗决策及预后预测等领域展现出巨大潜力<sup>[2]</sup>。近年来,随着深度学习技术的突破、大数据积累及计算能力的提升,AI在胸外科的应用已从最初的辅助诊断工具,逐步演进为能够参与临床决策支持的智能系统。特别是在老年胸外科领域,AI技术的应用有望克服传统评估方法的局限性,实现个体化精准医疗<sup>[3]</sup>。

本文将系统性综述AI技术在胸外科老年患者各阶段的应用进展,探讨从辅助诊疗向自主智能演进的发展趋势,为临床实践和未来研究提供参考。

## 1 AI在术前评估与诊断中的应用

### 1.1 肺结节的智能检测与诊断

肺结节的早期筛查和准确诊断是肺癌防治的关键环节。基于深度学习的计算机辅助诊断(CAD)系统在低剂量胸部CT筛查中表现出色。Ardila等<sup>[4]</sup>在Nature Medicine发表的研究开发了一种端到端的3D深度学习模型,在肺癌筛查中的敏感性超过放射科医师,且假阳性率显著降低。该系统通过分析全卷积神经网络提取的影像特征,能够在单次CT扫描中完成肺结节检测、恶性程度评估及风险预测。

针对老年患者的特殊性,Elia等<sup>[5]</sup>研究表明,影像组学结合AI技术可有效预测老年患者孤立性肺结节的恶

性程度。该研究利用机器学习算法分析CT影像的纹理特征、形态学参数及临床数据,建立了适用于老年人群的肺结节良恶性鉴别模型,准确率达到90%以上。这一技术突破对于老年患者尤为重要,因其常因合并症而无法耐受侵入性检查,无创性AI辅助诊断可显著减少不必要的活检和手术。

### 1.2 老年综合评估的智能化

老年胸外科患者的术前评估需要综合考虑生理储备、合并症、认知功能及营养状态等多维因素。传统的老年综合评估(Comprehensive Geriatric Assessment, CGA)耗时且依赖经验,而AI技术可通过整合电子健康档案(EHR)数据,实现自动化风险评估<sup>[6]</sup>。

Corre等<sup>[7]</sup>开展的前瞻性随机对照试验(ESOGIA研究)证实,基于CGA的治疗决策可显著改善老年晚期非小细胞肺癌患者的预后。近年来,自然语言处理(NLP)技术的应用使得从非结构化病历文本中提取老年评估相关信息成为可能。Wang等<sup>[8]</sup>开发的NLP系统能够从EHR中自动提取癌症患者的症状信息,准确识别老年患者的功能状态和合并症,为术前风险评估提供数据支持。

## 2 AI在手术规划与决策支持中的应用

### 2.1 手术风险预测模型

胸外科老年手术患者术后并发症发生率高,准确的风险分层对于优化治疗决策至关重要。机器学习算法通过整合术前临床、影像及实验室数据,可构建高精度的并发症预测模型。Salati等<sup>[9]</sup>首次将机器学习方法应用于胸外科领域,开发的模型可预测心肺并发症,真阳性率达到76%。

Chen等<sup>[10]</sup>近期发表的研究开发并验证了一种可解释的机器学习模型,用于预测肺癌手术后的肺部并发症。该研究采用多步骤特征选择和模型优化策略,最终

模型在内部验证集上的AUC达到0.85,外部验证集AUC为0.82,显著优于传统风险评分系统。更重要的是,该模型提供了特征重要性解释,帮助临床医师理解预测依据,增强了AI决策的可信度。

针对老年患者的术后感染风险,Liu等<sup>[11]</sup>基于逻辑回归和机器学习模型开发了老年大手术患者术后肺部感染预测工具。研究纳入年龄 $\geq 60$ 岁的手术患者,通过对比多种算法发现,集成学习方法(XGBoost)表现最优,AUC达0.89,为胸外科老年患者的围术期管理提供了重要参考。

## 2.2 影像组学列线图与个体化预后评估

影像组学(Radiomics)通过高通量提取医学影像中的定量特征,结合机器学习算法,可构建个体化预后预测模型。Huang等<sup>[12]</sup>在放射学顶刊Radiology发表的开创性研究证实,基于CT影像组学的特征标签可有效预测早期非小细胞肺癌患者的无病生存期,其预测效能显著优于传统TNM分期系统。

近年来,影像组学列线图(Radiomics Nomogram)作为一种可视化预测工具,在老年肺癌患者中得到广泛应用。Yang等<sup>[13]</sup>开发的2D和3D CT影像组学列线图,通过整合影像特征与临床病理因素,可准确预测非小细胞肺癌患者的总生存期,C-index达到0.75。Li等<sup>[14]</sup>进一步构建了整合CT征象、影像组学标签及临床因素的复合列线图,为老年患者的治疗决策提供了量化依据。

## 3 AI在术中辅助与机器人手术中的应用

### 3.1 机器人辅助胸外科手术

机器人辅助手术系统(如da Vinci手术机器人)整合了先进的成像技术和精准操控系统,在胸外科老年患者中展现出独特优势。Ruurda等研究人员指出<sup>[15]</sup>,机器人辅助微创食管切除术(RAMIE)可实现更精细的解剖操作和淋巴结清扫,尤其适用于心肺功能储备有限的老年患者。

Seto等<sup>[16]</sup>详细分析了机器人手术在食管癌治疗中的优缺点,指出机器人系统的三维高清视野和震颤过滤功能,可显著提高手术精度,减少术中出血和周围组织损伤,这对于脆弱老年患者的术后恢复尤为重要。

### 3.2 智能手术导航系统

AI技术正在推动手术导航系统向智能化方向发展。基于深度学习的实时图像识别技术可辅助外科医师识别解剖结构、定位肿瘤边界及保护重要神经血管。Gumbs等<sup>[17]</sup>提出的“人工智能手术”概念,强调AI在手术决策和执行过程中的自主参与,包括自动识别手术阶段、预测下一步操作及提供实时建议。

