

论 著

肺磨玻璃结节消融治疗前后CT影像变化与疗效的关系*

杨瑞山 王玲玲* 解耀程
聊城市第二人民医院医学影像科
(山东 聊城 252600)

【摘要】目的 探讨肺磨玻璃结节(GGN)消融治疗前后CT影像变化及与疗效的关系。**方法** 选取2021年4月至2023年12月在本院行MWA治疗的90例GGN患者为研究对象。患者入院后均行微波消融术(MWA)治疗,于治疗前、治疗后1、3、6个月使用能谱CT检查,并根据治疗后6个月患者疗效,将其分为有效组和无效组。**结果** 有效组患者治疗后1个月病灶最大径较治疗前增加,治疗后3、6个月病灶最大径较治疗后1个月逐渐减小($P<0.05$),无效组患者治疗后1个月病灶最大径较治疗前增加,治疗后3个月病灶最大径较治疗后1个月减小,治疗后6个月病灶最大径较治疗后3个月增加($P<0.05$),且与无效组比较,有效组治疗后1、3、6个月的病灶最大径更小($P<0.05$)。有效组患者治疗前、治疗后1、3、6个月的IC和NIC比较($P<0.05$),治疗后6个月的IC和NIC低于治疗前($P<0.05$),且与无效组比较,有效组治疗后6个月的IC和NIC更低($P<0.05$)。**结论** 能谱CT可以较好反映MWA治疗前后GGN患者CT影像变化,且治疗后6个月的能谱CT参数对患者疗效具有评估价值。

【关键词】 肺磨玻璃结节;消融;CT影像;疗效
【中图分类号】 R563
【文献标识码】 A
【基金项目】 山东省医药卫生科技发展计划项目(2019WS103)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.021

Relationship between Changes of CT Imaging before and after Ablation and Curative Effect in Ground Glass Nodules*

YANG Rui-shan, WANG Ling-ling*, XIE Yao-zeng.

Department of Medical Imaging, Liaocheng Second People's Hospital (Liaocheng Second Hospital Affiliated to Shandong First Medical University), Liaocheng 252600, Shandong Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the changes of CT imaging before and after ablation and their relationship with curative effect in ground glass nodules (GGN). **Methods** A total of 90 patients with GGN undergoing microwave ablation (MWA) in the hospital were enrolled as the research objects between April 2021 and December 2023. All underwent spectral CT examination before treatment, at 1 month, 3 months and 6 months after treatment. According to curative effect at 6 months after treatment, patients were divided into effective group and ineffective group. **Results** In effective group, the maximum diameter of lesions was increased at 1 month after treatment, and which was gradually decreased at 3 and 6 months after treatment compared with that at 1 month after treatment ($P<0.05$). In ineffective group, the maximum diameter of lesions was increased at 1 month after treatment, the maximum diameter of lesions at 3 months after treatment was decreased compared with that at 1 month after treatment, and which at 6 months after treatment was increased compared with that at 3 months after treatment ($P<0.05$). At 1 month, 3 months and 6 months after treatment, the maximum diameter of lesions in effective group was shorter than that in ineffective group ($P<0.05$). In effective group, differences in iodine content (IC) and normalized iodine content (NIC) were statistically significant before treatment and at 1 month, 3 months and 6 months after treatment ($P<0.05$), IC was decreased at 6 months after treatment, and NIC was decreased at 1 month and 6 months after treatment ($P<0.05$). In ineffective group, difference in IC and NIC was not statistically significant before treatment and at 1 month, 3 months and 6 months after treatment ($P>0.05$), IC and NIC were decreased at 6 months after treatment ($P<0.05$). At 6 months after treatment, IC and NIC in effective group were lower than those in ineffective group ($P<0.05$). **Conclusion** Spectral CT can better reflect changes of CT imaging in GGN patients before and after MWA, and spectral CT parameters at 6 months after treatment have evaluation value for curative effect.

