

论著

CT用于肺肿瘤射频消融治疗疗效监测的价值*

王擎桦 马逸群 黄斌*
三二〇一医院影像科(陕西汉中 723000)

【摘要】目的 分析CT用于肺肿瘤射频消融治疗疗效监测的价值。**方法** 选取2021年5月至2023年12月本院收治的86例肺癌患者作为研究对象,所有患者均完成CT引导下射频消融治疗,术后3个月进行CT随访复查,根据患者改良实体瘤疗效评估情况分为缓解组(n=66)和未缓解组(n=20),比较两组基本资料、CT值及CT影像学表现,分析CT值与肺癌患者临床病理特征的关系,绘制ROC曲线评估CT值对肺癌射频消融治疗疗效的监测价值。**结果** 缓解组术前肿瘤最大直径小于未缓解组($P<0.05$),随访CT值高于未缓解组($P<0.05$)。术后即刻,缓解组病灶密度稍降低于术前,轮廓不同程度塌陷或形态失去完整性,边缘模糊,围绕不同厚度的磨玻璃密度带;未缓解组病灶密度部分或全部低于术前,病灶形态部分呈现不规则内陷,边缘模糊,围绕磨玻璃密度带。术后1个月,缓解组病灶周围磨玻璃影吸收消散,消融灶呈软组织密度,边缘清晰,分叶、毛刺征象消失,不分病灶出现空洞;未缓解组病灶周围磨玻璃密度带吸收消散,边缘模糊消融灶大小、形态无明显变化或增大。以CT值为检验变量,ROC曲线结果显示,CT值评估肺癌患者疗效的曲线下面积为0.869,敏感度为90.00%,特异度为74.24%。**结论** CT在肺肿瘤RFA治疗疗效评估中具有重要价值,有助于指导临床,实现个性化诊断和治疗。

【关键词】 肺肿瘤;射频消融治疗;疗效监测;CT
【中图分类号】 R734.2
【文献标识码】 A
【基金项目】 2022年医院科研
基金项目(3201yk202234)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.02.017

Value of CT on Monitoring the Efficacy of Radiofrequency Ablation for Lung Tumors*

WANG Qing-hua, MA Yi-qun, HUANG Bin*
Department of Imaging, 3201 Hospital of Hanzhong, Hanzhong 723000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the value of CT on monitoring the efficacy of radiofrequency ablation (RFA) for lung tumors. **Methods** Totally 86 patients with lung cancer in the hospital were selected from May 2021 to December 2023 as the study subjects, and they completed CT-guided RFA and performed CT follow-up review at 3 months after surgery. According to the evaluation of efficacy of modified solid tumors, the patients were divided into remission group (n=66) and non-remission group (n=20), and the basic data, CT value and CT imaging findings of the two groups were compared. The relationship between CT value and clinicopathological features of lung cancer patients was analyzed. ROC curve was drawn to evaluate the monitoring value of CT value on the efficacy of RFA for lung cancer. **Results** The maximum preoperative tumor diameter in remission group was shorter than that in non-remission group ($P<0.05$), and the follow-up CT value was higher than that in non-remission group ($P<0.05$). Immediately after surgery, the lesion density in remission group was slightly lower than that before surgery, the contour collapsed to varying degrees or the shape lost integrity, the edge was blurred, and the ground glass density bands of different thicknesses were surrounded. In non-remission group, the density of the lesion was partially or completely lower than that before surgery, and the shape of the lesion showed irregular invagination, blurred edges, and around the ground glass density band. At 1 month after surgery, the ground glass shadow around the lesion in remission group was absorbed and dissipated, the ablation lesion showed soft tissue density, the edge was clear, the lobulation and burr signs disappeared, and the cavity appeared in partial lesions. In non-remission group, the ground glass density band around the lesion was absorbed and dissipated, and the size and shape of the edge-blurred ablation lesion did not change significantly or increase. With CT value as the test variable, ROC curve results showed that the area under the curve, sensitivity and specificity of CT value in evaluating the efficacy of lung cancer patients were 0.869, 90.00% and 74.24%. **Conclusion** CT is of great value on the evaluation of efficacy of RFA in the treatment of lung tumors, which is helpful to guide clinical practice and realize personalized diagnosis and treatment.

