

•非血管介入 Non-vascular intervention•

MRI 引导下肺转移癌微波消融治疗 6 例

陈 锦, 林征宇, 林清锋, 严 媛, 林瑞祥, 陈 健

【摘要】 目的 探讨 MRI 引导下微波消融(MWA)治疗肺转移癌的技术可行性。方法 回顾性分析 2016 年 4 月至 2019 年 2 月接受 1.5T MRI 引导下 MWA 治疗单发肺转移癌患者 6 例,其中原发性肝癌转移 5 例,直肠癌转移 1 例,病灶平均长径(1.83 ± 0.95) cm($0.73\sim 3.0$ cm),在 MRI 引导下完成体表定位,穿刺、消融术中监控及天线调整,观察 MWA 术中及术后即刻 MRI 表现及并发症,随访复查判定消融疗效。结果 6 例患者均顺利行 1.5T MRI 引导下肺转移癌 MWA,平均手术时间(65.8 ± 17.0) min($52\sim 96$ min),其中 4 例患者行 MWA 术中 fsFRFSE T2WI 动态扫描,表现为低信号的热凝固性坏死区范围随时间进展逐渐从中央向外周扩大并覆盖高信号原病灶区。术后即刻扫描示消融灶中央呈短 T1 短 T2 信号,周边见等 T1 长 T2 信号带环绕。术后 1 例患者出现中等量液气胸伴肺部感染。术后平均随访时间为(7.67 ± 4.36)个月($2\sim 13$ 个月),随访复查示 5 个肺转移癌完全消融,1 个肺转移癌近血管侧病灶 4 个月后出现局部肿瘤进展。结论 1.5T MRI 引导下 MWA 治疗肺转移癌是一项可行的新技术。

【关键词】 磁共振成像;肺肿瘤;微波消融

中图分类号: R734 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2019)-011-1056-06

Preliminary results of MRI-guided microwave ablation for lung metastases in 6 patients CHEN Jin, LIN Zhengyu, LIN Qingfeng, YAN Yuan, LIN Ruixiang, CHEN Jian. Department of Interventional Radiology, First Affiliated Hospital of Fujian Medical University, Fuzhou, Fujian Province 350000, China
Corresponding author: LIN Zhengyu, E-mail: linsinlan@aliyun.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the technical feasibility of MRI-guided microwave ablation (MWA) in the treatment of lung metastases. **Methods** The clinical data of 6 patients with single lung metastasis, who received 1.5T MRI-guided MWA during the period from April 2016 to February 2019, were retrospectively analyzed. The primary malignant lesions included hepatocellular carcinoma ($n=5$) and rectal cancer ($n=1$). The mean diameter of lesions was (1.83 ± 0.95) cm (range of $0.73\sim 3.0$ cm). Under MRI guidance, the body surface positioning, puncture, ablation monitoring and antenna adjustment were accomplished. MRI findings and complications of during MWA and immediate after MWA were documented, follow-up reexamination was carried out to determine the curative effect of MWA. **Results** Successful 1.5T MRI-guided MWA of lung metastasis was accomplished in all 6 patients. The mean time spent for MWA procedure was (65.8 ± 17.0) min (range of $52\sim 96$ min). During MWA fsFRFSE T2WI dynamic scan was performed in 4 patients, on MRI images the low-signal thermal coagulation necrosis area gradually expanded from the center to the peripheral area of the lesion over time and further covered the previous local high-signal lesion. Immediate postoperative MR scanning revealed that the center of the ablated zone presented as short T1 and short T2 signals surrounded by a ring-like iso-T1 and long-T2 signal zone. After MWA, one patient developed moderate hydropneumothorax associated with pulmonary infection. The average postoperative follow-up time was (7.67 ± 4.36) months ($2\sim 13$ months). Follow-up reexamination showed that 5 lung metastatic lesions achieved complete ablation and one lung metastatic lesion that was located close to blood vessel developed local tumor progression in 4 months after MWA. **Conclusion** For the treatment of lung metastases, 1.5T MRI-guided MWA is a clinically feasible and new technique. (J Intervent Radiol, 2019, 28: 1051-1061)