Loftus等<sup>[18]</sup>在JAMA Surgery发表的综述系统阐述了AI在外科手术决策中的应用框架,提出AI应从辅助

工具逐步演进为能够自主学习和决策的智能系统。该研究强调,实现自主智能需要解决算法可解释性、临床验证及伦理法律等多重挑战。

## 4 AI在术后管理与并发症预测中的应用

### 4.1 术后并发症早期预警

胸外科老年患者术后并发症发生率高,早期识别和干预对于改善预后至关重要。AI系统通过实时监测生命体征、实验室指标及临床数据,可实现并发症的早期预警。Li等<sup>[19]</sup>开展的回顾性病例对照研究开发了“胸外科谵妄指数”(Thoracic Delirium Index),通过术前血清生物标志物结合机器学习算法,预测胸外科老年患者术后谵妄的发生风险。

Pipanmekaporn等<sup>[20]</sup>构建的呼吸并发症风险评分系统,整合了手术相关因素和患者基线特征,可有效预测胸外科术后呼吸并发症。该评分系统的开发为临床医师量化评估风险提供了工具,有助于制定个体化的术后监护方案。

### 4.2 基于NLP的术后随访管理

自然语言处理技术在术后随访管理中发挥重要作用。Thatoi等<sup>[21]</sup>系统总结了NLP在从EHR中提取癌症预后信息方面的应用,指出NLP技术可自动识别术后并发症、复发迹象及生存状态,显著提高随访效率。Sim等<sup>[22]</sup>的研究进一步证实,NLP分析非结构化患者报告结局数据在癌症人群中具有可行性,为老年患者的远程随访和症状监测提供了新思路。

## 5 从辅助诊疗到自主智能的演进路径

### 5.1 当前AI系统的局限性

尽管AI在胸外科老年人群的应用取得了显著进展,但现有系统大多仍处于辅助诊疗阶段,主要功能局限于图像识别、风险预测和决策建议。de Margerie-Mellon等研究人员指出<sup>[23]</sup>,当前AI在肺结节和肺癌诊断中的应用仍面临数据异质性、算法泛化能力不足及临床验证不充分等挑战。

老年患者的特殊性进一步增加了AI应用的复杂性。Schulkes等研究人员强调<sup>[24]</sup>,老年肺癌患者的CGA需要综合考虑多重因素,而现有AI模型往往难以完全捕捉老年患者的复杂临床表型。此外,算法的“黑箱”特性与临床决策的透明性要求之间存在矛盾,可解释性AI(Explainable AI, XAI)的发展成为解决这一问题的关键<sup>[25]</sup>。

### 5.2 自主智能系统的发展方向

自主智能(Autonomous Intelligence)代表了AI在医学领域发展的更高阶段,其核心特征是能够基于多源数据自主学习、推理并作出临床决策。Gershov等<sup>[26]</sup>提

出的自主临床决策支持系统框架,整合了大语言模型和知识图谱技术,能够根据患者当前状态动态调整诊疗建议,标志着向自主智能迈出了重要一步。

在老年胸外科领域,实现自主智能需要突破以下关键技术:(1)多模态数据融合:整合影像、基因组、蛋白质组及临床数据,构建全面的患者画像<sup>[27]</sup>;(2)动态风险评估:开发能够实时更新风险预测的时序模型;(3)个性化治疗推荐:基于患者特征和循证医学证据,自动生成个体化治疗方案<sup>[28]</sup>;(4)人机协同决策:建立医师与AI系统的有效交互机制,确保临床决策的安全性和可行性<sup>[29]</sup>。

## 6 结论与展望

人工智能技术正在深刻改变胸外科老年患者的临床实践模式。从肺结节智能检测、术前风险评估、手术规划到术后管理,AI技术已渗透到诊疗全流程。既往研究成果表明,基于深度学习的影像诊断、机器学习风险预测模型及机器人辅助手术系统,显著提升了胸外科老年患者的诊疗质量和安全性。

展望未来,随着大语言模型、多模态融合技术及可解释技术的发展,人工智能将从当前的辅助诊疗工具,逐步演进为具备自主学习能力的自主智能系统。这一演进不仅需要技术创新,更需要临床验证、伦理规范及监管政策的同步跟进。通过医工交叉合作,充分发挥AI技术在胸外科老年患者精准医疗中的潜力,将为全球老龄化背景下的肺癌防治提供中国智慧和方案。

