



中国介入影像与治疗学

Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapy

ISSN 1672-8475, CN 11-5213/R

《中国介入影像与治疗学》网络首发论文

题目：影像学引导下肺肿瘤多模态消融操作规范专家共识
作者：王广志，谢芳芳，罗荣，杨继金，孙加源，肖越勇
收稿日期：2025-05-09
网络首发日期：2025-06-18
引用格式：王广志，谢芳芳，罗荣，杨继金，孙加源，肖越勇. 影像学引导下肺肿瘤多模态消融操作规范专家共识[J/OL]. 中国介入影像与治疗学.
<https://link.cnki.net/urlid/11.5213.R.20250618.1407.002>



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。

[基金项目] 科技部国家重点研发计划项目（2023YFC2411405）、上海市创新医疗器械应用示范项目（23SHS03900）。

[执笔人] 王广志（1984—），男，山东潍坊人，博士，副主任医师。研究方向：肿瘤综合介入治疗。E-mail: guangzhiwang2000@163.com

谢芳芳（1988—），女，河南周口人，硕士，主治医师。研究方向：肺结节诊疗、肺部肿瘤消融基础和临床研究。E-mail: xiefang314@126.com

罗荣（1990—），女，江西赣州人，硕士，主治医师。研究方向：肿瘤综合介入治疗。E-mail: 1491121589@qq.com

[通信作者] 杨继金，海军军医大学第一附属医院介入治疗科，200433。E-mail: jijinyang@sina.com

孙加源，上海交通大学医学院附属胸科医院呼吸内镜中心，200030。E-mail: jysun1976@163.com

肖越勇，中国人民解放军总医院第一医学中心放射诊断科，100853。E-mail: cjr.xiaoyueyong@vip.163.com

[收稿日期] 2025-05-09 [修回日期] 2025-06-05

Expert consensus on clinical practice of image-guided multimodal ablation for pulmonary tumors

Interventional Physician Branch of Shanghai Medical Doctor Association, the Solid Tumor Theranostics Committee of the Shanghai Anti-Cancer Association, Chinese Anti-Cancer Association Committee of Tumor Minimally Invasive Therapy, the Innovative and Translational Consortium for Tumor Multi-Modal Minimally Invasive Diagnosis and Treatment, Chinese Society of Biomedical Engineering (CSBME),
WANG Guangzhi¹, XIE Fangfang², LUO Rong³, YANG Jijin³,
SUN Jiayuan^{2*}, XIAO Yueyong^{4*}

(1.Department of Oncology, Shanghai Sixth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200233, China; 2.Department of Respiratory Endoscopy, Shanghai Chest Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200030, China; 3.Department of Interventional Radiology, the First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China; 4.Department of Radiology, the First Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

[Abstract] Multimodal tumor treatment system is an integrated treatment system that combined deep cryoablation and radiofrequency ablation (RFA), with key benefit of remodeling tissue properties through cryoablation process, reduce local impedance, blood perfusion and thermal insulation effects of gases, thereby considerably boosting the efficiency and reach of subsequent RFA. Interventional Physician Branch of Shanghai Medical Doctor Association, the Solid Tumor Theranostics Committee of the Shanghai Anti-Cancer Association, Chinese Anti-Cancer Association Committee of Tumor Minimally Invasive Therapy and the Innovative and Translational Consortium for Tumor Multi-Modal Minimally Invasive Diagnosis and Treatment of Chinese Society of Biomedical Engineering organized relevanted experts in the field of tumor treatment in China to discuss and formulated this expert consensus, in order to standardize the procedures of multimodal ablation therapy for pulmonary tumors and enhance therapeutic effectiveness.

