

• 临床研究 Clinical research •

CT 引导下经皮肺穿刺微波消融与冷冻消融治疗 I A 期周围型肺癌效果和安全性对比

王 云, 蒋 婷, 周裕祥, 杨 芳, 王黔宇, 李桂凤, 林乐涛, 廖江荣

【摘要】 目的 比较 CT 引导下经皮穿刺微波消融与冷冻消融治疗肿瘤原发灶-淋巴结-远处转移分期 I A 期周围型肺癌的效果和安全性。**方法** 回顾性分析 2018 年 5 月至 2022 年 9 月贵州航天医院收治的 40 例经病理确诊为 TNM 分期 I A 期周围型肺癌患者临床及随访资料。根据实际实施消融技术将患者分为 MWA 组和 CRA 组。所有患者消融治疗均获成功,并完成满 3 年随访。采用 Kaplan-Meier 法分析时间-事件终点肿瘤局部控制率、无进展生存期,Log-Rank 检验进行组间比较。卡方检验或 Fisher 精确检验比较组间消融相关并发症发生率。**结果** MWA 组、CRA 组 36 个月累计局部控制率分别为 80%、85%,PFS 率分别为 90%、85%,差异无统计学意义。MWA 组、CRA 组发生消融相关气胸分别为 5 例、4 例,咯血分别为 2 例、1 例,针道出血分别为 4 例、3 例,胸腔积液分别为 1 例、2 例,差异无统计学意义。**结论** CT 引导下经皮穿刺 MWA 与 CRA 治疗 I A 期周围型肺癌均显示出良好效果和安全性。两种消融技术的局部控制率、PFS 率及并发症发生率比较差异均无统计学意义,均可作为早期肺癌治疗手段。

【关键词】 CT 引导;经皮肺穿刺;周围型肺癌;微波消融;冷冻消融

中图分类号:R734.2 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2026)-009-1032-06

CT-guided percutaneous microwave ablation versus cryoablation for stage I-A peripheral lung cancer: comparison of effectiveness and safety WANG Yun¹, JIANG Ting¹, ZHOU Yuxiang¹, YANG Fang¹, WANG Qianyu¹, LI Guifeng¹, LIN Letao², LIAO Jiangrong¹.¹Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Guizhou Aerospace Hospital, Zunyi, Guizhou Province 563003, China;²Department of Minimally Invasive Interventional Therapy, Sun Yat-sen University Cancer Center, Guangzhou, Guangdong Province 510030, China

Corresponding author: LIAO Jiangrong, E-mail: ljr3409@sina.com; LIN Letao, E-mail: 280706804@qq.com

【Abstract】 Objective To compare the therapeutic efficacy of CT-guided percutaneous microwave ablation (MWA) and cryoablation (CRA) for the treatment of TNM stage I-A peripheral lung cancer. **Methods** The clinical data and follow-up results of 40 patients with pathologically confirmed stage I-A peripheral lung cancer, who were admitted to the Guizhou Aerospace Hospital of China between May 2018 and September 2022, were retrospectively analyzed. The patients were divided into MWA group ($n=20$) and CRA group ($n=20$) based on the ablation technique used. All patients underwent successful ablation treatment and completed a 3-year follow-up. Kaplan-Meier method was used to analyze the time-to-event endpoints, including tumor local control rate (LCR) and progression-free survival (PFS), and Log-Rank test was used for inter-group comparison. Chi-square test or Fisher's exact test was adopted to compare the incidence of ablation-related complications between the two groups. **Results** The 36-month cumulative LCR in the MWA group and the CRA group was 80% and 85% respectively ($P>0.05$). The

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2026.09.011

基金项目:贵州省卫生健康委科技项目(gzwbj 2024-108);遵义市工业和科学技术局项目(遵市科人才(2024)9号)