Keywords: Lung Tumor; Radiofrequency Ablation Treatment; Efficacy Monitoring; CT

肺癌在所有恶性肿瘤发病率中位列第一,据调查显示,2022年我国肺癌发病人数高达106.06万例,严重危害国内居民生命健康,提示我国积极开展肺癌诊断与治疗相关研究的重要性^[1]。非小细胞肺癌(non-small cell carcinoma, NSCLC)是主要肺癌类型,占肺癌病例的87%,其最佳治疗方法是外科手术切除肿瘤病灶,但外科手术可能会在一定程度上影响患者肺部功能,适应症范围有限^[2]。随着现代影像技术及微创理念的发展与应用,肿瘤微创消融技术作为局部微创治疗方式,表现出微创、耐受性好、可重复性等显著优势,为不耐受手术或拒绝手术的肺肿瘤患者提供新的治疗选择^[3]。射频消融技术(radiofrequency ablation, RFA)是应用最为广泛的微创消融技术之一,射频输出加热局部肿瘤组织,使其发生凝固性坏死,从而达到局部消除肿瘤和防止肿瘤种植的效果,已成为早期原发性肺癌和部分转移性肿瘤的有效治疗手段^[4]。RFA采用热能对肿瘤进行原位灭活,不能仅靠观察病灶大小的变化评估疗效,肺肿瘤RFA后CT表现差异较大,从CT表现判断肿瘤消融情况是一项重大挑战^[5]。本研究分析了肺肿瘤患者RFA术后CT值及影像学表现,绘制ROC曲线评估CT值对肺癌射频消融治疗疗效的监测价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取2021年5月至2023年12月本院收治的86例肺肿瘤患者作为研究对象。

纳入标准: 不耐受手术或拒绝手术的NSCLC患者;单侧肺或局部治疗后复发灶;多原发肺癌或肺转移瘤且原发肿瘤有效控制的患者。排除标准: 病灶周围炎症未控制;严重肺纤维化;具有严重出血风险; ECOG评分 >3 分;预计生存期 <3 个月。纳入患者中男性52例,女性34例,年龄为38~78岁,平均(59.94 \pm 9.63)岁。

1.2 治疗方法 所有患者的肿瘤大小、形状、部位及全身状况经综合评估后,选择RFA治疗。应用美国RITA 1500X射频消融肿瘤治疗系统治疗,CT扫描肿瘤,确定穿刺点,并测量胸壁至肿瘤距离、肿瘤纵径和横径,确定进针深度、方向和角度,患者术前30min口服磷酸可待因片30mg止咳镇痛,术中行仰卧位,常规消毒铺孔巾,利多卡因局部麻醉,将电极针穿刺到肿瘤部位,经CT扫描确认射频针处于确定的穿刺点,避开肺门、支气管主要分支及纵膈,确保治疗区域的边缘距重要器官或组织1cm,对边界不清晰、形状不规则浸润型癌或转移癌,充分评估邻近组织接结构条件后,可适当扩大治疗区域的安全范围。启动射频治疗仪,根据肿瘤大小选择1个或多个位点消融,注意均匀布点,通过RITA软件同步将治疗全程中阻抗、功率、消融点温度记录下来,温度设定为90℃,持续时间根据肿瘤大小而定,根据温度上升速度决定RFA治疗总时间,连续消融时间