【Key words】 magnetic resonance imaging; lung neoplasm; microwave ablation

肺部是恶性肿瘤最常见的转移靶器官之一, 30%~40%恶性肿瘤患者在疾病进展阶段出现肺转移^[1]。多项研究表明, 对于肺部 ≤ 3 cm 的寡转移癌行局部有效治疗可延长患者的生存期^[2-3]。局部治疗手段主要以外科手术切除、消融、放疗等^[4-5]。近年来, 影像引导下消融因创伤小、疗效确切、可重复性强的优点, 越来越多应用于肺转移癌治疗^[6]。MRI 引导无电离辐射、软组织分辨率高、任意方位、多参数成像、对温度变化敏感、术后疗效评价较准确, 已成功地应用于肝脏、肾脏、前列腺等肿瘤的消融治疗, 尤其在肝肿瘤消融治疗上显示出较明显的优势^[7-11]。本研究通过回顾性分析我院 6 例 MRI 引导下肺转移癌微波消融(MWA)治疗, 探讨其操作技术及可行性。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 临床资料 回顾性分析 2016 年 4 月至 2019 年 2 月期间于我院行 MRI 引导下肺转移癌 MWA 治疗的 6 例患者, 均为男性, 平均年龄(47 ± 8)岁(34~54 岁), 均为原发灶病理证实或肺部病灶穿刺病理证实为肺转移癌, 其中原发性肝癌转移 5 例, 直肠癌转移 1 例, 均为肺内单发转移灶, 病灶平均长径(1.83 ± 0.95) cm($0.73 \sim 3.0$ cm), 其中 5 例位于右肺上叶, 1 例位于右肺下叶。

纳入标准: ①原发灶稳定或控制良好; ②单发肺转移癌, 最大直径 ≤ 3 cm, 距肺门大气管及血管 > 1 cm; ③无严重肺气肿或肺纤维化; ④凝血酶原活动度 $\geq 40\%$, 血小板 $\geq 50 \times 10^9/L$; ⑤无 MRI 检查禁忌证; ⑥ ECOG 评分 ≤ 2 分。

1.1.2 MRI 设备 使用 1.5 T 双梯度 MRI 扫描仪(GE Signa Infinity Twinspeed, USA)引导 MWA。磁体为封闭式(孔径 60 cm), 使用 Torso 线圈, 线圈带有矩形孔, 利于介入操作。常用的扫描序列及参数: ①脂肪抑制快速翻转快速自旋回波 T2 加权像(fsFRFSE T2WI): 层厚 3.0~5.0 mm、间隔 1.0 mm, 视野 38 cm \times 28 cm, 激励次数 1~2 次, 扫描时间 30~70 s; ②三维动态 T1 加权像(3D Dyn T1WI): 层厚 3.0 mm, 视野 38 cm \times 28 cm, 扫描时间 10~14 s。3D Dyn T1WI 序列采用屏气扫描, fsFRFSE T2WI 序列采用呼吸门控触发扫描。术中连接 MR 兼容监护设备监测患者生命征。

1.1.3 MWA 系统 使用 MWA(MTC-3C, VISON Medical Equipment Co. Nanjing, China)系统, 微波频率为

2450 MHz, 主机行磁屏蔽处理。微波主机放置在磁体间 0.5 mT 线(5 高斯线)以外。MRI 兼容性微波天线(14 G, 15 cm, VISON Medical Equipment Co. Nanjing, China), 内置水冷循环系统。同轴传输电缆长 3 m, 加装扼流线圈, 以免干扰 MR 成像。