Keywords: Ground Glass Nodule; Ablation; CT Image; Curative Effect

肺磨玻璃结节(ground glass nodule, GGN)是指在CT影像上病灶密度轻度增高,为肺结节的表现形式之一,大部分患者为良性病变,但也有一定的恶变风险,如果不及时治疗,会导致病情进展,威胁患者生命健康^[1-2]。伴随微创介入治疗的发展,微波消融术(microwave ablation, MWA)在肺结节的治疗中广泛应用,特别是针对采用放化疗治疗效果不佳,或者无法耐受手术治疗的患者。和肝脏等实质性器官相比,肺组织中含有气体,在经过MWA治疗后,其病理变化会在CT上表现出明显差异^[3]。准确判断MWA后CT影像变化,对于GGN患者疗效的评估,以及后续治疗方案的制定具有重要意义,有利于及时发现病灶残留和复发,从而及时治疗,改善患者预后^[4]。普通CT可以显示人体病变部位组织的形态、大小及密度特征,但成像分辨率低,难以发现组织特异性^[5]。能谱CT是在传统CT基础上发展而来的新成像技术,应用多能探测器和X射线源,可以较好区分组织特异性,对病灶进行定性分析^[6]。因此,本文探讨GGN消融治疗前后CT影像变化及与疗效的关系,以期对GGN的预后评估提供思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年4月至2023年12月在本院行MWA治疗的90例GGN患者为研究对象。

纳入标准: 经病理学确诊为GGN;均接受MWA治疗;年龄 ≥ 18 周岁;患者均签署知情同意书。**排除标准:** 严重心、肝、肾功能不全者;胸腹手术治疗史者;胸腔粘连者;远处转移者;其他恶性肿瘤者;精神类疾病者;全身感染性疾病者;血管病变者;肺部先天性疾病者;造影剂过敏者。患者男52例,女38例;年龄18-77岁,平均(59.72 \pm 5.46)岁;病程6~13个月,平均(9.51 \pm 1.39)个月;病灶位置:左肺47例,右肺43例。本研究符合《赫尔辛基宣言》。

1.2 检查方法 患者入院后均使用康友微波消融术仪(南京康友微波能应用研究所)行MWA治疗。所有患者于治疗前、治疗后1、3、6个月进行能谱CT检查:患者取仰卧位,先行胸部平扫,明确病灶部位,再以3.0mL/s速率经肘静脉注射1.5mL/kg碘海醇,设置管电压120kV,管电流110mA,层厚5mm,于动脉期延迟28s后,行增强扫描。获取数据后以层厚和层距均为0.625mm进行图像重建,并将图像上传工作站,选择能谱分析系统,在消融最大层面选取感兴趣区,在碘图像中,记录能谱CT参数,平均碘含量(iodine content, IC)、标准化碘含量(normalized iodine content, NIC)。

1.3 疗效评估 治疗后6个月,评估患者疗效,将其分为有效组和无效组,靶病灶直径减

【第一作者】杨瑞山,男,主治医师,主要研究方向:胸部CT影像诊断及肺内疾病CT引导下穿刺诊疗。E-mail: snower316@126.com

【通讯作者】王玲玲,女,主治医师,主要研究方向:胸部CT影像诊断及早期肺癌诊疗。E-mail: wll18365986464@126.com

小>30%，直至完全消融，为有效，否则为无效^[7]。

1.4 观察指标 (1)比较两组患者治疗前、治疗后1、3、6个月的病灶最大径；(2)比较两组患者治疗前、治疗后1、3、6个月的能谱CT参数。

1.5 统计学处理 使用SPSS 24.0统计软件，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，进行t检验；多组间比较采用单因素方差分析，两两比较采用LSD-t检验；计数资料以率(%)表示并以 χ^2 进行检验； $P < 0.05$ ，表示数据差异存在统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者病灶最大径比较 有效组患者治疗后1个月病灶最大径较治疗前增加，治疗后3、6个月病灶最大径较治疗后1个月逐渐减小($P < 0.05$)，无效组患者治疗后1个月病灶最大径较治疗前增加，治疗后3个月病灶最大径较治疗后1个月减小，治疗后6个月后病灶最大径较治疗后3个月增加($P < 0.05$)，且与无效组比较，有效组治疗后1、3、6个月的病灶最大径更小($P < 0.05$)，见表1。