## 参考文献:

- [1] Venuta F, Diso D, Onorati I, et al. Lung cancer in elderly patients. *J Thorac Dis.* 2016 Nov; 8(Suppl 11): S908-S914. doi: 10.21037/jtd.2016.05.20. PMID: 27942414; PMCID: PMC5124601.
- [2] Li Y, Wu X, Yang P, et al. Machine Learning for Lung Cancer Diagnosis, Treatment, and Prognosis. *Genomics Proteomics Bioinformatics.* 2022 Oct; 20(5): 850-866. doi: 10.1016/j.gpb.2022.11.003. Epub 2022 Dec 1. PMID: 36462630; PMCID: PMC10025752.
- [3] Wang M, Herbst RS, Boshoff C. Toward personalized treatment approaches for non-small-cell lung cancer. *Nat Med.* 2021 Aug; 27(8):1345-1356. doi: 10.1038/s41591-021-01450-2. Epub 2021 Aug 12. PMID: 34385702.
- [4] Ardila D, Kiraly AP, Bharadwaj S, et al. End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography. *Nat Med.* 2019 Jun; 25(6):954-961. doi: 10.1038/s41591-019-0447-x. Epub 2019 May 20. Erratum in: *Nat Med.* 2019 Aug; 25(8): 1319. doi: 10.1038/s41591-019-0536-x. PMID: 31110349.
- [5] Elia S, Pompeo E, Santone A, et al. Radiomics and Artificial Intelligence Can Predict Malignancy of Solitary Pulmonary Nodules in the Elderly. *Diagnostics (Basel).* 2023 Jan 19; 13(3): 384. doi: 10.3390/diagnostics13030384. PMID: 36766488; PMCID: PMC9914272.
- [6] Decoster L, Kenis C, Schallier D, et al. Geriatric Assessment and Functional Decline in Older Patients with Lung Cancer. *Lung.* 2017 Oct; 195(5):619-626. doi: 10.1007/s00408-017-0025-2. Epub 2017 Jun 20. PMID: 28634893.
- [7] Corre R, Greillier L, Le Caër H, et al. Use of a Comprehensive Geriatric Assessment for the Management of Elderly Patients With Advanced Non-Small-Cell Lung Cancer: The Phase III Randomized ESOGIA-GFPC-GECP 08-02 Study. *J Clin Oncol.* 2016 May 1; 34(13):1476-83. doi: 10.1200/JCO.2015.63.5839. Epub 2016 Feb 16. PMID: 26884557.
- [8] Wang L, Fu S, Wen A, et al. Assessment of Electronic Health Record for Cancer Research and Patient Care Through a Scoping Review of Cancer Natural Language Processing. *JCO Clin Cancer Inform.* 2022 Jul; 6: e2200006. doi: 10.1200/CCI.22.00006. PMID: 35917480; PMCID: PMC9470142.
- [9] Salati M, Migliorelli L, Moccia S, et al. A Machine Learning Approach for Postoperative Outcome Prediction: Surgical Data Science Application in a Thoracic Surgery Setting. *World J Surg.* 2021 May; 45(5): 1585-1594. doi: 10.1007/s00268-020-05948-7. Epub 2021 Feb 16. PMID: 33594578.
- [10] Chen S, Deng T, Yang Q, et al. Development and validation of an explainable machine learning model for predicting postoperative pulmonary complications after lung cancer surgery: a machine learning study. *EclinicalMedicine.* 2025 Aug 1; 86:103386. doi: 10.1016/j.eclinm.2025.103386. PMID: 40791887; PMCID: PMC12337024.
- [11] Liu J, Li X, Wang Y, et al. Predicting postoperative pulmonary infection in elderly patients undergoing major surgery: a study based on logistic regression and machine learning models. *BMC Pulm Med.* 2025 Mar 19; 25(1): 128. doi: 10.1186/s12890-025-03582-4. PMID: 40108569; PMCID: PMC11921591.
- [12] Huang Y, Liu Z, He L, et al. Radiomics Signature: A Potential Biomarker for the Prediction of Disease-Free Survival in Early-Stage (I or II) Non-Small Cell Lung Cancer. *Radiology.* 2016 Dec; 281(3): 947-957. doi: 10.1148/radiol.2016152234. Epub 2016 Jun 27. PMID: 27347764.
- [13] Yang L, Yang J, Zhou X, et al. Development of a radiomics nomogram based on the 2D and 3D CT features to predict the survival of non-small cell lung cancer patients. *Eur Radiol.* 2019 May; 29(5):2196-2206. doi: 10.1007/s00330-018-5770-y. Epub 2018 Dec 6. PMID: 30523451.
- [14] Li R, Peng H, Xue T, et al. Prediction and verification of survival in patients with non-small-cell lung cancer based on an integrated radiomics nomogram. *Clin Radiol.* 2022 Mar; 77(3): e222-e230. doi: 10.1016/j.crad.2021.12.002. Epub 2021 Dec 31. PMID: 34974912.
- [15] Ruurda JP, van der Sluis PC, van der Horst S, et al. Robot-assisted minimally invasive esophagectomy for esophageal cancer: A systematic review. *J Surg Oncol.* 2015 Sep; 112(3): 257-65. doi: 10.1002/jso.23922. PMID: 26390285.
- [16] Seto Y, Mori K, Aikou S. Robotic surgery for esophageal cancer: Merits and demerits. *Ann Gastroenterol Surg.* 2017 Aug 14; 1(3): 193-198. doi: 10.1002/ags3.12028. PMID: 29863149; PMCID: PMC5881348.

- [17] Gumbs AA, Frigerio I, Spolverato G, et al. Artificial Intelligence Surgery: How Do We Get to Autonomous Actions in Surgery? *Sensors (Basel)*. 2021 Aug 17; 21(16): 5526. doi: 10.3390/s21165526. PMID: 34450976; PMCID: PMC8400539.
- [18] Loftus TJ, Tighe PJ, Filiberto AC, et al. Artificial Intelligence and Surgical Decision-making. *JAMA Surg*. 2020 Feb 1; 155(2):148-158. doi: 10.1001/jamasurg.2019.4917. PMID: 31825465; PMCID: PMC7286802.
- [19] Li J, Liu J, Zhang M, et al. Thoracic delirium index for predicting postoperative delirium in elderly patients following thoracic surgery: A retrospective case-control study. *Brain Behav*. 2024 Jan; 14(1): e3379. doi: 10.1002/brb3. 3379. PMID: 38376027; PMCID: PMC10772846.
- [20] Pipanmekaporn T, Bunchungmongkol N, Punjasawadwong Y, et al. A risk score for predicting respiratory complications after thoracic surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2019 May; 27(4): 278-287. doi: 10.1177/0218492319835994. Epub 2019 Mar 11. PMID: 30857395.
- [21] Thatoi P, Choudhary R, Shiwani A, et al. Natural Language Processing (NLP) in the Extraction of Clinical Information from Electronic Health Records (EHRs) for Cancer Prognosis . *International Journal of Membrane Science and Technology* 2023.10 (4):2676-94. <https://doi.org/10.15379/ijmst.v6i2.3784>.
- [22] Sim JA, Huang X, Horan MR, et al. Using natural language processing to analyze unstructured patient-reported outcomes data derived from electronic health records for cancer populations: a systematic review. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res*. 2024 Apr;24(4):467-475. doi: 10.1080/14737167. 2024. 2322664. Epub 2024 Mar 5. PMID: 38383308; PMCID: PMC11001514.
- [23] de Margerie-Mellon C, Chassagnon G. Artificial intelligence: A critical review of applications for lung nodule and lung cancer. *Diagn Interv Imaging*. 2023 Jan; 104(1):11- 17. doi: 10.1016/j.diii.2022. 11. 007. Epub 2022 Dec 10. PMID: 36513593.
- [24] Schulkes KJ, Hamaker ME, van den Bos F, et al. Relevance of a Geriatric Assessment for Elderly Patients With Lung Cancer- A Systematic Review. *Clin Lung Cancer*. 2016 Sep; 17(5):341-349. e3. doi: 10.1016/j. cllc. 2016. 05 .007. Epub 2016 Jun 2. PMID: 27349507.
- [25] Javed R, Abbas T, Khan AH, et al. Deep learning for lungs cancer detection: a review. *Artif Intell Rev* 57, 197 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10807-1>
- [26] Javed R, Abbas T, Khan AH, et al. Towards an autonomous clinical decision support system[J]. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2024, 127: 107365. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107215>
- [27] AAvanzo M, Stancanello J, Pirrone G, et al. Radiomics and deep learning in lung cancer. *Strahlenther Onkol*. 2020 Oct;196(10):879-887. doi: 10.1007/s00066-020-01625-9. Epub 2020 May 4. PMID: 32367456.
- [28] Politi K, Herbst RS. Lung cancer in the era of precision medicine. *Clin Cancer Res*. 2015 May 15; 21(10):2213-20. doi: 10.1158/1078-0432.CCR-14-2748. PMID: 25979927; PMCID: PMC4505624.
- [29] Loftus TJ, Altieri MS, Balch JA, et al. Artificial Intelligence-enabled Decision Support in Surgery: State-of-the-art and Future Directions. *Ann Surg*. 2023 Jul 1; 278(1):51- 58. doi: 10.1097/SLA.0000000000005853. Epub 2023 Mar 21. PMID: 36942574; PMCID: PMC12292512.

