

## •非血管介入 Non-vascular intervention•

## 3.0T 闭合式大孔径 MR 引导下肝癌微波消融 15 例

焦德超, 王朝艳, 李兆南, 田川, 张全会, 韩新巍

**【摘要】目的** 探讨 3.0T 闭合式大孔径 MR 引导原发性肝癌微波消融的可行性和有效性。**方法** 回顾性分析 15 例原发性肝癌患者(24 个病灶)采用 3.0T 闭合式大孔径 MR 引导行微波消融术。记录病灶大小、扫描序列、消融参数、并发症,比较术前、术后 2 个月生化指标和甲胎蛋白(AFP),采用 mRECIST 评价肿瘤局部消融情况。**结果** 肿瘤最大径均值 2.6 cm,扫描序列 T1 Vibe fs 16 s, T2 haste fs 16 s。单病灶平均功率/时间: 62.0 W/14.8 min。次要并发症发生率 20%,无大出血、感染、胆瘘、肝功能衰竭等主要并发症。术前术后 2 个月血常规、肾功能无明显变化( $P>0.05$ ),甲胎蛋白明显下降,  $(944.9 \pm 602.0) \mu\text{g/L}$  比  $(40.2 \pm 37.1) \mu\text{g/L}$ , 差异有统计学意义( $P<0.05$ )。病灶评价完全缓解率(CR)95.8%(23/24),部分缓解率(PR)4.2%(1/24),局部控制率(LCR)100%。**结论** 3.0T 闭合式大孔径 MR 引导下肝癌微波消融术安全可行有效。

**【关键词】** 磁共振; 介入治疗; 原发性肝癌; 微波消融

中图分类号: R735.7 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2021)-11-1128-05

**3.0T closed wide-bore MR-guided microwave ablation for hepatocellular carcinoma: preliminary experience in 15 cases** JIAO Dechao, WANG Chaoyan, LI Zhaonan, TIAN Chuan, ZHANG Quanhui, HAN Xinwei. Department of Interventional Radiology, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan Province 450052, China

Corresponding author: HAN Xinwei, E-mail: 13592583911@163.com

**【Abstract】Objective** To investigate the feasibility and effectiveness of 3.0T closed wide-bore MR-guided microwave ablation(MWA) in treating hepatocellular carcinoma(HCC). **Methods** The clinical data of 15 patients with HCC(24 lesions in total), who received MWA under 3.0T closed wide-bore MR guidance, were retrospectively analyzed. The lesion size, scan sequence, ablation parameters(power and time) and complications were recorded. The pre-MWA and post-MWA 2-month alpha-fetoprotein(AFP) levels were compared. Modified response evaluation criteria in solid tumor(mRECIST) was used to evaluate local tumor response. **Results** The average maximum diameter of tumors was 2.6 cm. The scan sequences of T1 Vibe fs and T2 haste fs were adopted. The scanning time was 16 s for both scan sequences. The average power/time used for single lesion was 62.0 W/14.8 min. The incidence of minor complications was 20%. No serious complications such as massive haemorrhage, infection, biliary fistula, liver failure, etc. occurred. The post-MWA 2-month blood routine test, liver function and kidney function showed no obvious changes when compared with pre-MWA ones. The post-MWA 2-month AFP level was strikingly decreased when compared with pre-MWA one  $(40.2 \pm 37.1$  versus  $944.9 \pm 602.0$ ), and the difference was statistically significant( $P<0.05$ ). After MWA, 95.8%(23/24) of HCC lesions achieved complete remission(CR) and 4.2%(1/24) of HCC lesions achieved partial remission(CR), the local control rate(LCR) of HCC was 100%. **Conclusion** For the treatment of HCC, 3.0T closed wide-bore MR-guided MWA is safe, feasible and effective. (J Intervent Radiol, 2021, 30: 1128-1132)

**【Key words】** magnetic resonance; interventional treatment; hepatocellular carcinoma; microwave ablation

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2021.11.010

基金项目: 河南省卫生健康委省部共建青年项目(SB201902014)、河南省医学科技攻关计划项目(2018020117)

作者单位: 450052 郑州大学第一附属医院介入科(焦德超、李兆南、田川、张全会、韩新巍)、术中磁共振中心(王朝艳)