作者单位:563003 贵州遵义 贵州航天医院呼吸与危重症医学科;中山大学肿瘤防治中心微创介入治疗科

通信作者:廖江荣 E-mail:ljr3409@sina.com

林乐涛 E-mail:280706804@qq.com

36-month cumulative PFS rate in the MWA group and CRA group was 90% and 85% respectively ($P>0.05$). In the MWA group and CRA group, the incidence of ablation-related pneumothorax was 25% ($n=5$) and 20% ($n=4$) respectively, the incidence of hemoptysis was 10% ($n=2$) and 5% ($n=1$) respectively, the incidence of needle tract bleeding was 20% ($n=4$) and 15% ($n=3$) respectively, and the incidence of pleural effusion was 5% ($n=1$) and 10% ($n=2$) respectively. The differences in the above indexes were not statistically significant (all $P>0.05$). **Conclusion** Both CT-guided percutaneous MWA and CRA have shown good clinical efficacy and safety in the treatment of stage I-A peripheral lung cancer. The differences in the local control rate, PFS rate, and incidence of complications between MWA and CRA are not statistically significant. Therefore, both ablation techniques can be used for early-stage lung cancer.

【Key words】 CT guidance; percutaneous lung puncture; peripheral lung cancer; microwave ablation; cryoablation

国际癌症研究机构报道, 2022 年全球肺癌新增 250 万例, 占全球所有癌症新增患者 1/8, 肺癌死亡 180 万例, 占全部癌症死亡 18.7%^[1]。中国肿瘤登记中心数据显示 2022 年中国肺癌新发患者约 106.06 万, 占中国全部恶性肿瘤约 22.2%, 肺癌死亡约 73.33 万, 占全部恶性肿瘤死亡 28.6%, 发病率和病死率均占所有恶性肿瘤首位^[2]。因此肺癌早期诊断和治疗显得尤为重要。外科手术是早期肺癌主要治疗手段, 但很多患者常伴发较多基础疾病, 因心肺功能差不能耐受外科治疗, 甚至拒绝外科治疗。对于这部分患者, 微创、治疗时间短、并发症少、恢复快的治疗方案无疑是最好选择。CT 引导下经皮肺癌消融术是目前较为成熟的微创治疗技术^[3], 尤其是对早期肺癌的微波消融及冷冻消融逐渐成为重要治疗选择^[4-5]。现有肺癌 MWA 与 CRA 疗效比较研究, 大多集中于非周围型肺癌或晚期肺癌患者^[6-7]。本研究通过严格限定肿瘤原发灶-淋巴结-远处转移分期 I A 期周围型肺癌这一同质化早期人群, 并提供长达 3 年随访数据, 为这一特定亚群选择更好的消融技术。现对比分析 CT 引导下 MWA 与 CRA 治疗 I A 期周围型肺癌的效果和安全性。

1 材料与方法

1.1 一般资料

本研究为单中心、回顾性队列研究。连续纳入 2018 年 5 月至 2022 年 9 月在贵州航天医院接受 CT 引导下 MWA 或 CRA 治疗的 TNM 分期 I A 期周围型肺癌患者。纳入标准: ①肺穿刺活检组织病理学新确诊为原发性肺恶性肿瘤; ②美国癌症联合委员会第 8 版 TNM 分期系统临床分期为 I A 期; ③病灶为周围型; ④因心肺功能不全、年龄 ≥ 75

岁、有严重基础疾病等无法或拒绝行根治性外科手术; ⑤年龄 ≥ 18 岁; ⑥临床及随访资料完整, 且治疗后定期随访时间 ≥ 36 个月。排除标准: ①有同侧肺部手术或消融治疗史; ②存在肺门、纵隔淋巴结转移或远处转移证据; ③合并其他未控制恶性肿瘤; ④消融治疗或随访期间因非肿瘤原因死亡或失访; ⑤病历数据严重缺失。