# 机器人穿刺导航定位系统在术前肺结节定位中的临床应用:39例前瞻性探索性研究

张凯

中山大学附属第三医院岭南医院

**摘要:**目的 传统的CT引导下肺结节穿刺定位面临诸多挑战,国产RC120新型导航系统无需手动配准和放置体表标记,有望简化流程提高工作效率。本研究旨在评估RC120导航系统联合新型四锚钩定位针在肺磨玻璃结节术前定位中的有效性和安全性。方法 本研究是一项单中心、前瞻性、探索性研究,共纳入2024年11月~2025年1月住院手术的39例肺GGN患者。采用RC120导航辅助CT引导下经皮肺结节定位技术,并使用带有三色软线标记的四钩定位针,定位后进行胸腔镜手术切除靶肺结节。主要评估指标是两次调针内定位成功率;次要指标包括安全性、操作时间、辐射剂量和切除切缘是否足够。结果 39个肺磨玻璃结节全部成功定位。平均直径为 $9\pm 3.1$  mm。两次调针内定位成功率为97.4%,平均定位时间为 $16.1\pm 4.8$  min,累积辐射剂量为 $968.6\pm 168$  mGy·cm。平均CT扫描次数为 $3.5\pm 0.8$ 次,针尖与目标偏差为 $4.8\pm 2$  mm。所有目标GGN均被完整切除,术中未发生定位针移位。术后楔形切除的平均切缘距离为 $15.8\pm 4.3$  mm,97.1%的切缘距离/结节比值 $\geq 1$ 。不良事件包括气胸(15.4%)和血胸(2.6%)。结论 RC120导航系统联合新型四锚钩定位针为周围型肺磨玻璃结节的术前定位提供了一种安全、高效的方法,有望提高胸腔镜微创手术的精准度。

**关键词:**RC120;导航定位;肺磨玻璃结节;四锚钩定位针

肺癌是全球癌症死亡的主要原因之一,低剂量CT筛查使得早期肺癌的检出率不断提高,尤其是肺磨玻璃结节(ground glass nodule, GGN)的检出率逐年增高<sup>[1, 2]</sup>。当体检发现肺GGN时,患者常会感到焦虑,甚至影响日常生活。电视胸腔镜手术(video-assisted thoracic surgery, VATS)已成为治疗肺GGN的首选方式。但是肺GGN的术中快速精准定位给外科医生带来了很大挑战。

术中精准识别小的肺GGN相当困难,尤其是直径小于10 mm或距离胸膜表面超过5 mm的病灶,传统的手指触摸法往往失败。目前传统的CT引导下定位技术都面临一些局限,包括耗时长、并发症发生率偏高以及呼吸运动、骨骼遮挡等技术难题<sup>[3-6]</sup>。为克服这些不足,机器人导航辅助新技术应运而生。最新国产的RC120机器人导航系统,已获中国国家药品监督管理局批准,它将实时CT成像与自动路径规划相结合,无需手动校准和体外标记。这种方法有望解决以往技术的许多固有顽疾。目前,全球范围内尚未见将该导航系统用于肺GGN定位的临床研究报道。本研究旨在评估此项新技术联合新型定位针在精准定位GGN方面的实际临床应用价值。

## 1 方法

### 1.1 知情同意

本研究获得中山大学附属第三医院伦理委员会批准(批号:II2024-285-02),并在ClinicalTrials.gov注册(注册号:ChiCTR2500105233)。

### 1.2 研究设计

本研究前瞻性纳入在中山大学附属第三医院岭南

医院胸外科收治住院的周围型肺GGN患者,由两位胸外科专家评估。入选标准为:18~80岁,性别不限,最大直径 $\leq 20$  mm。排除标准包括:凝血功能障碍、严重心肺功能不全、严重肝肾功能障碍、肩胛骨遮挡穿刺路径、以及妊娠。符合所有标准的患者接受RC120导航辅助CT引导下肺结节穿刺定位术。

### 1.3 穿刺定位及胸腔镜手术流程

RC120导航系统(上海睿触科技有限公司)采用创新技术,将CT成像与智能传感器技术相结合,无需重复坐标转换和配准,简化了整体工作流程。首先使用真空垫固定体位以防止患者移动,然后首次CT扫描获取肺部CT图像,导入DICOM格式的CT图像数据后,RC120软件自动生成三维可视化图像。随后术者确定目标并规划最佳穿刺路径。确认规划轨迹后,系统计算主机和机械臂的运动路径,路径验证后,术者通过脚踏开关启动程序,主机和机械臂自动移动到指定位置。术者二次确认RC120机械臂位置后,沿导向槽插入穿刺针完成定位。二次CT扫描验证穿刺针尖端是否到达预定目标位置。如果未到达,术者调整穿刺针的角度或深度。CT扫描确认位置正确后,移除穿刺针的安全锁,按压推杆释放四钩锚定位针,然后退出穿刺针,包扎穿刺点。立即重复CT扫描以确认锚定针位置并检查有无气胸、血胸等并发症。