【第一作者】 王擎桦,男,主管技师,主要研究方向:放射医学影像。E-mail: wangqinghuayx@163.com

【通讯作者】 黄斌,男,副主任技师,主要研究方向:医学影像技术。E-mail: 17393411@qq.com

10~25min, 过程中严密观察患者体位变化和不适反应, 退针时电凝止血。

1.3 CT随访及疗效评价 术后3个月复查CT, 记录肿瘤大小、CT值及CT影像学特征。根据WHO实体瘤疗效^[6]判定标准, 采用肿瘤最大直径变化率评定患者近期疗效, 分为进展(PD)、稳定(SD)、部分缓解(SD)、完全缓解(CR), CR、PR纳入缓解组, SD、PD纳入未缓解组。CT阅片、疗效评估需由至少2名有2年及以上影像诊断经验的医师完成。

1.4 观察指标 (1)两组基本资料、CT值比较。(2)两组CT影像学表现。(3)ROC曲线评估CT值对肺癌射频消融治疗疗效的监测价值。

1.5 统计学方法 本文数据经SPSS 24.0分析, 计量资料(年龄、BMI、CT值等)均符合正态分布, 以($\bar{x} \pm s$)表示, 两组间比较采用LSD-t; 计数资料(性别、吸烟史、病理类型等)以n(%)表示, 经 χ^2 检验或Fisher精确概率检验分析, 绘制ROC曲线获取AUC, 以 $P < 0.05$ 为具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基本资料、CT值比较 缓解组术前肿瘤最大直径小于未缓解组($P < 0.05$), 随访CT值高于未缓解组($P < 0.05$), 见表1。

2.2 两组CT影像学表现 术后即刻, 缓解组病灶密度稍降低于术前, 轮廓不同程度塌陷或形态失去完整性, 边缘模糊, 围绕不同厚度的磨玻璃密度带; 未缓解组病灶密度部分或全部低于术前, 病灶形态部分呈现不规则内陷, 边缘模糊, 围绕磨玻璃密度带。术后1个月, 缓解组病灶周围磨玻璃影吸收消散, 消融灶呈软组织密度, 边缘清晰, 分叶、毛刺征象消失, 不分病灶出现空洞; 未缓解组病灶周围磨玻璃密度带吸收消散, 边缘模糊消融灶大小、形态无明显变化或增大。

2.3 CT值对肺癌射频消融治疗疗效的监测价值 以CT值为检验变量, ROC曲线结果显示, CT值评估肺癌患者疗效的曲线下面积为0.869, 敏感度为90.00%, 特异度为74.24%, 见表2、图1。

2.4 病例图片 病例1: 文某, 男, 69岁, 采取CT引导下射频消融治疗, 见图2。病例2: 黄某, 女, 78岁, 采取CT引导下射频消融治疗, 见图3。

表1 两组基本资料、CT值比较[n(%)]

项目	缓解组(n=66)	未缓解组(n=20)	t/ χ^2	P
性别				
男	40(60.61)	12(60.00)	0.002	0.961
女	26(39.39)	8(40.00)		
年龄(岁)	59.16±8.13	62.52±8.19	1.616	0.110
BMI(kg/m ²)	23.13±2.06	23.24±2.03	0.210	0.834
吸烟史	38(57.58)	14(70.00)	0.991	0.319
病理分型				
腺癌	39(59.09)	11(55.00)	-	0.778
鳞癌	23(34.85)	7(35.00)		
其他	4(6.06)	2(10.00)		
原发癌或转移癌				
原发癌	45(68.18)	14(70.00)	0.024	0.878
转移癌	21(31.82)	6(30.00)		
ECOG评分				
0	15(22.73)	6(30.00)	0.582	0.747
1	39(59.09)	10(50.00)		
2	12(18.18)	4(20.00)		
术前血CEA				
正常	36(54.55)	9(45.00)	0.561	0.454
升高	30(45.45)	11(55.00)		
术前肿瘤最大直径(cm)	3.79±0.13	4.12±0.15	9.592	<0.001
术前CT值(Hu)	34.18±5.24	33.59±5.62	0.434	0.666
随访CT值(Hu)	27.12±4.10	33.74±4.13	6.315	<0.001