1.2 方法

1.2.1 术前准备 所有患者术前 2 周内常规行胸部 CT 平扫+增强, 明确肺转移癌部位、大小、数目及与周边脏器的关系, 初步制定治疗方案。术前常规行相关实验室检查, 排除消融禁忌证。患者及家属签署知情同意书。术前禁食 4 h, 建立静脉通道。术前 30 min 常规肌注盐酸布桂嗪 100 mg。根据肿瘤部位, 体位采用仰卧位或俯卧位, 受封闭式磁体孔径限制, 根据术前预估穿刺入路, 尽量让患者身体移向穿刺对侧, 增加穿刺侧空间利于进针。训练患者呼吸, 嘱患者平静呼吸后屏气, 体表拟穿刺区域粘贴维生素 E 丸定位。

1.2.2 MWA 过程

1.2.2.1 体表定位 先行 fsFRFSE T2WI 行全肺扫描, 再选择 3D Dyn T1WI 序列行靶区域屏气扫描, 确定穿刺路径并行体表穿刺点标记, 同时测量进针角度及深度, 路径需经过部分正常肺实质, 且能穿刺到病灶的最大截面, 无骨骼、较大支气管、血管及其它重要组织结构阻挡。

1.2.2.2 微波天线穿刺 常规消毒、铺巾、局麻, 尖刀片于穿刺点处做一 2 mm 左右皮肤小切口, 扫描线圈套无菌罩。进针时嘱患者平静呼吸后屏气, 可通过呼吸门控辅助判断患者屏气状态是否与扫描时一致。穿刺采用步进式, 微波天线在 MRI 各序列上均呈低信号且伪影较小, 与正常低信号的肺组织缺乏对比, 但穿刺导致的肺组织少量出血在 T2WI 序列上显示为条片状高信号, 与天线低信号形成反差, 因此在穿刺过程中一般采用 fsFRFSE T2WI 监控进针方向及针尖位置, 同时需监控穿刺深度, 扫描方位与天线走行一致, 以更好地显示微波天线全长与肺肿瘤关系。微波天线穿透并超出肺肿瘤 5~10 mm 后, 再次行 fsFRFSE T2WI 及 3D Dyn T1WI 多方位扫描确认天线针尖与肺肿瘤及周围重要组织结构的关系。

1.2.2.3 术中监控及天线调整: 确认布针满意后, 连接微波天线、消融主机及同轴传输电缆, 开启水冷循环, 根据肺转移癌大小设定消融功率及时间进行消融治疗。采用 fs-T2WI(30~50 s, 层厚 3~5 mm)行 MWA 术中动态扫描监控消融灶的 MRI 信号变化、

消融范围及消融天线是否脱靶。如术中监控扫描提示消融灶完全覆盖原瘤灶,范围超出瘤灶边缘 5~10 mm 时考虑完全消融。如术中或术后扫描提示肿瘤残留,则调整微波天线位置,行补充消融。消融完成、撤针后,行全肺 fsFRFSE T2WI 扫描观察是否有并发症。

1.2.3 随访及疗效评价 MWA 术后 1 个月行胸部 CT 平扫+增强扫描,然后每 3 个月复查 1 次,以治疗后 1 个月胸部 CT 情况作为疗效评价基线。具体如下:①完全消融(出现下列表现任何一项):病灶消失;完全形成空洞;病灶纤维化,可为瘢痕;实性结节缩小或无变化,但 CT 扫描无对比剂强化征象;肺不张,肺不张内的病灶 CT 扫描无对比剂强化征象;②不完全消融(出现下列表现任何一项):空洞形成不全,有部分实性或液性成分,且 CT 扫描有对比剂强化;病灶部分纤维化仍存有部分实性成分,且实性部分 CT 扫描有对比剂强化;实性结节,大小无变化或增大,且伴 CT 扫描对比剂有强化征象。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行统计学分析,

计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示,统计平均手术时间、平均消融功率及时间、肿瘤完全消融率等。