共纳入 40 例患者, 根据所接受治疗的消融技术分为 MWA 组和 CRA 组, 每组各 20 例。术前通过多学科临床综合评估患者病灶大小、位置、一般状况、凝血功能等。本研究方案经贵州航天医院伦理委员会审核批准。所有患者均签署临床研究知情同意书。

MWA 组男 13 例, 女 7 例, 中位年龄 62 岁; CRA 组男 15 例, 女 5 例, 中位年龄 67 岁。两组患者基线特征比较差异无统计学意义, 具可比性。所有患者在 CT 引导下穿刺活检获得病理确诊后, 均由医院呼吸科、影像科、胸外科、肿瘤科等多学科团队讨论, 明确消融治疗指征并制订方案。患者确诊至接受消融治疗中位间隔时间为 2 周, 两组间比较差异无统计学意义。

1.2 仪器与试剂

德国西门子 64 排螺旋 CT 机, 一次性 TSK 半自动肺穿刺活检针, 定位栅, 无菌手套, 5 mL 注射器, 2% 利多卡因 5 mL, 聚维酮碘、10% 甲醛溶液、无菌纱布、胶布、无菌标本瓶等。MWA 仪: ECO-100A1 型亿高智能双源数码微波治疗仪及配套使用 17 G 消融针; CRA 设备: AH-24 型北京阳光易帮低温手术系统及配套用 K-17 无菌 CRA 针, 气源为氩气及氦气。

1.3 介入手术方法

1.3.1 CT 引导下经皮肺穿刺活检术 术前完善胸

表 1 两组患者结节性质、部位及大小比较(例)

Table 1 Comparison of nodule characteristics, location, and size between the two groups(n)

组别	结节性质		部位					大小		
	磨玻璃	实性	右上叶	右中叶	右下叶	左上叶	左下叶	≤8	9~20	21~30
MWA 组	10	10	7	1	4	5	3	1	15	4
CRA 组	6	14	5	2	3	4	6	0	14	6

表 2 两组患者合并症、吸烟、病理类型比较(例)

Table 2 Comparison of comorbidities, pathological type, gender, and smoking history between the two groups(n)

组别	性别	慢性阻塞性肺疾病	糖尿病	高血压	间质性肺疾病	冠心病	吸烟	腺癌	鳞癌
MWA 组	13/7	4	2	2	0	1	16	16	4
CRA 组	15/5	3	3	1	1	1	15	15	5

部增强 CT 检查,根据病灶至胸壁距离及与周围血管组织关系确定穿刺体位,穿刺距离选择自病灶至胸壁最短距离。CT 机以 5 mm 层厚连续扫描,在 CT 图像工作站上确定好穿刺点,2%利多卡因 5~10 mL 沿穿刺点进行局部浸润麻醉;一次性 TSK 穿刺活检针按预定设计穿刺路径和角度分次进针,到达预定穿刺深度后行 CT 扫描,确认穿刺针在病灶内后对病灶组织进行切割;将切割组织放入 10%甲醛溶液,送病理检查。穿刺完毕复查 CT 了解有无气胸出血等并发症。若出现咯血,立即患侧卧位保持呼吸道通畅,静脉滴注垂体后叶素或肌内注射白眉蛇毒血凝酶进行止血治疗;若出现>20%气胸,行胸腔穿刺术或胸腔微管闭式引流术,<20%气胸则予以保守治疗。术后患者回病房卧床 6 h,无不适后再下床轻微活动。两组患者在消融术时同时接受止痛治疗,以减轻疼痛反应。

1.3.2 CT 引导下 MWA 术 进针操作过程同肺穿刺活检术,穿刺到达预先测量距离后行 CT 扫描,确认 MWA 针尖完全穿透病灶且超过病灶 0.5 cm;消融针连接消融设备,以 40~55 W 功率消融 3~10 min,频率 2 450 MHz;消融过程中通过间歇性 CT 扫描监测病灶周围晕征形成与扩展情况,若首次消融后“晕征”范围未能完全覆盖病灶并超出其边缘至少 1 cm,可在调整消融针位置或角度后进行补充消融;消融结束后立即复查胸部 CT,直至消融后形成的晕征范围超过病灶 1 cm,并拔出消融针,立即复查胸部 CT 判断并发症发生情况。