所有患者在定位后24 h内接受喉罩麻醉下单孔VATS肺楔形切除术。术中通过观察三色定位线深度评估定位针的位置并判断靶肺结节深度,并使用卵圆钳测量切缘距离,电凝钩标记切除边界,然后用直线切割缝合器进行肺楔形切除。标本离体后立即切开,记录定位

锚钩到结节边缘的距离以及切缘距离。

#### 1.4 研究终点

主要研究终点为在调针两次内的定位成功率。当CT图像证实针尖位于距预定目标点10 mm以内,即认为定位成功。超过此范围则视为不成功,需要重新调整位置。次要终点包括一次调针内定位成功率、调针次数、累积辐射剂量、定位时间和安全性评估。安全性评估主要是定位相关不良事件,包括气胸、血胸和咯血等。

## 2 结果

### 2.1 基线资料

共纳入39例患者分析。平均年龄49.7岁,女性占多数(69.2%)。平均体重指数(BMI)为22.2 kg/m<sup>2</sup>。所有肺结节均为GGN,其中混合型GGN占56.4%。平均直径为9±3.1 mm,主要位于上叶(59%)。值得注意的是,超过一半(59.0%)的结节距胸膜在10 mm以内。病理结果显示,微浸润腺癌占56.4%,浸润性腺癌占15.4%,原位腺癌占12.8%,非典型腺瘤样增生占2.6%,良性病变占12.8%。

### 2.2 定位结果

总体定位成功率为100%。两次调针内定位成功率为97.4%,一次调针内定位成功率为89.7%。仅1例患者需要三次调针,平均调针次数0.5±0.8次。平均定位时间为16.1±4.8 min,平均针尖与目标偏差为4.8±2 mm。平均累积辐射剂量为968.6±168 mGy·cm。VAS疼痛评分为3.5±1.4,59%的患者为轻度疼痛,41%为中度疼痛,无重度疼痛。此外,20.5%患者需要口服非甾体抗炎药止痛治疗,用药后症状均可缓解。

### 2.3 手术及安全性结果

所有患者均成功接受喉罩麻醉下单孔VATS肺楔形切除术。术中未发现定位针移位。定位针到结节边缘的平均距离为7.3±3.9 mm,其中82%患者距离≤10 mm,18%在10~20 mm之间。所有结节均实现切缘阴性,平均切缘距离为15.8±4.3 mm。其中,10.3%患者切缘距离≤10 mm(最小切缘为6 mm),74.4%患者切缘距离在10~20 mm之间,15.4%的患者切缘距离超过20 mm。最终,34例肺GGN被诊断为癌前腺体病变或腺癌,其中97.1%的病例切缘/结节比值≥1。仅1例患者(2.9%)的切缘/结节比值为0.95。该患者为纯GGN,切缘距离10.5 mm。

定位过程中未报告严重不良事件。最常见的不良事件为气胸(15.4%)、血胸(2.6%)、咯血(2.6%),无定位针移位发生。

## 3 讨论

VATS已成为诊断和治疗早期肺癌的首选技术<sup>[7]</sup>。

然而,传统方法如手指触摸或器械滑动,常常难以精确定位肺GGN,特别是那些没有胸膜凹陷或明显颜色变化的结节。因此,术前肺结节定位对于确保成功切除至关重要,因为定位不准可能导致切缘阳性、安全切缘不足甚至结节切除失败。传统CT引导下经皮肺穿刺术的主要挑战在于穿刺精度及并发症发生概率。研究者们开发了多种定位材料,包括医用胶、亚甲蓝染料、吲哚菁绿、hook钩和微线圈等<sup>[8,9]</sup>。尽管亚甲蓝仍被广泛使用,但它存在组织扩散、精度不高的问题。常见的实体定位装置如微线圈和hook钩也有其局限性,包括脱位率高、并发症风险增加以及难以准确判断结节深度<sup>[10]</sup>。尽管影像技术不断进步,仍有几个因素会影响定位准确性,包括结节和穿刺深度、患者呼吸和移动、以及机械压力造成的目标移位<sup>[11]</sup>。本研究采用的新型四锚钩定位针是对传统钩丝设计的显著改进。四锚钩定位针能提供更强的组织抓力,而三色缝线标记有助于术者在术中判断深度。已有研究证实了这种穿刺针在孤立性肺结节定位中的有效性和安全性,显示其比传统定位材料更能抵抗移位。

本研究采用的新型免配准导航平台,改善了目标结节识别和穿刺路径规划<sup>[12]</sup>。该系统关键在于一次CT扫描后即可实现自动配准,无需术中手动配准。它能利用术中CT图像创建三维重建,快速规划穿刺路径,同时避开血管、气道等重要结构。我们的结果表明,RC120系统提高了CT引导下肺GGN定位的精准度,同时降低辐射暴露。本研究使用RC120导航系统取得了100%的总体定位成功率,97.4%的操作需要两次或更少的调针次数,这一成功率高于以往报道的常规技术<sup>[13,14]</sup>。与手动操作相比,RC120导航辅助技术显示出诸多优势,包括更少的调针次数、更少的CT扫描需求、更短的定位时间、更低的辐射暴露以及更少的穿刺相关并发症。

精准的术前定位能使术中快速识别结节并精准切除,确保足够的手术切缘,同时保留更多健康肺组织。所有接受RC120辅助定位的患者均成功接受了单孔VATS肺楔形切除术。97.1%病例实现大于1的切缘/结节比值,这对于肿瘤学安全性至关重要。仅有1例纯GGN的切缘/结节比值<1,但是根据JCOG 0802研究的标准,8.5 mm的切缘距离对于直径<20 mm、CTR<0.25的肺纯GGN而言,在肿瘤学上是可以接受的(该研究规定安全切缘至少5 mm)<sup>[15]</sup>。

本研究仍存在一些局限性,包括患者特异性变量(如呼吸模式、移动、体位和皮肤弹性)可能影响定位准确性,以及本研究为单臂、单中心设计,样本量相对较小。未来需要开展大规模、多中心、随机对照试验,以全面评估该导航系统在肺结节定位中的临床价值。