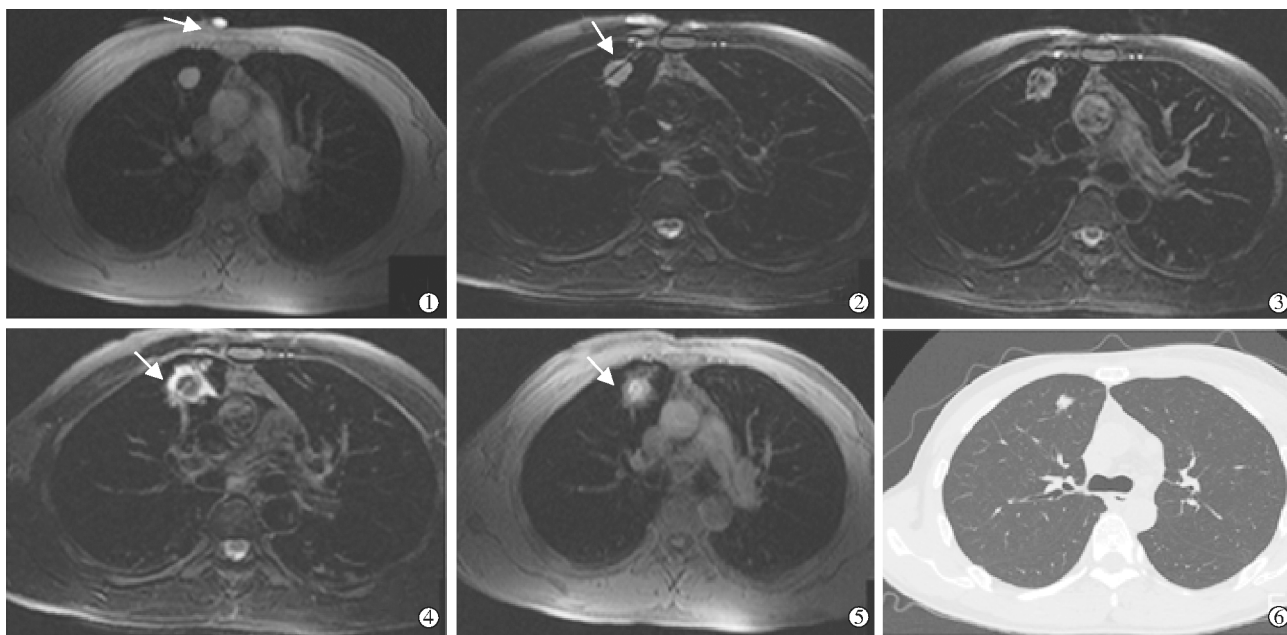
2 结果

2.1 消融前瘤灶 MRI 表现

术前常规 MRI 扫描 5 例肝癌肺转移在 T2WI 上均呈稍高信号(与胸壁肌肉比较),T1WI 上呈等信号;1 例直肠癌右肺下叶转移因病灶凝固性坏死在 T2WI 序列上中央大部分呈低信号,周边见薄环状稍高信号,T1WI 上呈等信号,境界清楚。

2.2 MWA 情况

6 例患者均顺利行 MRI 引导下肺转移癌 MWA,平均手术时间(65.8 ± 17.0) min(52~96 min)。2 个病灶穿刺过程中出现针道周边出血。4 个病灶行单位点消融,2 个病灶行 2 个位点消融,平均消融功率(76.7 ± 8.2) W(70~90 W),平均消融时间(8.67 ± 2.16) min(5~11 min),4 例患者消融术中行 fsFRFSE T2WI 动态扫描,可见低信号的热凝固性坏死区范围随时间进展逐渐从中央向外周扩大并覆盖高信号原病灶区,周边充血水肿的肺组织呈环样高信号改变(图 1)。