1.3.3 CT 引导下 CRA 术 进针操作过程同肺穿刺活检术,穿刺到达预先测量距离行 CT 扫描确认针尖完全穿透病灶且超过病灶 0.5 cm;CRA 针连接低温手术系统,启动消融设备至 CRA 温度为-160℃,持续消融 6 min 后,再复温至 20~40℃,复温时间 5 min,如此重复 2 个冷冻循环治疗;复查

胸部 CT 冷冻冰球完全覆盖靶区直至超过病灶周围 1 cm 并拔出 CRA 针,立即复查胸部 CT 判断并发症发生情况。

对于较大肺结节,不管是 MWA 术或 CRA 术,若一次消融复查 CT 晕征或冰球未完全覆盖结节,则调整消融针穿刺角度予以再次消融,直至复查 CT 晕征或冰球范围超过病灶 1 cm。

1.4 疗效评价

①技术成功即刻评价标准:消融结束后即刻胸部 CT 检查示病灶周围形成的“晕征”或“冰球”范围超过原病灶边缘至少 1 cm。②局部控制:消融病灶在随访 CT 上无进展性改变。③局部复发:原消融区边缘或内部出现新的结节样、不规则形强化灶,或消融区在连续随访中呈进行性增大。④无进展生存期:消融治疗日始至首次发生以下任一事件,如局部复发、出现新发肺内转移灶、出现区域淋巴结转移或远处转移、任何原因导致的死亡。未发生事件者在末次随访日截尾;新发肺内结节若出现在非原消融肺叶,且不具备典型良性特征,计入 PFS 事件;若经多学科讨论或病理证实为第 2 原发癌,则在敏感性分析中单独说明。⑤总生存期:消融治疗日始至任何原因死亡时间。

影像学评估流程:所有随访 CT 图像由 2 名高年资胸部影像科医师在不知晓患者分组情况下独立阅评,评价意见不一致时由第 3 名高级职称医师参与讨论并达成共识。

术后第 3、6、9、12 个月及之后每 6 个月定期门诊复查胸部 CT,其中术后第 3、12、24、36 个月行胸部增强 CT 检查评估局部病灶,术后第 6、12、24、36 个月行头颅 MRI 及全腹 CT 检查,评估有无远处转移,部分患者因出现呼吸道症状或个人其他原因,复查时间可能提前或推迟 1~6 个月。本研究随访截止日期为 2025 年 9 月。所有 40 例患者均完成至少

36 个月影像学随访,无失访。

1.5 统计学方法

采用 4.5.2 版 R 语言软件进行统计学分析。计量资料非正态分布以 *M* 表示,分类资料以例数描述。组间基线资料及并发症发生率比较用卡方检验或 Fisher 精确检验。对于时间-事件终点,采用 Kaplan-Meier 法绘制生存曲线并计算累计生存率,组间比较用 Log-Rank 检验。为量化疗效差异,采用 Cox 比例风险回归模型计算局部复发的风险比及其 95%CI。所有检验均为双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 治疗完成情况与并发症

两组患者均成功完成消融治疗,MWA 或 CRA 治疗后随访期间患者均未再接受其他抗肿瘤治疗。并发症发生比较见表 3,未出现术后发热、空气栓塞、支气管胸膜瘘等并发症及术中术后死亡。MWA 组 5 例气胸中 2 例气胸 $>20\%$ 经胸腔闭式引流治愈,3 例 $<20\%$ 经保守治疗治愈;CRA 组 4 例气胸中 1 例气胸 $>20\%$ 经胸腔闭式引流治愈,3 例 $<20\%$ 经保守治疗治愈。两组咯血患者经患侧卧位、止血药物治疗后咯血均停止,针道出血患者经肌肉注射止血药好转。两组胸腔积液均为少量,未予特殊处理,均未出现围手术期严重或迟发性并发症。