注: “-”表示应用Fisher精确概率检验。

表2 CT值对肺癌射频消融治疗疗效的监测价值

指标	AUC	标准误	P	95% CI	敏感度(%)		特异度(%)	约登指数
					下限	上限		
CT值	0.869	0.044	0.000	0.783	0.955	90.00	74.24	0.64

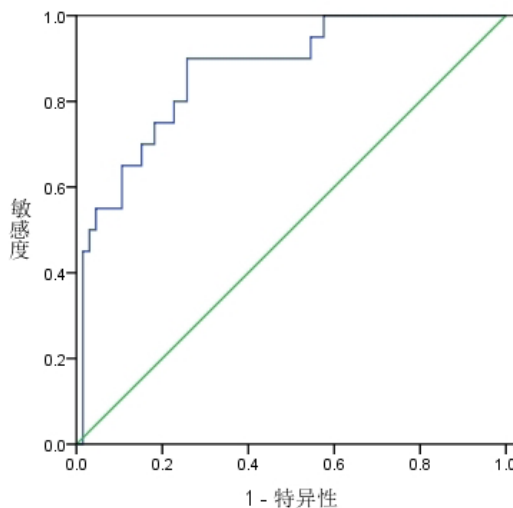


图1 CT值对肺癌射频消融治疗疗效的监测价值。

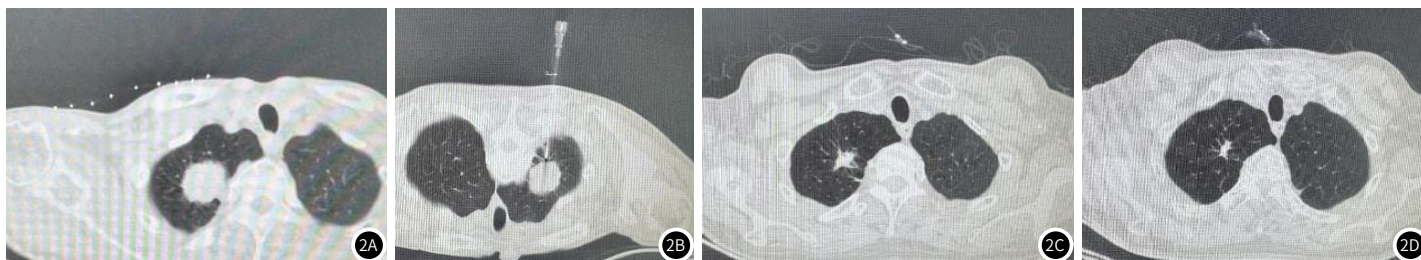


图2 患者治疗前后CT图像。2A: 治疗前; 2B: 治疗中; 2C: 治疗后3个月; 2D: 治疗后9个月。



图3 患者治疗前后CT图像。3A: 治疗前; 3B: 治疗中; 3C: 治疗后6个月; 3D: 治疗后9个月。

3 讨论

原发性肺癌是全球性肿瘤死亡的主要原因,同时,由于肺脏是全身血液循环的必经之处,原发于身体其他部位的恶性肿瘤可经血道、淋巴液转移至肺脏,这导致肺转移瘤的发生率也较高^[7-8]。外科切除是肺部肿瘤治疗的主要手段,然而由于患者不耐受或拒绝手术等各种原因,接近30%的患者无法采取手术切除治疗,由此各种局部治疗方法应运而生^[9-11]。其中肿瘤热消融是利用热效应作用于局灶性肿瘤病灶,毁坏和根除肿瘤组织的精准微创治疗技术^[12]。RFA通过形成高频电场,促使肿瘤组织中的极化分子高速运转产生热能量,发生凝固性坏死,对邻近脏器损伤较小,并具备创伤小、恢复快、并发症少等优势,影像引导下RFA治疗已成为肺肿瘤有效治疗手段^[13]。RFA的疗效评估较为复杂,影像学表现的变化成为RFA疗效判断的主要手段之一^[14]。