[Keywords] lung neoplasms; neoplasm metastasis; ablation techniques; expert consensus

影像学引导下肺肿瘤多模态消融操作规范专家共识

上海医师协会介入医师分会, 上海市抗癌协会实体肿瘤聚焦诊疗专委会, 中国抗癌协会肿瘤微创治疗专委会, 中国生物医学工程学会肿瘤多模态微创诊疗创新转化联合体,

王广志¹, 谢芳芳², 罗荣³, 杨继金^{3*}, 孙加源^{2*}, 肖越勇^{4*}

(1.上海交通大学医学院附属第六人民医院肿瘤内科, 上海 200233; 2.上海交通大学医学院附属胸科医院呼吸内镜中心, 上海 200030; 3.海军军医大学第一附属医院介入治疗科, 上海 200433; 4.中国人民解放军总医院第一医学中心放射诊断科, 北京 100853)

[摘要] 多模态肿瘤治疗系统是集成了深低温冷冻消融与射频消融(RFA)的一体化治疗系统, 其核心优势在于通过冷冻过程改变组织特性, 降低局部阻抗、血流灌注及气体对热传导的隔绝作用, 可极大提升后续 RFA 效率及范围。上海医师协会介入医师分会、上海市抗癌协会实体肿瘤聚焦诊疗专委会、中国抗癌协会肿瘤微创治疗专委会、中国生物医学工程学会肿瘤多模态微创诊疗创新转化联合体组织国内肿瘤治疗领域多学科专家经共同讨论后制定此共识, 旨在规范肺肿瘤多模态消融治疗技术操作、提高临床疗效,

[关键词] 肺肿瘤; 肿瘤转移; 消融技术; 专家共识

[中图分类号] R734.2; R815 **[文献标识码]** A

肺癌为全球最常见癌症及癌症相关死亡首要病因, 我国新发及死亡病例在全部恶性肿瘤中均居首位; 肺脏也是恶性肿瘤第二常见转移部位^[1]。外科手术切除是早期肺癌首选治疗方式, 肺内寡转移性病灶亦可从中获益^[2-3], 但用于高龄、合并慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary diseases, COPD)、多发癌或术后新发者需慎重考虑^[4-5]。局部消融现已成为治疗不接受或不适于外科手术或立体定向放射治疗(stereotactic radiotherapy, SRT)肺肿瘤的主要方案, 对于综合治疗肿瘤具有重要价值^[6-8]; 常用方式包括基于温度极端变化的热消融[射频消融(radiofrequency ablation, RFA)、微波消融(microwave ablation, MWA)等]及冷冻消融(cryoablation, CA)。影像学引导下热消融用于肺肿瘤最为广泛, 但界定消融边界、控制消融范围较困难, 且受肺泡隔温作用影响, 能量局限于针尖周围, 致使局部过度消融产生空洞但难以完全覆盖病灶边界。

多模态肿瘤治疗系统是集深低温 CA 与 RFA 于一体的治疗系统^[9], 结合液氮超低温冷冻与射频电磁场加热两种能量输出模式, 在智能导航和功能成像基础上通过精准热剂量和温度场控制实现多模态消融。上海医师协会介入医师分会、上海市抗癌协会实体肿瘤聚焦诊疗专委会、中国抗癌协会肿瘤微创治疗专委会、中国生物医学工程学会肿瘤多模态微创诊疗创新转化联合体组织国内肿瘤治疗领域多学科专家共同讨论并制定此专家共识, 旨在规范肺肿瘤多模态消融治疗技术操作、提高临床疗效。

1 多模态消融治疗技术与原理

多模态消融并非 CA 与热消融的简单叠加, 而是在精准调控热剂量与温度场的前提下, 利用超低温液氮冷冻迅速降低肿瘤及其周边组织温度、使其凝结成冰球, 降低复温后冷冻区域内组织导电率, 再通过射频电磁场加热精准聚焦预冷冻处理后的组织区域使其快速升温, 进而完全消融肿瘤细胞。利用多模态消融可突破传统冷冻-40℃的坏死范围, 确保消融范围与预冷冻冰球范围一致, 其疗效已在前期研究^[10]中获得证实。此外, 多模态消融联合系统治疗可协同增强抗肿瘤免疫反应, 具有广阔应用前景^[11]。