#### 4 结论

RC120 导航系统联合四锚钩定位针为肺 GGN 的术前定位提供了一种安全、高效的方法。将其应用于临床实践,有望提高 VATS 手术的精准度,同时减少辐射负担,支持其在胸部肿瘤领域的更广泛应用。

#### 参考文献:

- [1] Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer Statistics, 2021. *CA Cancer J Clin.* 2021 Jan; 71(1):7-33. doi: 10.3322/caac.21654. PMID: 33433946.
- [2] National Lung Screening Trial Research Team; Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med.* 2011 Aug 4; 365(5): 395-409. doi: 10.1056/NEJMoa1102873. Epub 2011 Jun 29. PMID: 21714641.
- [3] Zhang H, Li Y, Chen X, et al. Comparison of hook-wire and medical glue for CT-guided preoperative localization of pulmonary nodules. *Front Oncol.* 2022 Aug 8; 12: 922573. doi: 10.3389/fonc.2022.922573. PMID: 36003778.
- [4] Hu L, Gao J, Chen C, et al. Comparison between the application of microcoil and hookwire for localizing pulmonary nodules. *Eur Radiol.* 2019 Aug; 29(8): 4036-4043. doi: 10.1007/s00330-018-5939-4. Epub 2019 Jan 10. PMID: 30631924.
- [5] Mayo JR, Clifton JC, Powell TI, et al. Lung nodules: CT-guided placement of microcoils to direct video-assisted thoracoscopic surgical resection. *Radiology.* 2009 Feb; 250(2): 576-85. doi: 10.1148/radiol.2502080442. PMID: 19188326.
- [6] Lin MW, Tseng YH, Lee YF, et al. Computed tomography-guided patent blue vital dye localization of pulmonary nodules in uniportal thoracoscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 Aug; 152(2): 535-544. e2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.04.052. Epub 2016 Apr 25. PMID: 27189890.
- [7] 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 Dec; 10(12):4414-4422. doi: 10.21037/tlcr-21-699. PMID: 35070751.
- [8] 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 May; 10(5): 2229-2236. doi: 10.21037/tlcr-21-425. PMID: 34164272.
- [9] Mariolo AV, Vieira T, Stern JB, et al. Electromagnetic navigation bronchoscopy localization of lung nodules for thoracoscopic resection. *J Thorac Dis.* 2021 Jul; 13(7): 4371-4377. doi: 10.21037/jtd-21-223. PMID: 34422363.
- [10] Li CD, Huang ZG, Sun HL, et al. Marking ground glass nodules with pulmonary nodules localization needle prior to video-assisted thoracoscopic surgery. *Eur Radiol.* 2022 Jul; 32(7): 4699-4706. doi: 10.1007/s00330-022-08597-7. Epub 2022 Mar 10. PMID: 35267089.
- [11] Tseng YH, Lee YF, Hsieh MS, et al. Preoperative computed tomography-guided dye injection to localize multiple lung nodules for video-assisted thoracoscopic surgery. *J Thorac Dis.* 2016 Oct; 8(Suppl 9): S666-S671. doi: 10.21037/jtd.2016.09.46. PMID: 28066667
- [12] Wu W, Li X, Wu Y, et al. A novel localization device for small pulmonary nodules in thoracoscopic wedge resection with adequate margin distance: a retrospective study. *J Thorac Dis.* 2023 Dec 30; 15(12):6515-6524. doi: 10.21037/jtd-23-871. Epub 2023 Dec 18. PMID: 38249905; PMCID: PMC10797389.
- [13] Tseng YH, Lee YF, Hsieh MS, et al. Preoperative computed tomography-guided dye injection to localize multiple lung nodules for video-assisted thoracoscopic surgery. *J Thorac Dis.* 2016 Oct; 8(Suppl 9): S666-S671. doi: 10.21037/jtd.2016.09.46. PMID: 28066667; PMCID: PMC5179341.
- [14] Seo JM, Lee HY, Kim HK, et al. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012 Apr; 143(4):809-14. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.10.038. Epub 2011 Nov 20. PMID: 22104686.
- [15] Saji H, Okada M, Tsuboi M, et al. Segmentectomy versus lobectomy in small-sized peripheral non-small-cell lung cancer (JCOG0802/WJOG4607L): a multicentre, open-label, phase 3, randomised, controlled, non-inferiority trial. *Lancet.* 2022 Apr 23; 399(10335): 1607-17. doi: 10.1016/S0140-6736(21)02333-3. PMID: 35461558

# 多发性肺结节的外科治疗进展

武勇辉

中山大学附属第三医院岭南医院心胸外科

**摘要:**分传统外科手术切除多发性肺结节,肺功能损失大、心肺功能要求高、并发症多,且结节不能完全切除,并不适用于高龄、一般情况较差、结节位置特殊、较多结节等特殊因素的患者。本综述主要阐述多发肺结节的主要外科治疗方式及其优缺点,并介绍我中心采用传统外科手术与消融术相结合的杂交手术方式。

**关键词:**多发性肺结节;手术;消融;放疗;杂交手术

肺癌已成为发病率及死亡率均居首位的恶性肿瘤,起病隐匿,严重的影响人们的健康。能够早发现、早治疗,可明显提高生存预后,传统外科手术仍是疗效最确切的首选治疗方式<sup>[1]</sup>。然而,随着低剂量胸部CT普及,多原发肺结节患者越来越普遍,尤其是分布于单侧或双侧不同肺叶的同时性多原发肺癌(synchronous multiple primary lung cancers, sMPLC),与单发肺结节的治疗不同,此类患者的治疗方案成为新的挑战<sup>[2]</sup>。多发肺结节患者,多处肺切除手术创伤大,损失肺功能多,围术期风险高,且多发性结节不能完全切除。治疗方案的选择需平衡围术期风险、远期预后及生活质量等,面临较大矛盾,其诊疗策略一直是胸外科的热点和难点。充分了解多发肺结节及其可能的潜在治疗方式对于改善此类患者临床预后具有重要意义。