表 3 两组消融术常见并发症发生比较(*n*)

Table 3 Comparison of common complications between the two ablation groups(*n*)

组别	气胸	咯血	针道出血	胸膜反应	胸腔积液
MWA 组	5	2	4	0	1
CRA 组	4	1	3	0	2
<i>P</i> 值	0.693	1.000	0.666	1.000	1.000

2.2 疗效分析

中位随访 42 个月。Kaplan-Meier 法分析结果显示,MWA 组、CRA 组 36 个月累计局部控制率分别为 80.0%、85.0%,差异无统计学意义。截至术后 36 个月,MWA 组、CRA 组分别发生局部复发 4 例、3 例,仍处于风险集者分别为 16 例、17 例;Cox 回归分析显示,CRA 组相较 MWA 组局部复发 HR 为 0.73。Kaplan-Meier 分析结果显示,MWA 组、CRA 组 36 个月累计 PFS 分别为 90.0%、85.0%,差异无统计学意义。截至术后 36 个月,MWA 组、CRA 组发生疾病进展事件分别为 2 例、3 例,仍处

于风险集者分别为 18 例、17 例。截至末次随访,两组患者均存活,36 个月 OS 率均为 100%,中位 OS 未达到。见图 1,图 2。

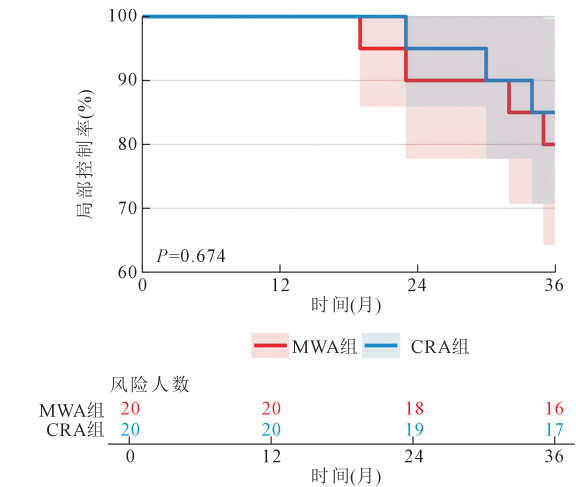


图 1 两组患者局部控制生存曲线比较

Figure 1 Comparison of local control survival curves between the microwave ablation and cryoablation groups

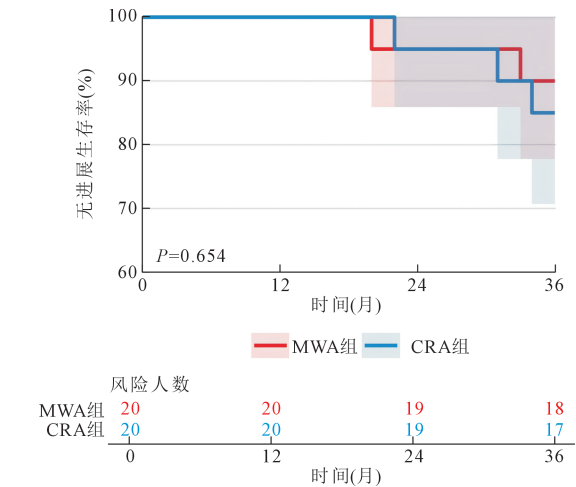


图 2 两组患者 PFS 曲线比较

Figure 2 Comparison of progression-free survival curves between the microwave ablation and cryoablation groups

3 讨论

肺癌按解剖分类有中央型和周围型,周围型肺癌通常源于肺段支气管以下,病理类型以腺癌多见,外科手术切除仍是目前主要治疗手段。然而有较多肺癌患者早期无临床症状,也未定期胸部 CT 检查,相当部分患者确诊时已为晚期,75%~80%患者确诊时不能手术切除^[3]。较多早期肺癌患者合并有较严重基础疾病,不能耐受外科手术。目前临床上发展较快的治疗技术为微创消融术。周围型肺癌消融治疗途径有经皮肺穿刺消融及经气管镜引导消