肺组织含气量大、电阻抗高, 影响 RFA 热量传导而使消融范围受限; MWA 受肺组织气体和血流灌注影响小, 可实现较大范围消融, 但可因效率高且难以精准控制而引发疼痛、烫伤、肺内空洞甚至支气管胸膜瘘等并发症^[12]。相比热消融, CA 较少引起局部疼痛, 对距胸膜≤1 cm 或伴骨质破坏病灶具有明显优势, 但出血风险较高、治疗过程中消耗血小板, 故对凝血功能差者应用受限。多模态消融的核心优势在于通过预冷冻过程诱发肺内液体局部渗出, 使含气空腔肺组织变得致密而均质, 以降低局部阻抗、血流灌注及气体对热传

导的隔绝作用，可极大提升后续 RFA 效率及范围，有利于精准消融原位肿瘤，有效释放与呈递肿瘤抗原，提高机体抗肿瘤免疫，减少肿瘤复发和转移，为治疗肺肿瘤提供了新的选择。

2 引导及消融规划系统

消融肺肿瘤常规采用 CT 进行引导和监测，并以经皮导航或机器人系统辅助引导穿刺。CT 密度分辨率和空间分辨率较高，可清晰显示病灶及周围组织结构，及时发现气胸、出血、气体栓塞等并发症。锥形束 CT（cone beam CT，CBCT）为具有类 CT 功能的容积成像模式，亦可用于引导及监测消融，相比常规 CT 具有可实时引导、扫描及三维重建快、操作空间大等优势。多模态消融冷冻所形成冰球于复温后经肺组织渗出，CT 可表现为边界清晰的密度增高影，消融区域在后续 RFA 过程中显示更为清晰。

基于医学影像处理平台可实现影像学引导下多模态精准消融：治疗前通过分割图像及三维重建能够确定肿瘤消融区域及安全边界、制订消融方案、规划穿刺路径、提供个性化的多模态消融参数、预设消融范围，辅助全面术前规划；治疗中追踪穿刺过程，基于所测冰球大小及冷冻时间、降温时间、阻抗及血流灌注率变化优化并校正热剂量和温度场参数^[13]，实时显示热剂量分布图及追踪消融范围。

3 适应证与禁忌证

3.1 适应证 ①病灶最大径 ≤ 3 cm，单次单侧消融病灶数 ≤ 5 ；②无法耐受或拒绝外科手术/SRT；③外科切除后残留病灶，或经其他方法治疗后复发/病灶进展；④肺内多发病灶，手术无法全部切除或选择外科切除联合消融治疗；⑤外科切除后新发病灶，尤其二次外科切除后影响肺功能时；⑥病灶靠近肺门或较大支气管，外科手术需切除较多肺组织；⑦综合治疗后肿瘤稳定或缩小，旨在巩固疗效；⑧影像学提示高危或可疑恶性亚实性结节，经多学科诊疗（multi-disciplinary team，MDT）制定消融决策；⑨肺内多发转移，MDT 评估认为消融治疗可能改善症状、提高生活质量或带来生存获益；⑩肿瘤较大或侵犯周围结构，行姑息性消融，可多针、多点、分次治疗或与其他治疗方法联合应用。

3.2 禁忌证 绝对禁忌证：①血小板计数 $< 50 \times 10^9/L$ ；②严重出血倾向，凝血酶原时间 > 18 s，凝血酶原活动度 $< 40\%$ ；③一般状况差，如多器官衰竭、肺功能差（严重肺气肿、COPD、肺纤维化、气胸等）、严重贫血；④无安全穿刺路径；⑤应用抗凝、抗血小板及抗血管生成等药物，短期内无法停药；⑥植入心脏起搏器。大量胸腔积液、单侧肺缺如及邻近大支气管^[14]为相对禁忌证，需在充分评估治疗获益及保证生命支持的前提下进行治疗。

4 术前准备

4.1 术前检查及评估

4.1.1 实验室及心肺功能检查 治疗前 1 周内完善血、尿、便常规，肝、肾及凝血功能，肿瘤标志物及感染指标等，以及心电图、超声心动图及肺功能检查等。

4.1.2 影像学检查 治疗前 2 周内行胸部增强 CT 检查（接受动态随访的亚实性结节可仅行平扫 CT），明确肿瘤大小、位置及其与邻近重要脏器、血管、气管或支气管的关系。通过同位素骨扫描及 MR 扫描等评估肿瘤分期，必要时行 PET/CT 明确有无远处转移。