表1 两组患者病灶最大径比较(mm)

时间点	有效组(n=71)	无效组(n=19)	t	P
治疗前	23.81±4.23	25.08±5.28	1.101	0.274
治疗后1个月	28.63±5.79 ^a	34.47±6.64 ^a	3.785	<0.001
治疗后3个月	15.81±3.35 ^{ab}	28.12±5.62 ^b	12.150	<0.001
治疗后6个月	10.35±2.84 ^{abc}	31.77±5.44 ^{ac}	23.485	<0.001
F	266.683	9.661	-	-
P	<0.001	<0.001	-	-

注：与治疗前比较，^a $P < 0.05$ ；与治疗后1个月比较，^b $P < 0.05$ ；与治疗后3个月比较，^c $P < 0.05$ 。

2.2 两组患者能谱CT参数比较 有效组患者治疗前、治疗后1、3、6个月的IC和NIC比较($P < 0.05$)，治疗后6个月的IC低于治疗前，治疗后1、6个月的NIC低于治疗前($P < 0.05$)，无效组治疗前、治疗后1、3、6个月的IC和NIC比较($P > 0.05$)，治疗后6个月的IC和NIC低于治疗前($P < 0.05$)，且与无效组比较，有效组治疗后6个月的IC和NIC更低($P < 0.05$)，见表2。

表2 两组患者能谱CT参数比较

时间点	有效组(n=71)	无效组(n=19)	t	P
IC(100 μ g/mL)				
治疗前	8.64±1.23	9.43±1.27	1.251	0.214
治疗后1个月	7.57±1.56 ^a	8.91±1.12	4.368	<0.001
治疗后3个月	6.33±1.18 ^a	8.67±1.22	13.740	<0.001
治疗后6个月	5.08±0.29 ^a	9.09±1.36 ^a	23.267	<0.001
F	124.180	1.255	-	-
P	<0.001	0.296	-	-
NIC				
治疗前	0.17±0.05	0.15±0.04	1.609	0.111
治疗后1个月	0.13±0.03 ^a	0.14±0.02	1.371	0.174
治疗后3个月	0.14±0.03 ^a	0.13±0.04	1.199	0.234
治疗后6个月	0.08±0.02 ^{abc}	0.12±0.04 ^a	6.096	<0.001
F	84.596	2.436	-	-
P	<0.001	0.072	-	-

注：与治疗前比较，^a $P < 0.05$ ；与治疗后1个月比较，^b $P < 0.05$ ；与治疗后3个月比较，^c $P < 0.05$ 。

2.3 典型病例 见图1-10。

图1-5均为同一患者能谱CT图，图1消融前可见明显磨玻璃结节；图2消融结束时，消融区出血片状磨玻璃密度影，边界模糊；图3消融1天后消融区见局限性实性高密度影，范围较前减小，边界较清；图4消融2个月后复查，消融区实变影较前稍减小；图5消融8个月后复查，消融区实变影大部分消失。

图6-10均为同一患者能谱CT图，图6消融前可见明显磨玻璃结节；图7消融结束时，消融区出现片状磨玻璃密度，边界模糊；图8消融3天后复查，消融区出现片状密度增高影，中心呈片状磨玻璃影，边缘呈高密度近实变影；图9消融2个月后复查，消融区实变，范围减小，边界清晰；图10消融8个月后复查，消融区实变影较前减小。