融治疗。MWA 通过使用 915 或 2 450 MHz 微波电磁场使肿瘤组织中水分子和蛋白质分子等极性分子高速振动产生 60~150 °C 高温,导致肿瘤细胞受到不可逆损伤或凝固性坏死,最终达到消灭肿瘤目的^[9]。氩氦刀 CRA 主要通过 Joule-Thomson 效应的温差快速变化及多次冻融循环,杀灭肿瘤细胞,达到治疗肿瘤目的^[10]。本研究通过回顾性对比分析 CT 引导下经皮 MWA 术与 CRA 术治疗 I A 期周围型肺癌患者术后随访 3 年以上发现,两者在局部控制率、PFS 率及并发症发生率方面比较差异均无统计学意义。这为临床针对这一特定早期肺癌亚群选择消融技术提供了重要参考,两种消融技术总体疗效和安全性可能具等效性。

本研究采用生存分析法系统比较了 MWA 与 CRA 在严格筛选的 I a 期周围型肺癌这一同质性较高早期人群中的中期疗效。这一人群具有肿瘤负荷小、异质性低、极少合并脉管侵犯等共性,可最大程度减少肿瘤自身生物学行为对疗效干扰,从而为直接比较两种物理消融技术本质效能提供一较为理想的模型。既往 MWA 与 CRA 比较研究多聚焦晚期肺癌或混合分期患者,其肿瘤负荷、生物学行为及治疗目标均与早期患者不同。Das 等^[7]研究纳入 III B/IV 期非小细胞型肺癌患者,治疗目标常为姑息性减瘤,结果发现对于较大肿瘤,MWA 中位 PFS 显著优于 CRA,这与本研究结论形成鲜明对比。这种差异很可能源于研究对象根本不同:早期、小体积周围型肺癌病灶相对均质,两种消融技术均能实现充分消融覆盖,从而达到相当的局部根治效果,而晚期、大体积肿瘤异质性更强,可能放大了不同消融技术物理特性差异。因此,本研究为 MWA 与 CRA 在 I A 期肺癌这一特定亚群中疗效等效性提供了较好证据。本研究结果与 Yamauchi 等^[11]关于无法手术 I 期非小细胞型肺癌 CRA 治疗研究、Yang 等^[12]关于周围型肺磨玻璃结节样肺癌 MWA 多中心治疗长期结果在趋势上具可比性,进一步支持消融技术应用于早期肺癌的有效性。此外,对于本研究中占比不小的 GGN 样肺癌,有研究提示其消融后局部 PFS 率与手术治疗相当,且 CRA 也被证实治疗 GGN 是安全可行选择^[13-14]。

需要指出的是,本研究中两种技术疗效相当,但其物理学特性与临床适用场景有所不同^[15-16]。作为回顾性设计,本研究中治疗方式选择基于术前临床综合评估,这可能引入选择偏倚。例如,对于靠近大血管病灶,可能因 MWA 热沉降效应更小而多被

选择^[9],而对于贴近胸膜或疼痛敏感患者,则可能因 CRA 术中疼痛更轻、形成的“冰球”边界更清晰而更受青睐^[17]。本研究结果提示,在肿瘤直径 ≤ 3 cm 范围内,只要术前规划完善、操作技术规范,两种技术均能实现病灶完全消融,其物理特性差异可能被技术充分实施所抵消。此外,CRA 可能激发更强的抗肿瘤免疫反应^[18],MWA 也被证实能增强早期肺癌患者全身免疫应答^[19],这些附加效应值得未来关注。尽管两组患者基线特征无显著差异,但上述非随机化选择仍是本研究的局限性。