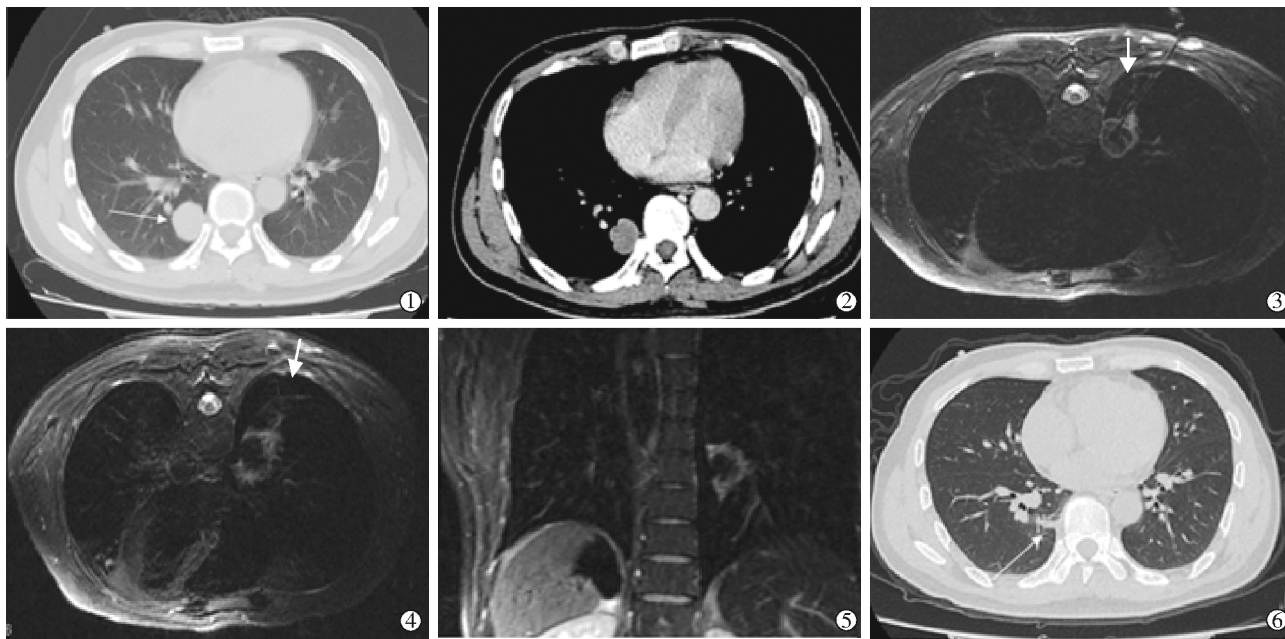
34 岁男性,肝癌综合治疗后右肺单发转移,直径约 1.4 cm。①②右肺上叶转移癌呈等 T1 长 T2 信号,界清,定位用维生素 E 丸呈短 T1 信号。微波天线呈低信号,MRI 引导下微波天线逐步进针穿透病灶;③④MWA 术中 fsFRFSE T2WI 动态扫描示低信号的凝固性坏死区范围随时间进展逐渐从中央向外周扩大并覆盖原高信号病灶区,周边见长 T2 热损伤反应带,未见明显气胸及出血;⑤MWA 后 T1WI 扫描清楚显示消融灶中央呈高信号并覆盖原低信号病灶区,周边见等 T1 热损伤反应带环绕,提示消融完全;⑥1 年后复查 CT 示局部消融灶范围明显缩小、纤维化改变

图 1 MRI 引导下右上肺转移癌 MWA

2.3 MWA 术后即刻 MRI 表现

MWA 后即刻 MRI 扫描示 5 个瘤灶 T2WI 上消融灶中央均呈低信号,原瘤灶高信号区消失,TIWI 上消融灶中央呈高信号改变,原瘤灶等信号区被覆盖,周边可见等 T1 长 T2 的充血水肿带环绕,范围超出原瘤灶区 5~10 mm。4 例中央可见线状长 T1