4.1.3 病理学检查 治疗前可利用经胸或经支气管肺活检获得肿瘤病理结果。对于影像学高度提示恶性且经术前评估提示穿刺出血/气体栓塞风险较大的肺结节、尤其磨玻璃结节，可在患者和/或家属知情同意前提下不进行术前活检^[15,16]；消融同步活检应选择 CA 前或复温阶段，不宜在冷冻过程中进行。细胞病理学专家参与快速现场细胞学评估（rapid onsite evaluation，ROSE）有助于提高病理诊断准确率。

4.2 设备与器材 配备多模态治疗系统（含消融针）、抢救车、电除颤仪等，并确保其可正常工作/使用。

4.3 药品准备 包括麻醉、镇静、镇痛、止吐、止血等常规药品及急救药品。

4.4 患者准备 ①向患者及家属（受托人）交代手术风险，签署手术知情同意书；②停用抗凝及抗血小板药物，复查血常规、凝血功能，停药时间应结合患者状况，对肾功能较差者可考虑适当延长术前停药时间，对应用抗血管生成类药物者进行活检时，建议根据药物体内清除半衰期酌情停药^[15]；③于局部麻醉前 4 h 禁食、禁水，全身麻醉前 12 h 禁食、前 4 h 禁水；④术前对患者进行呼吸、体位训练及心理疏导；⑤建立静脉通路，必要时予以镇静及止血药物。

4.5 制定治疗计划 根据胸部 CT 明确病灶位置、大小、形态及其与邻近器官的关系，确定预计消融区域；根据肿瘤大小、解剖位置适当选择体位、规划穿刺路径，制定个性化多模态消融方案，包括消融针类型、冷冻时长、射频功率及射频时长等。

5 麻醉方法

参照美国麻醉医师协会病情分级标准，由麻醉科医师会诊进行麻醉前评估，视情况选择穿刺点局部麻醉、静脉镇痛、静脉麻醉等镇痛麻醉方式。多模态消融肺肿瘤时一般行局部麻醉^[17]，必要时考虑全身麻醉。

6 操作步骤及方法

6.1 合理选择体位 根据术前规划确定穿刺路径，合理选择体位，包括仰卧位、俯卧位、侧卧位及一定角度斜位；可采用真空垫协助固定，以患者舒适及便于呼吸救治管理为主。

6.2 监测生命体征 常规监测血压、脉搏、血氧饱和度及心电图，发现异常及时予以对症处理。

6.3 定位扫描 常规行胸部 CT 扫描，再次确定肺部病灶及其毗邻组织结构，根据术前规划确定穿刺点、穿刺路径及探针型号和数量。推荐 CT 扫描层厚 3~5 mm，对微小结节建议采用 1~2 mm 薄层 CT 重建。

6.4 消毒麻醉 术区常规消毒、铺无菌巾；根据所选方式进行麻醉，局部麻醉时，以 5~20 ml 1%利多卡因行局部浸润麻醉至胸膜。

6.5 穿刺布针 根据术前规划将消融针自体表定位点沿穿刺路径渐进穿刺，期间通过 CT 扫描（可结合三维重建影像）确认消融针角度及方向是否到达预定靶区。

6.6 多模态消融与监测

6.6.1 参数设置 基于穿刺后消融针与肿瘤的实际位置测定待消融区范围，充分考虑消融针穿刺路径偏移情况，调整多模态消融参数。

6.6.2 超低温冷冻 根据术中规划设置冷冻参数后启动冷冻治疗，利用液氮超低温冷冻迅速使肿瘤及其周边组织凝成冰球，冷冻温度最低-196℃。

6.6.3 复温 目的在于使冷冻冰球融化，预冷冻区域内肺组织液及血液渗出；冷冻区域在肺窗 CT 中表现为清晰不透明高密度区，呈磨玻璃样改变（ground-glass opacity, GGO）。对 GGO 行根治性消融时，覆盖范围应超过其边界至少 5 mm。