通信作者: 韩新巍 E-mail: 13592583911@163.com

消融治疗已成为 $\leq 3$  cm 肝癌的首选根治性微创手段,远期疗效与外科治疗相当<sup>[1]</sup>。目前临床上主要消融导向手段为超声(US)或 CT。但两种影像均有劣势,US 对肝硬化背景下小病灶显示欠佳,尤其是靠近膈肌、肠管和肝门病变;CT 导向存在电离辐射损伤且对消融范围判断欠佳<sup>[2]</sup>。而磁共振(MR)具有无电离辐射损伤、软组织分辨率高、快速多平面成像等优点<sup>[3]</sup>。本团队 2019 年 10 月开展 3.0T 闭合式大孔径(孔径 70 cm)MR 引导下肝癌 MWA 术,疗效确切,现报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 临床资料:2019 年 10 月至 2020 年 2 月,15 例原发性肝癌患者(13 例初诊,2 例切除后复发)共 24 个病灶采用 3.0T 闭合式大孔径 MR 引导下微波消融术。其中 S4 段 7 个,S6 和 S8 段各 5 个,S3 段 4 个,S7 段 2 个,S5 段 1 个。入选标准:①符合中国临床肿瘤学会《原发性肝癌诊疗指南-2018》标准<sup>[4]</sup>;②拒绝或存在切除手术禁忌证者;③肿瘤最大径 $\leq 5$  cm 且病灶数 $\leq 3$  个;④无门脉侵犯;⑤Child-Pugh 分级 A 或 B;⑥患者 ECOG 评分 $\leq 2$  分。排除标准:①肝良性病变;②不可控腹水;③严重凝血功能障碍,PLT $\leq 30 \times 10^9/L$  或 PT $\geq 25$  s;④合并门静脉癌栓;⑤肿瘤最大径 $> 5$  cm 或病灶数 $> 3$  个;⑥幽闭恐惧症或存在磁共振扫描相关禁忌证者。

1.1.2 仪器:MR 扫描仪为 Magenotom Verio 3.0T 大孔径(70cm)磁共振(Siemens,德国),T1 扫描序列为 T1\_Vibe\_fs,参数为:TR 3.92 ms,TE 1.43 ms,FA 9°,层厚 3.3 mm,FOV 380 $\times$ 280 mm。T2 扫描序列为 T2\_haste\_fs,参数为:TR 1 000 ms,TE 106 ms,FA 180°,层厚 4.5 mm,FOV 380 $\times$ 280 mm,两者采用屏气扫描,时间 16 s。监护系统为美国 Invivo MR 兼容心电图监护仪。微波发生器为 ECO-100E 磁共振兼容微波治疗仪(国械注标:20173251268,南京亿高微波系统工程技术有限公司),电压 220 V,频率 50 Hz,输出功率 0~100 W 可调节,微波刀规格 1.8 mm $\times$ 150 mm(型号 ECO-100AI13),微波能量传输线长度为 3.5 m。

### 1.2 方法

1.2.1 术前准备:所有患者术前 3 d 内完成血常规、电解质、肝肾功能、凝血功能、心肺功能检查和传染病 4 项,术前 1 周之内的增强 CT 或 MR,完成临床/病理学诊断,签署知情同意书,若病灶直径 $\geq 3$  cm,术前 2~4 周内行肝动脉化疗栓塞(TACE),以降低消融

热沉效应,提高消融效率<sup>[5]</sup>。

1.2.2 消融过程:术前 4~6 h 禁食水,建静脉通路,常规心电图监护。根据病灶所在肝叶和穿刺计划路径制定手术体位,体表放置定位鱼肝油矩阵定位。右美托咪定 0.5  $\mu$ g/kg 和地佐辛 10 mg 联合静脉麻醉,若患者(尤其是膈顶部小病灶)无法配合呼吸,可行插管全麻。先行 T1WI 和 T2WI 扫描定位肝内病灶,穿刺点消毒铺巾,2%利多卡因局麻,根据 MR 显示病灶位置,刺入 16 GMWA 针,采用分步进针法<sup>[6]</sup>,并多次扫描确定针尖位置。刺中病灶后,根据病灶大小选择消融参数,术中水冷循环系统降低针杆温度,若病灶 $\leq 2.5$  cm,建议一次完成消融;若病灶 $> 2.5$  cm,建议采用重叠消融法,消融满意均为 T1WI 上高信号环覆盖中央低信号肿瘤至少 5 mm 以上(称之靶征),完成消融后 5~8 min 行 T1WI 扫描评价消融效果,满意后停止微波治疗,针道消融后拔针。停静脉麻醉,返回病房,并给予保肝、抑酸对症治疗。