## 1 多发性肺结节流行病学

对于非胸外科及呼吸内科专科医师,需特别注意,经影像学检查偶然发现且无明确恶性肿瘤病史的多发肺结节患者,其肺部结节多为磨玻璃结节(ground glass nodules, GGN)或部分实性结节(partial solid nodules, PSN),多发结节之间的影像学特点相似或截然不同,可表现为同侧肺同肺叶内多发、同侧肺不同肺叶内多发、双侧肺不同肺叶内单发或多发等分布类型,但需与肺内多发性转移癌相鉴别。MPLC一般呈惰性发展,很少发生淋巴结和远处转移,接受根治性治疗后预后良好。因此,正确认识MPLC并给出合理化建议,区分肺内转移等,对于患者选择正确的治疗方案以获得良好的远期预后尤为重要。

多原发肺癌最开始由 Martini 和 Melamed 两位学者提出,基于MPLC的临床和病理特点,总结了M-M的标准,即sMPLC(同时性)需符合:肿瘤物理上不同且相互独立;组织学类型:(1)不同;(2)相同,但在不同肺段、肺叶,并且①源于原位癌,②无肺癌共同引流部位转移,

③确诊时无肺外转移灶。对于mMPLC(异时性),需符合:组织学不同;或组织学相同,且:(1)癌肿时间间隔 $\geq 2$ 年,或(2)起源原位癌,或(3)第2次癌症发生在不同肺叶或肺部,且①共同淋巴引流位置无癌转移,②确诊时无肺外转移灶。

直到1995年 Antakli 等,提出了MPLC的修订定义,即:具有不同的组织学特点;或相同的组织学特点但符合以下两种或两种以上特点:(1)解剖学不同,(2)伴有癌前病变,(3)无系统性转移,(4)无纵隔扩散,(5)不同的DNA倍体数。M-M标准和 Antakli 标准的基本逻辑相似,但 Antakli 标准更为简洁。

后出现ACCP(2003年,2007年,2013年)对MPLC的诊断标准,符合:(1)组织学相同且解剖独立,位于不同肺叶且没有N2、N3淋巴结转移、没有全身转移;(2)组织学相同且诊断时间分离,而且诊断时间间隔 $> 4$ 年、没有全身转移;(3)组织学不同,包括以下3个方面:①不同组织学类型;②不同的分子遗传学特征;③都起源于原位癌。

对于符合以上标准的疑诊为MPLC的肺结节患者,应当给予积极的临床治疗,特别是外科处理。

## 2 多发肺结节的诊疗原则

目前针对多发肺结节的治疗仍然依赖单发肺结节治疗的经验。手术包括肺叶切除、肺段切除、肺楔形切除、亚肺段切除、联合切除术等,仍作为肺多发结节的主要治疗方式。同时联合消融术、立体定向放疗等也是目前针对肺多发结节治疗的有效且安全的治疗方式,但无论哪种方式,目前均缺乏大样本前瞻性随机对照研究提供的数据支持。

## 3 肺多发结节目前常用的治疗手段

### 3.1 外科手术

对于无手术禁忌证的患者,肺切除术是治疗早期肺

癌的首选方式<sup>[3]</sup>。然而,手术创伤仍不容忽视。

目前常用的手术策略是分期手术,若病灶均位于同侧肺,一般选择同期手术切除;若病灶全部位于同一肺叶,可考虑行肺叶切除术;但当病灶都是pGGN时可优先考虑楔形切除或肺段切除;若病灶分布于不同肺叶,可考虑主病灶行肺叶或肺段切除、联合多处肺段或楔形切除术等。术者需采取个体化治疗的决策标准,当只存在一个主要实性病灶时,该病灶所在肺叶行肺叶切除,其他亚实性病灶选择局限性切除等。

### 3.2 肺结节消融术

肺结节治疗亦可采用消融方法,包括CT引导下经皮肺消融和磁导航引导下经支气管镜消融,借助辅助定位技术使得肺消融术具有更高的精准性,进一步促进了该项技术在肺结节治疗中的迅速推广<sup>[4]</sup>。同时也衍生出了微波消融、射频消融、冷冻消融和激光消融等采用不同能量源的肺肿瘤消融技术<sup>[5]</sup>。

相比传统外科手术,肺消融术在创伤性、禁忌证及围手术期安全性等方面具有显著优势,无需切除肺组织,可以有效地保护肺功能,对心肺功能的影响小,疼痛轻,减轻了经济负担和多次手术所承受的身体及心理创伤,尤其适用于心肺功能差、基础病多、无法耐受肺切除术的老年患者。但肺消融术并非绝对安全无创的治疗方式,相关并发症仍不容忽视。常见肺并发症包括:气胸、肺炎、胸腔积液、肺不张、咯血、呼吸衰竭、肺水肿及支气管胸膜瘘等。

### 3.3 立体定向体部放疗

随着放疗技术的发展,精准控制放疗剂量及区域,立体定向放疗(stereotactic body radiation therapy, SBRT)治疗早期NSCLC成为非手术治疗的又一新方向<sup>[3]</sup>。SBRT在杀死肿瘤细胞的同时尽可能减少对周围组织的影响,从而达到精准治疗的目的。适用于不能耐受手术、基础疾病较多、高龄患者、恐惧或其他原因等不愿接受手术患者<sup>[6]</sup>。

SBRT的优势与肺消融术类似,并发症主要表现为放疗相关不良反应,包括放射性肺炎、咳嗽、疲劳、食管炎、皮肤反应和肋骨骨折,最常见的为放射性肺炎。虽SBRT的远期肿瘤疗效可能难以与外科手术比肩,但基于肺多发结节患者的临床特点,在治疗中需充分考虑患者自身条件、手术创伤、并发症及远期肿瘤疗效之间的矛盾,SBRT发挥了较单发肺结节治疗中更大的作用。

SBRT应用范围更大、潜在创伤更小,更适用于一般状况较差且结节位置特殊的患者。但相较外科手术和肺消融术,SBRT存在不能获得病理诊断的问题。对于一般情况较好的患者,相较单独使用立体定向体部放射治疗肺多发结节,结合外科手术的复合治疗方案可能是更好的选择。

## 4 sMPLC 患者治疗的新尝试:杂交手术

### 4.1 杂交模式治疗多发性肺结节

杂交手术已经广泛应用于多发性肺结节的外科治疗中,即在一次手术中采用多种手段治疗多个问题。多原发肺结节杂交手术主要指使用微创外科手术(肺叶或亚肺叶切除)治疗主要、高危的病变,同时结合消融术、SBRT等创伤更小的治疗方式处理相对次要、低风险或因患者自身情况、结节位置不能耐受多处外科手术切除的病变,在同期手术中治疗肺多发结节并尽可能改善患者远期预后的治疗方式<sup>[7]</sup>。