6.6.4 射频场加热 根据温度场调控消融功率及时间，基于术中规划的个性化方案进行射频加热，射频能量精准聚焦于经预冷冻处理后的组织区域，通过快速升温使肿瘤细胞完全消融，视病灶大小适当调整参数；RFA 结束后视情况决定是否进行针道消融，之后缓慢拔出消融针，避免损伤胸膜及皮肤。

6.7 评价即刻疗效 消融结束后通过全肺 CT 扫描评价下列各项：①技术成功与否；②消融范围，消融区域于 CT 肺窗中可能表现为 GGO 周边内缘清晰锐利的密度增高环，其外缘为渗出所致模糊影，即“蛋壳征”，建议使肿瘤周围磨玻璃密度区（即消融范围）超出病灶边缘至少 5 mm；③并发症，如胸腔积血或积液、气胸等^[18]。出现神经系统症状时，建议完善颅脑 CT 或 MRI。

7 术后处理

治疗后严密监测血压、血氧饱和度、心率等生命体征 6 h 以上；嘱患者卧床 12~24 h，期间予持续低流量吸氧、止血及营养支持治疗，3 天内避免剧烈活动、保持穿刺点干燥；24 h 内复查胸片或 CT。

8 不良反应/并发症及处理

根据美国介入放射学会（Society of Interventional Radiology，SIR）标准评估多模态消融并发症分级^[18-19]：A 级，无需治疗，无不良后果；B 级，需治疗，无不良后果，仅需观察 24 h；C 级，需治疗，住院时间<48 h；D 级，需治疗并增加医护级别，住院时间>48 h；E 级，导致长期后遗症；F 级，死亡。将 A、B 级归为轻度并发症，C~F 级归为重度并发症。

8.1 术中不良反应/并发症

8.1.1 疼痛 消融邻近胸膜病变时常伴轻-中度疼痛，药物镇痛多可缓解，可予适量镇静剂。

8.1.2 咳嗽 为常见并发症之一，轻度发作不影响治疗，剧烈发作时需停止或行间断消融。治疗前 1 h 口服可待因能预防或减轻治疗过程中的咳嗽反应。

8.1.3 出血 主要表现为咯血及血胸等。少量出血可无明显症状；少量咯血可予止血药物，嘱患者患侧卧位并轻咳，避免误吸；对于影响呼吸功能的大量出血、咯血需急行气管插管等抢救措施，必要时及时予以栓塞或外科手术治疗。

8.1.4 气胸 为最常见并发症，多呈自限性或可经保守治疗后缓解；肺组织压缩>30%或症状明显时，可行胸腔闭式引流。如患者合并明显肺气肿、COPD 或长期接受化学治疗（化疗），预估气胸可能进展，可在发现气胸后预先置管，根据后续情况决定是否行闭式引流。

8.1.5 胸膜反应 消融过程中可能刺激支配壁胸膜的迷走神经，导致心率减慢甚至停搏，此时须暂停消融、充分局部麻醉，适当应用阿托品及镇静剂等^[20,21]。

8.1.6 皮肤烫伤/冻伤 皮肤烫伤包括负极板粘贴处和皮肤穿刺点烫伤，轻度烫伤应保持局部清洁干燥、预防感染，或应用烫伤膏。多模态消融仅单次冷冻且时间较短，一般不会发生皮肤冻伤。

8.2 术后不良反应/并发症

8.2.1 消融后综合征 主要表现为消融后低热、乏力、全身不适、恶心、呕吐等，多为肿瘤细胞坏死释放致热原、出血吸收或局部感染所致，一般持续 2~7 天，消融体积较大时可持续 2~3 周。治疗后应加强监护，予输液、镇痛等对症处理，定期监测肝肾功能^[22]。

8.2.2 感染 治疗后 5 天体温仍>38.5℃时，应首先考虑肺部感染可能，根据痰液、血液或脓液培养结果调整抗生素；对肺或胸腔脓肿可置管引流并冲洗。

8.2.3 咳嗽 为肿瘤组织坏死及其周围肺组织热损伤或渗出引起的炎症反应所致，可适当予止咳化痰药物，必要时予以抗生素。

8.2.4 咯血 少量咯血仅需内科保守治疗；对中等量以上（100~500 ml/24 h）者应酌情行薄层增强 CT 扫描判断有无出血及出血责任血管并采取适当治疗措施。