1.2.3 疗效评价:对比术前及术后 2 个月生化指标(白细胞、红细胞、血小板、丙氨酸转氨酶、天冬氨酸转氨酶、胆红素、肌酐和尿素氮)和甲胎蛋白(AFP);术后 2 个月行 3.0 T 肝脏 MR 平扫+动态增强或 64 排肝脏平扫+增强 CT,采用 mRECIST 评价肿瘤局部情况<sup>[7]</sup>。局部控制率(LCR)=完全缓解(CR)+部分缓解(PR)。

### 1.3 统计学分析

连续性资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,术前术后连续性资料行正态性检验并进行配对  $t$  检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 治疗经过

15 例患者中 6 例接受了消融前辅助性 TACE 治疗(阿霉素 10 mg + 碘化油 10 mL),13 例静脉麻醉完成,2 例因拼气配合度差接受气管插管全麻。24 个病灶均顺利完成穿刺和消融治疗,技术成功率 100%。单病灶平均消融功率、平均消融时间见表 1,平均消融次数为(1.7 $\pm$ 0.7)次(范围 1~3 次)。术前及术后 2 月生化指标见表 2。

### 2.2 MRI 表现及病灶评价

微波刀在 T1 和 T2 上均表现为低信号,微波刀辐射头端(长度 1.6 cm)显影较针杆纤细。消融后 T1WI 上病灶呈低信号,消融灶表现为明显高信号,两者对比鲜明呈同心圆状(称之“靶征”)。T2WI 消融区呈低信号,周围见高信号水肿带。23 个病灶一

表 1 患者一般资料

参数	数值
性别(男/女)/n	13/2
年龄/岁	55.0±8.2(39~68)
肝硬化(是/否)/n	12/3
Child 分级(A/B)/n	14/1
肝炎(乙肝/丙肝)/n	13/2
病灶最大直径/cm	2.6±1.0(0.7~4.1)
甲胎蛋白( $\leq 200 / > 200$ $\mu\text{g/L}$ )/n	6/9
ECOG 评分(0/1/2)/n	8/6/1
穿刺时间/min	13.5±5.8(6.9~23.4)
消融时间/min	14.8±4.7(8~26)
手术总时间/min	53.8±17.9(29~82)
消融功率/w	62.0±6.5(50~70)
住院时间/d	7.1±2.6(4~12)
技术成功率/n(%)	24(100)
并发症(主要/次要)/n	0/3
消融评价(CR/PR)/n	23/1
局部控制率(CR+PR)/n(%)	24(100)

ECOG:东部肿瘤协作组

表 2 15 例患者相关生化指标术前及术后比较  $\bar{x} \pm s$ 

指标	术前	术后	t 值	P 值
白细胞( $\times 10^9/\text{L}$ )	4.0±1.6	4.9±1.8	-1.53	0.15
血小板( $\times 10^9/\text{L}$ )	109.1±38.4	100.1±34.4	0.75	0.46
血红蛋白(g/L)	129.3±19.6	127.5±17.9	0.29	0.78
丙氨酸转氨酶(U/L)	38.4±3.9	39.1±8.0	-0.76	0.46
天冬氨酸转氨酶(U/L)	40.1±3.5	40.8±4.3	-0.45	0.66
总胆红素( $\mu\text{mol/L}$ )	19.8±6.4	20.0±5.3	-0.10	0.92
肌酐( $\mu\text{mol/L}$ )	66.6±10.8	66.7±10.6	-0.03	0.97
尿素氮(mmol/L)	4.9±1.2	4.8±0.9	0.31	0.76
甲胎蛋白( $\mu\text{g/L}$ )	944.9±602.0	40.2±37.1	-2.4	0.03