图1 消融前。图2 消融结束时。图3 消融1天后。图4 消融2个月后。图5 消融8个月后。



图6 消融前。图7 消融结束时。图8 消融3天后。图9 消融2个月后。图10 消融8个月后。

3 讨论

GGN作为CT上的影像学表现,缺乏特异性,可见于肺炎、肺结核、肺腺癌等多种肺部病变,有恶性发展的倾向,当实性成分达到一半以上,可以提示恶性风险较高^[8]。对于GGN患者,外科手术能够直接切除病灶,但同时也会损伤患者部分肺功能,而MWA提供了另外的治疗选择,该技术采用原位灭活法,通过高频电磁波让分子运动生成电解热,可以迅速达到65°C~100°C的高温,在保留肺组织的情况下,将病灶消融,实现与外科手术相近的效果,具有能够减少出血,创伤小,恢复快等优点,逐步成为GGN的主流治疗方式^[9-11]。但是,MWA可能导致GGN病灶无法完全清除,术后患者有一定的复发风险,因此,需要准确评估MWA治疗后患者的疗效,而MWA过程中难以获取患者完整的病理组织,导致术后判断患者病灶是否完全消融存在困难^[12-13]。

传统CT可以测量病灶大小,但是对于病灶形态和行为的变化难以有效观测,无法进行疗效评估^[14]。能谱CT能够利用X射线在不同物质中的衰减系数变化,可以将不同物质进行分离,获取各种基物质图像,由于碘为增强剂的主要成分,水在人体中广泛存在,因此,碘-水物质应用最广泛,配合相关参数,方便对物质进行定量分析^[15-16]。余蕊等^[17]研究显示,能谱CT在GGN的鉴别诊断中具有较高价值。本研究发现,有效组患者治疗后1个月病灶最大径较治疗前增加,治疗后3、6个月较治疗前1个月逐渐减小,无效组患者治疗后1个月病灶最大径较治疗前增加,治疗后3个月病灶最大径较治疗前1个月减小,治疗后6个月病灶最大径较治疗前3个月增加。分析认为,在MWA治疗后1个月内,由于MWA治疗过程中的热量导致正常肺组织充血水肿,并与原来的病灶混合在一起,会形成更大的新病灶,因此,治疗后1个月病灶最大径会有所增加;伴随炎症被机体缓慢吸收,病灶会在接下来的时间逐渐缩小,因此,可以发现治疗后3、6个月的病灶最大径逐渐减小,而治疗无效的患者病灶最大径会在治疗6个月较治疗前3个月增加,可能是由于病灶进展。与无效组比较,有效组治疗后1、3、6个月的病灶最大径更小,从侧面说明MWA治疗GGN具有良好的疗效。

能谱CT参数IC和NIC可以表示病灶血管化程度,从而反映病灶组织微循环变化^[18]。本研究发现,有效组患者治疗前、治疗后1、3、6个月的IC和NIC比较,差异有统计学意义,治疗后6个月的IC低于治疗前,治疗后1、6个月的NIC低于治疗前。分析其原因,MWA治疗后病灶的血流灌注量下降,导致其血管化程度减轻,而这种变化未能及时转化为病灶形态学的差异,因此,不管病灶最大径增加或减小,IC和NIC都降低。有效组治疗后6个月的病灶最大径更小,同时IC和NIC最低,病灶血管微循环变化与其形态学变化相一致,因此,MWA治疗后6个月评估GGN患者的疗效差异更准确。

综上所述,对于GGN患者,采用MWA治疗后的疗效可以通过能谱CT参数病灶最大径、IC和NIC进行评估,尤其是治疗后6个月的能谱CT参数变化更明显,更具有评估价值。