在安全性方面,两组 CT 引导下经皮穿刺相关并发症均以气胸、咯血、针道出血为主,且发生率相当,与既往关于 CT 引导下经皮肺穿刺操作并发症报道^[20-21]一致。值得注意的是,本研究中气胸发生率较高,可能与病灶多为较小结节、穿刺通道较深以及穿刺路径穿过肺组织距离较长有关^[21]。本研究中采取的预防措施,如术前仔细规划路径、避免穿过叶间裂或肺大疱区,以及术中对患者充分镇痛和呼吸配合指导,对于减少严重穿刺相关并发症至关重要^[20]。

由于本研究为回顾性非随机设计,且样本量有限,得出“两种技术疗效无差异”结论尚属初步,主要适用于本研究所限定的 I A 期周围型小肺癌人群。本研究还存在其他局限性:①样本量较小且为单中心回顾性设计。尽管采用了严格的纳入和排除标准,但无法完全消除选择偏倚和混杂因素的影响,因此研究结论更应解读为“在此特定人群中未观察到显著差异”,而非确证性“等效性”证明。②缺乏 OS 和癌症特异性生存期长期数据。③未能根据肺结节特征进行深入亚组分析,以探索可能从特定消融技术中获益的患者亚群。未来研究应通过多中心前瞻性设计纳入更大样本量,采用更精细的影像组学或病理学标志物进行分层分析,以建立更个体化的消融技术选择策略。

本研究结论认为,CT 引导下经皮肺穿刺 MWA 及 CRA 治疗 I A 期周围型肺癌均显示出良好效果和安全性。两种技术在 3 年随访期间局部控制率、PFS 率及并发症发生率均无显著差异。这两种技术具有微创、损伤小、恢复快、可重复治疗等优点,对于因心肺功能差、合并症多或拒绝手术的早期肺癌患者是有效的替代治疗手段。本研究通过限定于同质性较高的 I A 期周围型肺癌人群并进行生存分析,初步证实 CT 引导下经皮 MWA 与 CRA 在该特定患者群体中具有相当的中期肿瘤控制效果和安全