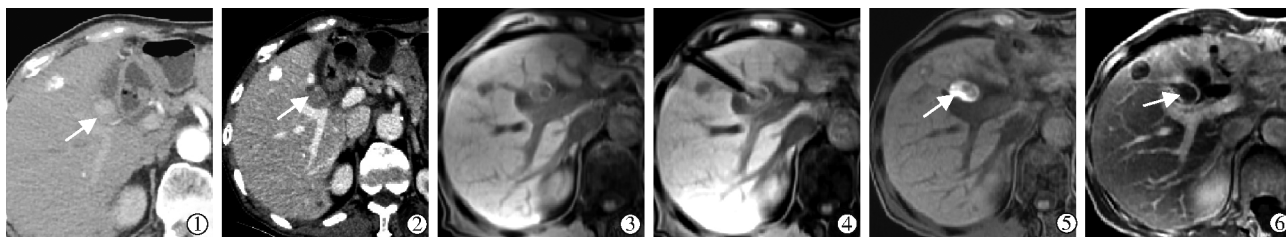
次性完成准确消融,2 个月后增强 CT 或 MR 显示病灶完全去血管化,1 处病灶(S7 段,3.6 cm)靠近门脉区局部病变强化,评价 PR,局控率 100%。随访 4.2 个月(2.0~6.3 个月),所有患者均存活。有 2 例患者出现肝外转移,图 1、2。

### 2.3 并发症

3 例患者发生次要并发症。术后即刻 1 例出现包膜下出血(5~10 mL),嘱咐患者严格卧床休息,未予特殊处理;术后 2 例患者深吸气后肝区疼痛较重,彩超发现右侧反应性胸腔积液<100 mL,嘱患者深呼吸,3~5 d 后症状明显缓解。未见大出血、肝脓肿、胆汁湖、膈肌穿孔、黄疸等主要并发症。

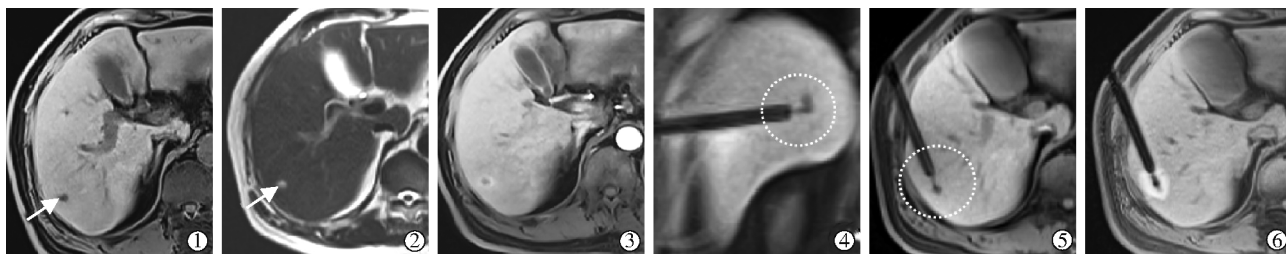
### 3 讨论

消融治疗的技术要求是精细定位、精准穿刺、精确评价<sup>[8]</sup>。目前最常用的导向设备是 US 和 CT,US 引导方便快捷、实时导航、无电离辐射、多层面成像,但易受气体、骨骼影响,且消融后局部气泡会干扰判断坏死范围;CT 引导简单方便、适应证广、成像速度快、软组织分辨率高,但存在电离辐射、无法实时导航、消融范围判断欠佳。尽管术中增强 CT 或超声造影可以实现准确消融范围评估,但增加操作步骤和费用<sup>[9]</sup>。MR 在肝脏肿瘤,尤其是小肝癌的定位、穿刺和消融评价中都可以发挥很大的技术优势:①对于小肝癌( $\leq 2$  cm)而言,仅有 60.5%的病灶出现典型的“快进快出”<sup>[10]</sup>,而 MR 有极高的软组织



①②③术前增强 CT 和 MR 平扫可见小肝癌,直径 1.5 cm;④⑤3.0T MR 引导下肝癌 MWA 术示意图,微波刀刺入肿瘤并完成消融治疗;⑥消融后 T1WI 可见明显靶征,中央低信号区为肿瘤;⑦术后 2 个月增强 MR 显示病灶无强化,评价 CR