本研究将经RFA治疗的CR、PR肺肿瘤患者纳入缓解组,SD、PD纳入未缓解组,缓解组术前肿瘤最大直径小于未缓解组。分析原因,RFA原理是通过射频波激发组织细胞内水分子、蛋白质分子等极性分子进行等离子震荡产生热量,进而灭活局部肿瘤细胞^[15]。既往研究显示,高频率射频波引起的离子相互摩擦产生热量达到60°C~100°C,肿瘤组织在60°C~100°C时可即刻发生蛋白质凝固,其胞质内酶结构、线粒体酶结构、核酸组蛋白复合体受到不可逆的破坏^[16]。同时,肿瘤组织受热刺激损伤后血流减慢、瘀滞,酸性代谢产物堆积,组织内PH值下降,形成酸性环境,增加细胞对热的敏感性,由此增加了热疗的效果^[17]。Xiang等^[18]研究结果显示,CT引导下RFA治疗肺部恶性肿瘤患者术后1年的生存率达81.6%,无病生存率为54.8%。然而,RFA疗效的影响因素涉及肿瘤直径大小、肿瘤血管网分布情况等,LLOVET等^[19]研究结果表明,RFA治疗直径≤3cm的肿瘤可使80%以上的肿瘤完全消融,而直径3~5cm的肿瘤只有50%通过注射无水乙醇和RFA治疗达到理想效果,这主要是直径较大瘤体周边热量较少,肿瘤组织消融不完全,使用无水乙醇可促使肿瘤细胞脱水、变性、凝固性坏死,提升大直径肿瘤消融效率。此外,血管的血液流动可通过对流冷却的方式带走热量,复杂的血管系统会对传热效率产生持续影响,肿瘤组织内部血管数量会影响消融速率^[20]。故本研究结果显示,缓解组患者的术前肿瘤最大直径小于未缓解组,再次证实RFA技术更适用于直径小的肿瘤病灶。

本研究结果还显示,缓解组术后随访CT值低于未缓解组,缓解组病灶周围磨玻璃影吸收消散,消融灶呈均匀软组织密度,边缘光滑,与正常肺组织分界清晰,分叶、毛刺征象消失,可见缓解组患者进行RFA后CT表现变化具有一定规律性,治疗后CT值下降,消融灶明显缩小,其周围分界清晰,这与李杰等^[21]研究结果相符。有研究^[22]认为,RFA术后早期CT显像病灶增大,病灶密度变化并不显著,这是由于CT表现的变化的病理学基础是RFA过程中病灶组织内极性小分子高速震荡,促使肿瘤组织发生热凝固性坏死,周围组织逐渐出现炎症反应、水肿、出血,进而覆盖了癌周正常组织,因此在RFA术后即刻根据病灶密度的变化进行疗

效评估的敏感度、特异度、准确度有限。在RFA治疗1个月后,消融坏死灶逐步增生纤维化,肺泡开始重建,2~3个月后增生纤维组织逐渐吸收,恢复正常组织结构。本研究结果经ROC曲线分析,CT值评估肺癌患者疗效的曲线下面积为0.869,敏感度为90.00%,特异度为74.24%,可见其敏感度较高。