8.2.5 疼痛 出现中-重度疼痛时，可在排除出血等情况后给予充分镇痛。

8.2.6 胸腔积液 肿瘤邻近膈肌时，热能及治疗后坏死组织刺激胸膜均可致胸腔积液。对少量胸腔积液可保守治疗，对中-大量胸腔积液应穿刺抽吸或置管引流。

8.2.7 气胸 为常见并发症之一，对合并肺气肿及肺大疱者应尽可能减少穿刺次数，以降低气胸风险；出现明显症状或肺组织压缩 $>20\%$ 时可予吸氧，必要时行胸腔闭式引流及抗感染等治疗。治疗后1天应复查胸片，观察有无迟发性气胸。

8.2.8 其他少见并发症 包括支气管胸膜瘘、急性呼吸窘迫综合征、非靶区热灼伤/冻伤、肋骨骨折、血小板降低、肿瘤针道种植、神经损伤、肺栓塞、空气栓塞、心包压塞及窒息等，发生率均较低，可视具体情况予以处理。

9 随访及疗效评价

9.1 随访 于消融后1、3个月复查胸部平扫CT，必要时行增强CT；此后每3个月复查胸部平扫/增强CT及肿瘤标志物等；6个月后可结合PET/CT评价疗效；1年后视情况决定随访频次。

9.2 疗效评价 ①技术成功，即是否按照术前计划完成肿瘤多模态消融，基于治疗中/治疗后即刻CT或CBCT进行评价；②技术疗效，指消融后影像学检查（建议至少3个月后）证实肿瘤完全消融；③并发症，包括近、远期并发症；④结局，包括局部疗效（影像学评价）、全身疗效（疼痛、肿瘤症状缓解情况等）、肿瘤标志物变化、生存质量、疾病进展时间（或无进展生存期）及总生存期等^[18, 22, 23]。

评价局部疗效时应以消融后4~6周影像学表现为基线，分为完全消融、不完全消融及局部进展^[24]。完全消融：CT显示靶肿瘤缩小或无变化，无强化空洞、实性结节、肺不张及纤维化等；PET/CT提示靶肿瘤无高代谢或标准摄取值（standard uptake value, SUV）正常。不完全消融：靶肿瘤空洞形成不完全，内含部分实性或液性成分，增强扫描后强化；靶肿瘤部分纤维化，含部分实性成分，增强后发生强化；靶肿瘤呈实性结节，大小无变化或增大，增强后强化；PET/CT提示目标肿瘤持续高代谢或SUV高于正常。局部进展：CT提示靶肿瘤完全消融或不完全消融后，局部出现新发病灶或不规则结节样强化区；PET/CT显示靶肿瘤出现新高代谢区或SUV升高。

应在判断局部疗效的基础上定期随访以评估临床疗效，评价初步、中期及长期临床疗效时，分别应基于至少1、3、5年随访结果^[22]。

10 小结

多项国际指南已将肿瘤消融列为早期及局部晚期肺癌推荐治疗手段。美国国家综合癌症网络（National Comprehensive Cancer Network, NCCN）指南指出，对于Ⅰ期、多发原发性及局部复发肺癌可采用消融治疗；欧洲心血管和介入放射学学会（Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe, CIRSE）及欧洲肿瘤内科学会（European Society for Medical Oncology, ESMO）推荐对Ⅰa期原发性肺癌或肺寡转移癌进行消融治疗^[18, 23]。我国2022版《原发性肺癌诊疗指南》、2023版《中华医学会肿瘤学分会肺癌临床诊疗指南》及2024版《肺结节诊治中国专家共识》均建议对无法耐受或拒绝手术及放疗的肺癌进行局部消融治疗^[4, 25]。多模态消融结合智能导航及功能成像而实现精准热剂量和温度场控制，利用预冷冻和射频加热精准消融肿瘤、有效释放肿瘤抗原；其用于治疗肺肿瘤的优势在于预冷冻过程能转变肺组织质地，降低局部阻抗、血流灌注及气体对热传导的隔绝作用，提升RFA效率与范围。同时，预冷冻使肿瘤组织均一化，能有效提高治疗可控性与一致率，有助于精准控制消融范围、降低风险与并发症。随着多模态肿瘤消融治疗设备及相关配套工具技术的进步和产品迭代，以及临床应用和循证医学证据的积累，本共识将逐步更新。