长 T2 针道影。穿刺后急性出血 MRI 上表现为针道周围片状等 T1 长 T2 信号,可与消融灶中央短 T1 短 T2 凝固性坏死区相鉴别。2 例邻近胸膜病灶消融后可见局部胸膜增厚、T2WI 上信号增高。气胸在 MRI 图像上表现为无信号区,T2WI 上可见略高信号弧线样压缩的脏层胸膜影(图 2)。



48 岁男性,直肠癌术后右下肺转移,直径约 3.0 cm。①术前胸部 CT 示右下肺下叶单发转移癌;②增强扫描呈环形强化;③MRI 引导下微波天线逐步进针达病灶远端,T2WI 扫描右侧胸腔可见少量气胸,局部见弧线样稍长 T2 压缩胸膜影;④⑤MWA 后轴位及冠状位 T2WI 上消融灶中央仍呈短 T2 信号,周边见环状高信号热损伤反应带完全包绕、覆盖,右侧气胸显示清楚,范围较前稍增多;⑥MWA 后 7 个月复查胸部 CT 示局部消融灶呈纤维索条改变

图 2 MRI 引导下右下肺转移癌 MWA

2.4 并发症

3 例术中及术后出现轻-中度胸部疼痛,予止痛对症处理后缓解。1 例少量气胸伴咯血,1 例少量液气胸,予观察及对症处理。1 例术后出现中等量液气胸合并肺部感染,予胸腔置管引流及抗感染治疗后好转。无血胸、大咯血、支气管胸膜瘘、针道种植转移、消融相关死亡等并发症。

2.5 随访及疗效情况

MWA 术后平均随访时间(7.67 ± 4.36)个月(2~13 个月)。随访复查示 5 个肺转移癌完全消融,5 例肿瘤完全消融,1 例肺转移癌近血管侧病灶 4 个月后发现局部肿瘤进展,后续行 ^{125}I 放射性粒子植入治疗。随访过程中无患者死亡。

3 讨论

肺部是大量含气器官,MRI 成像对含气组织表现为信号缺失,MRI 较少作为肺部一线影像学校

查及介入引导方式。Sakarya 等^[12]报道 14 例低场 MRI 引导下肺肿瘤穿刺活检并获得成功,但是由于客观因素的制约,目前国内外关于 MRI 引导下肺肿瘤的介入治疗的报道较少,仍处于探索、起步阶段。

病灶的清楚显示是影像引导下精准消融的首要条件。高场 MRI 平扫能清楚显示肺内大于 1 cm 的实性结节,对于小于 1 cm 的结节或 GGO,MRI 平扫常显示欠清,此时可通过薄层扫描或行 MRI 增强扫描以提高病灶显示能力^[13]。本研究 5 个肺转移癌均为大于 1 cm 的实性结节,在 MRI 平扫序列上均能清楚显示,其中 1 个 0.73 cm 实性结节予行薄层扫描(3 mm)亦可较清楚显示,均未行术中 MRI 增强扫描。另外,本研究在引导肺转移癌穿刺时均采用呼吸门控装置监测患者呼吸,在同一呼吸时相穿刺进针,降低了因呼吸配合欠佳导致反复穿刺,大大提高了穿刺精度,降低了穿刺风险。

多数术者根据个人经验设定 MWA 消融参数,

待消融完成后再行疗效评估。但因肿瘤大小、血供、组织特性、是否邻近大血管等差异,有时相同的消融参数会导致不同的消融结果,存在消融不足或消融过度等现象。MRI 对温度变化敏感,消融后肿瘤含水量变化在 MRI 图像上具有一定特征性^[14-15]。本研究采用的 MWA 系统经过屏蔽、扼流等处理后,可行消融术中动态扫描监控消融过程中 MRI 信号变化,形成个体化的消融参数,避免消融过度或消融不足。