性,这为临床针对此类早期肺癌选择消融技术提供了基于证据的参考。未来需通过前瞻性研究进一步验证此结论,并探索基于病灶特征的个体化技术选择策略。

【参考文献】

- [1] Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74: 229-263.
- [2] 滕 熠, 张晓丹, 夏昌发, 等. 中国与全球癌症发病、死亡和患病对比及其预测分析: GLOBOCAN 2022 数据解读[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2024, 31: 1413-1420.
Teng Y, Zhang XD, Xia CF, et al. Comparison and prediction analysis of cancer incidence, mortality and prevalence in China and worldwide: interpretation of GLOBOCAN 2022 data[J]. Chin J Cancer Prev Treat, 2024, 31: 1413-1420.
- [3] Ye X, Fan WJ, Wang H, et al. Expert consensus workshop report: guidelines for thermal ablation of primary and metastatic lung tumors[J]. J Cancer Res Ther, 2018, 14: 730-744.
- [4] 田 慧, 叶 欣. 微波消融治疗早期非小细胞肺癌现状[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 1102-1106.
Tian H, Ye X. Current status of microwave ablation for early-stage non-small cell lung cancer[J]. J Interv Radiol, 2018, 27: 1102-1106.
- [5] 马洋洋, 陈继冰, 牛立志. 氩氦冷冻消融在肺癌多学科综合治疗中的研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 423-428.
Ma YY, Chen JB, Niu LZ. Research progress of argon-helium cryoablation in multidisciplinary comprehensive treatment for lung cancer[J]. J Interv Radiol, 2020, 29: 423-428.
- [6] Li HW, Long YJ, Yan GW, et al. Microwave ablation vs cryoablation for treatment of primary and metastatic pulmonary malignant tumors[J]. Mol Clin Oncol, 2022, 16: 62.
- [7] Das SK, Huang YY, Li B, et al. Comparing cryoablation and microwave ablation for the treatment of patients with stage III B/IV non-small cell lung cancer[J]. Oncol Lett, 2020, 19: 1031-1041.
- [8] Murphy MC, Wrobel MM, Fisher DA, et al. Update on image-guided thermal lung ablation: society guidelines, therapeutic alternatives, and postablation imaging findings[J]. AJR Am J Roentgenol, 2022, 219: 471-485.
- [9] 李 惠, 叶 欣. 肺癌微波消融治疗研究十年现状[J]. 实用肿瘤杂志, 2024, 39: 291-298.
Li H, Ye X. Ten-year status of research on microwave ablation for lung cancer[J]. Pract Oncol J, 2024, 39: 291-298.
- [10] 张 肖, 肖越勇, 李成利. 影像学引导下肺结节冷冻消融专家共识[J]. 中国介入影像与治疗学, 2022, 19: 2-6.
Zhang X, Xiao YY, Li CL. Expert consensus on image-guided cryoablation for pulmonary nodules[J]. Chin J Interv Imaging Ther, 2022, 19: 2-6.
- [11] Yamauchi Y, Izumi Y, Hashimoto K, et al. Percutaneous cryoablation for the treatment of medically inoperable stage I non-small cell lung cancer[J]. PLoS One, 2012, 7: e33223.
- [12] Yang X, Jin Y, Lin Z, et al. Microwave ablation for the treatment of peripheral ground-glass nodule-like lung cancer: long-term results from a multi-center study[J]. J Cancer Res Ther, 2023, 19: 1001-1010.
- [13] Han XY, Wei ZG, Zhao ZX, et al. Cost and effectiveness of microwave ablation versus video-assisted thoracoscopic surgical resection for ground-glass nodule lung adenocarcinoma[J]. Front Oncol, 2022, 12: 962630.
- [14] Liu S, Liang B, Li Y, et al. CT-guided percutaneous cryoablation in patients with lung nodules mainly composed of ground-glass opacities[J]. J Vasc Interv Radiol, 2022, 33: 942-948.
- [15] 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, 2022, 60: 1088-1105.
The Ablation Expert Committee of the Chinese Society of Clinical Oncology, the Expert Group on Tumor Ablation Therapy of the Chinese Medical Doctors Association, the Society of Tumor Ablation Therapy of the Chinese Anti-Cancer Association, et al. Clinical practice guidelines: image-guided thermal ablation of primary and metastatic lung tumors (2021 edition)[J]. Chin J Intern Med, 2022, 60: 1088-1105.
- [16] Ye X, Fan WJ, Wang ZM, et al. Clinical practice guidelines on image-guided thermal ablation of primary and metastatic lung tumors[J]. J Cancer Res Ther, 2022, 18: 1213-1230.
- [17] Ni Y, Xu H, Ye X. Image-guided percutaneous microwave ablation of early-stage non-small cell lung cancer[J]. Asia Pac J Clin Oncol, 2020, 16: 320-325.
- [18] Tian Y, Qi X, Jiang X, et al. Cryoablation and immune synergistic effect for lung cancer: a review [J]. Front Immunol, 2022, 13: 950921.
- [19] Ma F, Lin Y, Ni Z, et al. Microwave ablation enhances the systemic immune response in patients with lung cancer[J]. Oncol Lett, 2024, 27: 106.
- [20] Wu CC, Maher MM, Shepard JA. Complications of CT-guided percutaneous needle biopsy of the chest: prevention and management[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 196: W678-W682.
- [21] Nour-Eldin NE, Alsubhi M, Naguib NN, et al. Risk factor analysis of pulmonary hemorrhage complicating CT-guided lung biopsy in coaxial and non-coaxial core biopsy techniques in 650 patients[J]. Eur J Radiol, 2014, 83: 1945-1952.

(收稿日期: 2025-11-14)

(本文编辑: 谷 珂)