利益冲突：全体作者声明无利益冲突。

[专家组成员（按姓名拼音排序）：陈建乐（南通大学附属医院）；丁晓毅（上海交通大学医学院附属瑞金医院）；董伟华（海军军医大学第二附属医院）；何新红（复旦大学附属肿瘤医院）；胡海燕（上海交通

大学医学院附属第六人民医院)；胡红杰(浙江大学医学院附属邵逸夫医院)；李春海(山东大学齐鲁医院)；李家平(中山大学附属第一医院)；李文涛(复旦大学附属肿瘤医院)；廖正银(四川大学华西医院)；刘革(上海交通大学)；刘宇(辽宁省肿瘤医院)；鲁东(安徽医科大学第二附属医院)；罗荣(海军军医大学第一附属医院)；牛立志(广州复大肿瘤医院)；瞿旭东(复旦大学附属中山医院)；尚鸣异(上海交通大学医学院附属同仁医院)；邵海波(中国医科大学附属第一医院)；沈赞(上海交通大学医学院附属第六人民医院)；孙加源(上海交通大学医学院附属胸科医院)；孙建奇(上海交通大学)；王广志(上海交通大学医学院附属第六人民医院)；王永刚(上海交通大学医学院附属第六人民医院)；吴志远(上海交通大学医学院附属瑞金医院)；肖越勇(中国人民解放军总医院第一医学中心)；谢芳芳(上海交通大学医学院附属胸科医院)；颜志平(复旦大学附属中山医院)；杨继金(海军军医大学第一附属医院)；于海鹏(天津医科大学肿瘤医院)；袁敏(同济大学附属第十人民医院)；翟博(同济大学附属东方医院)；赵振华(绍兴市妇幼保健院)；朱海东(东南大学附属中大医院)]

[参考文献]

- [1] HAN B, ZHENG R, ZENG H, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022 [J]. J Natl Cancer Cent, 2024, 4 (1): 47-53.
- [2] MITCHELL K G, FAROOQI A, LUDMIRE B, et al. Pulmonary resection is associated with long-term survival and should remain a therapeutic option in oligometastatic lung cancer [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 161 (4): 1497-1504.
- [3] DEBOEVER N, MITCHELL K G, FAROOQI A, et al. Perioperative and oncologic outcomes of pulmonary resection for synchronous oligometastatic non-small cell lung cancer: Evidence for surgery in advanced disease [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2024, 167 (6): 1929-1935.
- [4] 中华医学会呼吸病学分会, 中国肺癌防治联盟专家组. 肺结节诊治中国专家共识(2024年版) [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2024, 47 (8): 716-729.
- [5] 中国医药教育协会肺癌医学教育委员会, 中国胸外科肺癌联盟, 中国抗癌协会肿瘤消融治疗专业委员会, 等. 多发磨玻璃结节样肺腺癌多学科诊疗中国专家共识(2024年版) [J]. 中华内科杂志, 2024, 63 (2): 153-169.
- [6] PENG J Z, WANG C E, BIE Z X, et al. Microwave ablation for inoperable stage I non-small cell lung cancer in patients aged ≥ 70 years: A prospective, single-center study [J]. J Vasc Interv Radiol, 2023, 34 (10): 1771-1776.
- [7] PENG P, HU H, LIU P, et al. Neoantigen-specific CD4⁺ T-cell response is critical for the therapeutic efficacy of cryo-thermal therapy [J]. J Immunother Cancer, 2020, 8 (2): e000421.
- [8] LOU Y, WANG J, PENG P, et al. Downregulated TNF- α levels after cryo-thermal therapy drive tregs fragility to promote long-term antitumor immunity [J]. Int J Mol Sci, 2021, 22 (18): 9951.
- [9] 中国抗癌协会肿瘤介入专业委员会, 中国医师协会介入医师分会, 中国临床肿瘤学会放射介入治疗专家委员会, 等. 冷热多模式消融治疗肝脏恶性肿瘤操作规范专家共识 [J]. 中国介入影像与治疗学, 2021, 18 (1): 23-27.
- [10] WANG Y, WANG G Z, CHEN C, et al. Exploration of the impact of multimode thermal therapy versus radiofrequency ablation on CD8⁺ T effector cells of liver malignancies based on single cell transcriptomics [J]. Front Immunol, 2023, 14: 1172362.
- [11] DU P, ZHENG J, WANG S, et al. Combining cryo-thermal therapy with anti-IL-6 treatment promoted the maturation of MDSCs to induce long-term survival in a mouse model of breast cancer [J]. Int J Mol Sci, 2023, 24 (8): 7018.
- [12] WANG N, XU J, CAO P, et al. Early enlarging cavitation after percutaneous microwave ablation of primary lung cancer [J]. Int J Hyperthermia, 2023, 40 (1): 2210269.
- [13] WANG Y, ZHANG K, ZHANG A, et al. A new model for estimation of individual blood flow effect during multimode thermal therapy of tumor [J]. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2020, 2020: 5053-5056.
- [14] HESS A, PALUSSIÈRE J, GOYERS J F, et al. Pulmonary radiofrequency ablation in patients with a single lung: Feasibility, efficacy, and tolerance [J]. Radiology, 2011, 258 (2): 635-642.
- [15] 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) [J]. 中华介入放射学电子杂志, 2021, 9 (2): 117-126.