研究表明,MRI 信号表现与组织病理学改变具有较强的相关性^[16-17]。Oyama 等^[18]通过观察正常猪肺组织热消融后 MRI 影像表现,并与消融后病理改变对照分析发现:正常猪肺热消融后消融灶中央区呈等 T1 短 T2 信号改变,周边见长 T2 信号带环绕,对照病理改变提示等 T1 短 T2 信号的中央区范围与病理上的凝固性坏死区一致,周边长 T2 信号带范围与病理上周边肺出血、水肿区一致。陈锦等^[19]通过兔肺 VX2 肿瘤射频消融的 CT-MRI-病理相关性研究中发现,消融后 T2WI 上中央短 T2 低信号区范围、T1WI 上中央短 T1 高信号区范围与病理上的凝固性坏死区范围相对应,MRI 上周边等 T1 长 T2 信号区范围与病理上的外周肺出血、水肿区范围相对应。本研究发现,MRI 上消融灶中央均呈短 T1 短 T2 异常信号区(凝固性坏死区),周边热损伤反应带呈等 T1 长 T2 信号改变。若术后即刻扫描若发现原肿瘤区等 T1 稍长 T2 残留灶或周边长 T2 热损伤反应带范围较窄(<5 mm),可指导术者调整微波天线位置行补充消融。穿刺后急性出血 MRI 表现为针道周围片状等 T1 长 T2 信号,其信号容易与消融灶中央短 T1 短 T2 凝固性坏死区相鉴别,所以合并出血患者可通过中央凝固性坏死区范围大致判断消融边界,较 CT 能更直观、准确评价肿瘤消融范围及反映组织病理学改变。

由于 MRI 成像原理的特殊性,MRI 对气胸显示不如 CT 直观、清楚。气胸在 MRI 各序列图像上均表现为无信号区,T2WI 上可见略高信号弧线样压缩的脏层胸膜影。少量气胸有时在 MRI 图像上不易及时发现,中、大量气胸在 MRI 图像上较容易识别。本研究中 1 例患者消融术中出现少量气胸(3%),消融术后即刻扫描提示气胸范围较前稍有进展(10%),均能较清楚显示。MRI 软组织分辨率高,对于消融术后胸膜、胸壁软组织、邻近骨质及神经等损伤显示能力优于 CT。本研究随访 5 个肺转移癌完全消融,1 个肺转移癌不完全消融,残留原因考虑

为病灶邻近上叶后段支气管血管束产生“热沉效应”影响所致^[20]。

本研究中使用的 MWA 系统由于行主机屏蔽、传输电缆加长及扼流等处理,以及 MRI 兼容性微波天线材料及制作工艺较常规微波天线有所不同,使用的消融参数明显高于常规消融,需在临床使用中注意消融参数的调整以获得满意的消融范围。

本研究存在诸多不足之处:①封闭式磁体孔径较小,对于较胖的患者操作较困难;②MRI 兼容性微波天线伪影较小,有时天线针尖在肺内不易清楚显示;③消融术中动态扫描监控序列时间仍较长,难以达到真正的实时监控;④病例数较少,随访时间短,因此本研究仅对操作技术及可行性进行探索。

总之,MRI 引导下肺转移癌 MWA 技术可行,疗效评价可靠,有望成为引导肺肿瘤消融治疗的新方法。

[参考文献]