参考文献

- [1] Liu J, Yang X, Li Y, et al. Predicting the invasiveness of pulmonary adenocarcinomas in pure ground-glass nodules using the nodule diameter: a systematic review, meta-analysis, and validation in an independent cohort [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2024, 14 (2): 147-147.
- [2] Kim C, Kwack T, Kim W, et al. Accuracy of two deep learning-based reconstruction methods compared with an adaptive statistical iterative reconstruction method for solid and ground-glass nodule volumetry on low-dose and ultra-low-dose chest computed tomography: a phantom study [J]. *PLoS One*, 2022, 17 (6): e0270122-e0270122.
- [3] 傅毅立, 张文谦, 陈硕, 等. CT引导经皮与电磁导航引导经支气管微波消融治疗肺磨玻璃结节近期疗效对比 [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101 (33): 2576-2581.
- [4] 朱帆东, 杨晨, 邹佳军, 等. 基于瘤周CT影像学评估肺恶性肿瘤微波消融的早期疗效 [J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42 (8): 1317-1321.
- [5] 彭明, 周芳, 肖新华, 等. 术前能谱CT动脉期碘含量差值联合血清肿瘤标志物, 外周血NLR对胃癌患者淋巴结转移的预测价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21 (9): 154-157.
- [6] 李玉丹, 隋愿, 张丽英, 等. 能谱CT最佳单能量成像结合低碘含量对比剂对肝细胞癌的诊断价值 [J]. *实用癌症杂志*, 2023, 38 (8): 1325-1328.
- [7] Eisenhauer EA, Therasse P, Bogaerts J, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1) [J]. *Eur J Cancer*, 2009, 45 (2): 228-247.
- [8] Wang Z, Zhu W, Lu Z, et al. Invasive adenocarcinoma manifesting as pure ground glass nodule with different size: radiological characteristics differ while prognosis remains the same [J]. *Transl Cancer Res*, 2021, 10 (6): 2755-2766.
- [9] 杨海涛, 冯潇, 王振元. CT引导下穿刺活检联合相同针道微波消融治疗肺癌术后同侧单发恶性倾向肺结节 [J]. *中国介入影像与治疗学*, 2021, 18 (9): 513-516.
- [10] 王进, 李涛, 李剑. 多层螺旋CT在非小细胞肺癌微波消融手术及预后的质量评估与预测研究 [J]. *中国医学装备*, 2022, 19 (7): 49-53.
- [11] 宋鹏远, 庞敏, 安玉姬, 等. 超声辅助人工气胸下近壁层胸膜肺肿瘤微波消融的有效性及其安全性 [J]. *现代肿瘤医学*, 2022, 30 (5): 806-810.
- [12] 王玉璞, 沈晓康, 李康, 等. 磁共振和CT导向下的微波消融技术在肺癌治疗中的应用 [J]. *现代医学*, 2021, 49 (7): 737-741.
- [13] 王凤, 宋虎, 李瑞东, 等. 基于CT的三维数字化导航技术在肺癌介入微波消融治疗中的应用价值 [J]. *中国辐射卫生*, 2022, 31 (4): 477-481, 493.
- [14] 王培成, 官玉, 孙殿敬. CT影像学三维重建穿刺联合消融治疗对肺部肿瘤患者活检率及生活质量的影响 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19 (4): 60-63.
- [15] 余娜, 傅浪舟, 王玉柱, 等. 能谱CT在肺动脉、肺静脉与肺结节融合成像中的应用探讨 [J]. *重庆医科大学学报*, 2019, 44 (10): 1302-1307.
- [16] 钟宇, 周妹, 张立波, 等. 人工智能肺结节筛查系统结合能谱CT比较不同性质肺结节的检测效能 [J]. *中国医科大学学报*, 2023, 52 (7): 624-627.
- [17] 余蕊, 侯金鹏, 倪晓琼, 等. 能谱CT在肺磨玻璃结节鉴别诊断中的应用价值 [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101 (45): 3742-3747.
- [18] 刘斌, 沈健, 万立野, 等. 能谱CT参数变化预测放射及化学治疗中晚期非小细胞肺癌效果 [J]. *中国医学影像技术*, 2023, 39 (9): 1336-1340.

(收稿日期: 2024-08-23)

(校对编辑: 姚丽娜)