- [16] CHEN H, KIM A W, HSIN M, et al. The 2023 American Association for Thoracic Surgery (AATS) Expert Consensus Document: Management of subsolid lung nodules [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2024, 168 (3): 631-647.
- [17] WANG G Z, HE X H, WANG Y, et al. Clinical practice guideline for image-guided multimode tumour ablation therapy in hepatic malignant tumours [J]. Curr Oncol, 2019, 26 (5): e658-e664.
- [18] GENSHAFT S J, SUH R D, ABTIN F, et al. Society of Interventional Radiology Quality Improvement Standards on percutaneous ablation of non-small cell lung cancer and metastatic disease to the lungs [J]. J Vasc Interv Radiol, 2021, 32 (8): 1242.e1-1242.e10.
- [19] CARDELLA J F, KUNDU S, MILLER D L, et al. Society of Interventional Radiology clinical practice guidelines [J]. J Vasc Interv Radiol, 2009, 20 (7 Suppl): S189-S191.
- [20] 中国临床肿瘤学会 (CSCO) 肿瘤消融治疗专家委员会, 中国医师协会肿瘤消融治疗技术专家组, 中国抗癌协会肿瘤消融治疗专业委员会, 等. 影像引导下热消融治疗原发性和转移性肺部肿瘤临床实践指南 (2021 年版) [J]. 中华内科杂志, 2021, 60 (12): 1088-1105.
- [21] XU Z, WANG X, KE H, et al. Cryoablation is superior to radiofrequency ablation for the treatment of non-small cell lung cancer: A meta-analysis [J]. Cryobiology, 2023, 112: 104560.
- [22] AHMED M, SOLBIATI L, BRACE C L, et al. Image-guided tumor ablation: Standardization of terminology and reporting criteria: A 10-year update [J]. Radiology, 2014, 25 (11): 1691-1705.
- [23] VENTURINI M, CARIATI M, MARRA P, et al. CIRSE standards of practice on thermal ablation of primary and secondary lung tumours [J]. Cardiovasc Interv Radiol, 2020, 43 (5): 667-683.
- [24] XIE F, CHEN J, JIANG Y, et al. Microwave ablation via a flexible catheter for the treatment of nonsurgical peripheral lung cancer: A pilot study [J]. Thorac Cancer, 2022, 13 (7): 1014-1020.
- [25] 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学杂志社. 中华医学会肺癌临床诊疗指南 (2023 版) [J]. 中华肿瘤杂志, 2023, 45 (7): 539-574.