- [1] Pastorino U, Buyse M, Friedel G, et al. Long-term results of lung metastasectomy: prognostic analyses based on 5206 cases [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1997, 113: 37-49.
- [2] Healey TT, March BT, Baird G, et al. Microwave ablation for lung neoplasms: a retrospective analysis of long-term results[J]. J Vasc Interv Radiol, 2017, 28: 206-211.
- [3] De Baere T, Auperin A, Deschamps F, et al. Radiofrequency ablation is a valid treatment option for lung metastases: experience in 566 patients with 1037 metastases[J]. Ann Oncol, 2015, 26: 987-991.
- [4] 王东东, 李晓光, 李 彬, 等. 经同轴套管穿刺活检同步微波消融治疗高度可疑恶性肺结节[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 1040-1044.
- [5] Rieber J, Streblow J, Uhlmann L, et al. Stereotactic body radiotherapy (SBRT) for medically inoperable lung metastases: a pooled analysis of the German working group “stereotactic radiotherapy”[J]. Lung Cancer, 2016, 97: 51-58.
- [6] Nour-Eldin NA, Exner S, Al-Subhi M, et al. Ablation therapy of non-colorectal cancer lung metastases: retrospective analysis of tumour response post-laser-induced interstitial thermotherapy (LITT), radiofrequency ablation (RFA) and microwave ablation (MWA)[J]. Int J Hyperthermia, 2017, 33: 820-829.
- [7] Clasen S, Pereira PL. Magnetic resonance guidance for radiofrequency ablation of liver tumors[J]. J Magn Reson Imaging, 2008, 27: 421-433.
- [8] Weiss J, Hoffmann R, Rempp H, et al. Feasibility, efficacy, and safety of percutaneous MR-guided ablation of small(≤ 12 mm) hepatic malignancies[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 49: 374-381.
- [9] Boss A, Rempp HP, Martirosian P, et al. Wide-bore 1.5 Tesla

- MR imagers for guidance and monitoring of radiofrequency ablation of renal cell carcinoma: initial experience on feasibility [J]. Eur Radiol, 2008, 18: 1449-1455.
- [10] Overduin CG, Jenniskens SFM, Sedelaar JPM, et al. Percutaneous MR-guided focal cryoablation for recurrent prostate cancer following radiation therapy: retrospective analysis of iceball margins and outcomes[J]. Eur Radiol, 2017, 27: 4828-4836.
- [11] Lin ZY, Chen J. Treatment of hepatocellular carcinoma adjacent to larger blood vessels using 1.5T MRI - guided percutaneous radiofrequency ablation combined with ^{125}I radioactive seed implantation[J]. Eur J Radiol, 2012, 81: 3079-3083.
- [12] Sakarya ME, Unal O, Ozbay B, et al. MR fluoroscopy-guided transthoracic fine-needle aspiration biopsy: feasibility[J]. Radiology, 2003, 228: 589-592.
- [13] Liu M, Huang J, Xu Y, et al. MR-guided percutaneous biopsy of solitary pulmonary lesions using a 1.0-T open high-field MRI scanner with respiratory gating[J]. Eur Radiol, 2017, 27: 1459-1466.
- [14] 林征宇, 张涛, 胡建平, 等. 1.5 T MR 导向下肝脏恶性肿瘤射频消融治疗技术初探[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44: 1304-1307.
- [15] 林晓南, 林征宇, 缪仙花, 等. 兔肺 VX2 肿瘤微波消融多模态成像实验研究[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 1064-1067.
- [16] Lee JD, Lee JM, Kim SW, et al. MR imaging -histopathologic correlation of radiofrequency thermal ablation lesion in a rabbit liver model: observation during acute and chronic stages[J]. Korean J Radiol, 2001, 2: 151-158.
- [17] Lazebnik RS, Breen MS, Lewin JS, et al. Automatic model-based evaluation of magnetic resonance-guided radio frequency ablation lesions with histological correlation [J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 19: 245-254.
- [18] Oyama Y, Nakamura K, Matsuoka T, et al. Radiofrequency ablated lesion in the normal porcine lung: long-term follow-up with MRI and pathology[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2005, 28: 346-353.
- [19] 陈锦, 林征宇, 吴志斌, 等. 兔肺 VX2 肿瘤射频消融灶与 CT-MRI-病理相关性 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2016, 22: 483-487.
- [20] Yang Q, Qi H, Zhang R, et al. Risk factors for local progression after percutaneous radiofrequency ablation of lung tumors: evaluation based on a review of 147 tumors[J]. J Vasc Interv Radiol, 2017, 28: 481-489.

(收稿日期:2019-05-05)

(本文编辑:俞瑞纲)

欢迎投稿 欢迎订窗 欢迎刊登广告