### 4.2 我中心开展的杂交手术方案

多发性肺结节患者,表现在老年患者居多、基础情况差、合并疾病多、心肺功能差等特点,对于sMPLC老年患者,肺多处切除风险极高,平衡疗效与风险尤其重要。既能同期处理多发病灶、又能平衡围术期风险一直是处理sMPLC的热点及难点。近些年,我中心探索开展精准肺切除术联合肺结节射频、冷冻消融术等相结合的杂交治疗sMPLC的方式,患者感受好,并取得了良好的效果。

杂交手术的优势明显。首先,可在单次治疗中尽可能多地处理肺多发结节,同时尽量保留肺功能。再次,特别是当结节位于肺中央或肺段交界区时,外外科切除术具有挑战性和高风险,消融术则弥补了手术多带来的不足。得益于综合处理的策略,杂交手术既能改善sMPLC患者远期预后及生活质量,又能降低围术期并发症风险。

肺多发结节手术处理策略多样化,目前尚缺乏共识,但仍需遵循一定的原则。首先,应严格把握手术适应证,对于直径<1.0 cm纯磨玻璃密度结节不宜过度治疗,对于>0.8 cm的混杂密度磨玻璃结节和实性肺结节,应参照单发肺结节诊疗标准,首选以肺叶切除、肺段切除和楔形切除为代表的微创肺切除术。同时,对于次要病变,特别是符合手术指征但远期预后良好的直径<0.8 cm结节和<1.0 cm的纯磨玻璃密度结节,应综合考虑患者的相关病史和随访情况,以最小的创伤提供必要的治疗,如位置特殊不适用于楔形切除,可考虑行肺消融术。

尽管这种新型手术策略目前已经作为治疗sMPLC的一种选择,但目前仍缺乏其可行性、安全性和肿瘤学疗效的相关数据。因此,急需开展临床研究来评估肺部杂交手术的可行性和有效性。

在临床诊疗过程中,经常会遇到肺结节患者,如发现多发肺结节,首先需结合病史及影像学特点鉴别多发肺结节的性质,排除转移癌的可能。经临床评估考虑肺多发结节为sMPLC可能,建议患者就诊于具有杂交手术能力的胸外科中心,评估行杂交手术治疗。与传统策

略(同时或分期多发结节肺切除术)相比,杂交手术方案具有肺功能丧失少、围手术期安全性好、住院经济负担轻以及长期预后良好等优势,有希望给患者带来更好的远期预后和肺功能保护。

#### 参考文献:

- [1] H. Jeon, S. Wang, J. Song, H. Gill, et al. Update 2025: Management of Non-Small-Cell Lung Cancer, *Lung*, 203(1): (2025).
- [2] X. He, Z. Yang, F. Wu, Q. Liang, W. Liu, F. Yu, C. Chen, Confronting synchronous multiple primary lung cancers: Navigating the intersection of challenges and opportunities, *Lung Cancer* 197 (2024).
- [3] W.S. Brandt, N.E. Rossetti, D.B. Eaton, P. Samson, T. Thomas, B.T. Heiden, M.W. Schoen, M.R. Patel, Y. Yan, S.-H. Chang, S. Tohmashi, G.A. Patterson, D. Kreisel, R.G. Nava, B.D. Kozower, B.F. Meyers, V. Puri, Synchronous Primary Early-Stage Non-Small Cell Lung Cancer: Trends in Management and Factors Associated With Improved Survival, *The Annals of Thoracic Surgery* 120(6) (2025) 1033-1042.
- [4] A. Pennathur, M. Lanuti, R.E. Merritt, A. Wolf, H. Keshavarz, B.W. Loo, R.D. Suh, R.H. Mak, A. Brunelli, G.J. Criner, P.J. Mazzone, G. Walsh, M. Liptay, Q.E. Wafford, S. Murthy, M.B. Marshall, B. Tong, B. Pettiford, G. Rocco, J. Luketich, M.J. Schuchert, T.K. Varghese, T.A. D'Amico, S.J. Swanson, Systematic Review of the Comparative Studies of Image-Guided Thermal Ablation, Stereotactic Radiosurgery, and Sublobar Resection for Treatment of High-Risk Patients with Stage I Non-Small Cell Lung Cancer, *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 37(1) (2025) 106-113.
- [5] X. Ye, W. Fan, Z. Wang, J. Wang, H. Wang, J. Wang, C. Wang, L. Niu, Y. Fang, S. Gu, H. Tian, B. Liu, L. Liu, L. Zhong, Y. Zhuang, J. Chi, X. Sun, N. Yang, Z. Wei, X. Li, X. Li, Y. Li, C. Li, Y. Li, X. Yang, W. Yang, P. Yang, Z. Yang, Y. Xiao, X. Song, K. Zhang, S. Chen, W. Chen, Z. Lin, D. Lin, Z. Meng, X. Zhao, K. Hu, C. Liu, C. Liu, C. Gu, D. Xu, Y. Huang, G. Huang, Z. Peng, L. Dong, L. Jiang, Y. Han, Q. Zeng, Y. Jin, G. Lei, B. Zhai, H. Li, J. Pan, Expert consensus on thermal ablation therapy of pulmonary subsolid nodules (2021 Edition), *Journal of Cancer Research and Therapeutics* 17(5) (2021) 1141-1156.
- [6] N. Tomita, K. Okuda, S. Osaga, A. Miyakawa, R. Nakanishi, Y. Shibamoto, Surgery versus stereotactic body radiotherapy for clinical stage I non-small-cell lung cancer: propensity score-matching analysis including the ratio of ground glass nodules, *Clinical and Translational Oncology* 23(3) (2020) 638-647.
- [7] Y. Kong, H. Xu, Y. Huang, X. Lv, X. Ye, Recent advances in non-surgical treatment of pulmonary ground-glass nodules, *Journal of Cancer Research and Therapeutics* 18(2) (2022) 323-8.