综上所述,CT在肺肿瘤RFA治疗疗效评估中具有重要价值,有助于指导临床,实现个性化诊断和治疗。

参考文献

- [1] 郑荣寿, 陈浩, 韩冰峰, 等. 2022年中国恶性肿瘤流行情况分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2024, 46(3): 221-231.
- [2] 武强, 孔浩, 张博友, 等. 早期非小细胞肺癌外科手术方式的争议[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2022, 29(8): 1066-1072.
- [3] 邵国良, 章浙伟. 重视影像引导下微创介入技术在肺部肿瘤诊治中的应用[J]. 肿瘤学杂志, 2021, 27(4): 241-243.
- [4] 刘思杰, 吴迅, 辛兴, 等. 针孔胸腔镜下射频消融术在肺癌局部治疗中的可行性及适应证的探讨[J]. 癌症, 2022, 41(2): 80-86.
- [5] 汪毅, 梁旭, 詹蕊羽. CT动态增强扫描参数与肺癌患者射频消融前后血清肿瘤指标的相关性[J]. 海南医学院学报, 2020, 26(22): 1700-1704.
- [6] Schwartz LH, Litière S, de Vries E, et al. RECIST 1.1-update and clarification: from the RECIST Committee[J]. Eur J Cancer, 2016, 62: 132-137.
- [7] 周敏茹, 许志华, 马福昌, 等. 2020年青海省肿瘤登记地区恶性肿瘤死亡特征及1975-2020年变化分析[J]. 中国肿瘤, 2021, 30(11): 834-840.
- [8] 彭东阁, 孙伟. 肺转移瘤外科治疗的临床效果及其预后相关危险因素的单中心队列研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2023, 30(1): 100-105.
- [9] 刘建伟, 郑爱民. 早期非小细胞肺癌局部治疗研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(5): 508-511.
- [10] 郭亮, 贾明选, 马文杰, 闫宪飞. 单孔电视胸腔镜手术与常规胸腔镜手术在非小细胞肺癌根治术中的应用价值[J]. 罕少疾病杂志, 2025, 32(1): 63-65.
- [11] 任廷楷, 刘政, 刘锋, 朱红军. 胸腔镜肺叶切除术治疗对老年非小细胞肺癌临床疗效、肺功能及Pentraxin-3水平的影响[J]. 罕少疾病杂志, 2025, 32(1): 60-62.
- [12] 叶欣, 范卫君, 王徽, 等. 热消融治疗原发性和转移性肺部肿瘤专家共识(2017年版)[J]. 中国肺癌杂志, 2017, 20(7): 433-445.
- [13] 张波, 赵恒军. 高温射频消融结合化疗在治疗肺部肿瘤中的临床研究[J]. 中国医学装备, 2015, 12(6): 88-90.
- [14] 杨虹, 江海涛, 刘璐璐, 等. 肺肿瘤热消融治疗的CT影像演变与疗效评价[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(2): 136-140.
- [15] Han S, Lee MW, Lee YJ, et al. No-touch radiofrequency ablation for early hepatocellular carcinoma: 2023 Korean Society of Image-Guided Tumor Ablation Guidelines[J]. Korean J Radiol, 2023, 24(8): 719-728.
- [16] 蒋雨轩, 严羽欣, 刘文哲, 等. 热消融的抗肿瘤免疫效应及其应用的研究进展[J]. 中国肿瘤外科杂志, 2021, 13(5): 521-524.
- [17] Lin WC, Tai YF, Chen MH, et al. Ultrasound-guided moving shot radiofrequency ablation of benign soft tissue neoplasm[J]. Medicina (Kaunas), 2021, 57(8): 830.
- [18] Xiang ZJ, Wang Y, Du EF, et al. The value of Cone-Beam CT-guided radiofrequency ablation in the treatment of pulmonary malignancies (< 3 cm)[J]. Biosci Rep, 2019, 39(2): BSR20181230.
- [19] Llovet JM, Bruix J. Novel advancements in the management of hepatocellular carcinoma in 2008[J]. J Hepatol, 2008, 48: S20-S37.
- [20] Shao YL, Arjun B, Leo HL, et al. A computational theoretical model for radiofrequency ablation of tumor with complex vascularization[J]. Comput Biol Med, 2017, 89: 282-292.
- [21] 李杰, 樊瑞欣, 程宇清. CT在肺肿瘤射频消融治疗中应用价值的评估(附12例报告)[J]. 医学影像学杂志, 2005, 15(1): 4-6.
- [22] 廖旺军, 罗荣城, 康世均. 应用正电子发射断层显像技术评价聚能刀射频治疗恶性肿瘤的近期疗效[J]. 第一军医大学学报, 2002, 22(4): 376-377.