图 1 患者男性,55 岁,乙肝合并 S4 段原发性肝癌,AFP:1 009  $\mu\text{g/mL}$



①②③术前 T1、T2、增强 MR 显示 S7 段小肝癌(直径 0.7 cm);④⑤术中冠状位和横断位显示微波刀刺入肿瘤;⑥消融后即刻显示高信号消融区完全覆盖肿瘤,可见明显靶征,中央低信号区为肿瘤

图 2 患者男性,62 岁,AFP:83.4  $\mu\text{g/L}$  临床诊断小肝癌



分辨率,有 T1WI、T2WI、DWI 等多个序列,还可以使用特异性肝癌对比剂普美显,提高诊断的灵敏度和特异度,进而准确定位肝癌;②MR 无气体和骨骼伪影、电离辐射,可以实现任意角度成像,能够为非共面间接穿刺,尤其是膈下病灶穿刺提供更好的技术支持;③MR T1 平扫上(无需增强)可精准判断坏死范围,这对消融的即刻评价拥有较高的临床指导价值<sup>[11]</sup>。

但由于高场强磁兼容相关设备和器械的发展滞后,加之国内医疗资源缺乏等现实问题,MR 导向下介入发展相对缓慢。2002 年, Morikawa 等<sup>[12]</sup>首次报道 30 例患者采用 0.5T 开放式 MR 引导下肝转移瘤 MWA,技术成功率 100%,未见并发症,但当时微波发生仪磁兼容性研发不成熟,设备需要放置到 MR 手术间外,传输天线热损大,操作复杂,消融范围小且呈长椭球形不符合肿瘤生物学行为,成像质量差,之后多家研究中心报道 0.5~1.0T 开放式 MR 引导下消融,尽管操作稍繁,但 MR 在 T1WI 上明确的“靶征”对消融坏死范围的判断较常规 US 和 CT 具有明显的优势<sup>[13-17]</sup>。伴随磁兼容器械和 MR 大孔径设备发展,1.5T 以上高场强闭合式 MR 引导下消融治疗成为可能。2010 年,林征宇等<sup>[18]</sup>报道了 1.5T 闭合式(孔径 65 cm)MR 引导下肝肿瘤 RFA 治疗 44 个肝脏恶性肿瘤,局部完全消融率达 100%,但射频发生器会对磁场信号造成干扰,且由于 MR 操作孔径 65 cm,过度肥胖的患者操作受限。2016 年, Hoffmann 等<sup>[19]</sup>报道了 1.5T 高场强 MR 引导下 18 个肝恶性肿瘤的消融治疗,结果显示 1.54 cm 的肿瘤可以一次消融达到根治,进一步证实高场强 MR 下消融的可行性和安全性。理论上,3.0T MR 拥有更快的成像速度,本研究的 T1 Vibe 快速序列扫描时间 16 s,图像清晰,为手术提供更好更快的导向;其次,场强越高,软组织分辨率越高,磁敏感性更强,病灶和正常组织显示更清楚。本研究采用的 MR 为大孔径 70 cm,为肥胖患者提供了更大的穿刺操作空间,当然高场强也为磁兼容微波刀提出更高的要求。

本研究显示,直径为 2.6 cm 的肝癌一次性 MWA 率达 95.9%,无主要并发症,技术成功率 100%,初步验证了该方案的安全性和可行性。MR 导向消融的核心优势在于精确的消融范围评估,T1WI 消融灶呈明显的高信号,与中央低信号肿瘤形成鲜明的靶征。靶征的本质是瘤周正常肝组织消融后肝窦扩张充血,红细胞因热损伤破裂,血红蛋白逸出,T1 表现

为高信号环,临床实践中发现,刚消融后即刻进行 T1 平扫,高信号环并不明显,5~8 min 后会形成一个明确和稳定消融高信号环,并与中央的低信号肿瘤形成明显对比,可能与消融周围肝窦充血水肿带更加明显和稳定有关。动物实验和其他临床研究均证实依靠靶征判断消融范围安全可靠<sup>[20-22]</sup>。为进一步增大消融范围和缩短消融时间,对于≥3 cm 肝癌仍然推荐术前行辅助性 TACE 治疗,这样可以降低肿瘤内血流,提高消融效率<sup>[23]</sup>,获得更大的消融范围。

尽管 MR 导向消融治疗仍面临很多困难,诸如扫描时间长,磁兼容器械稍贵,不适合闭气配合较差者,MR 介入手术室建设周期长、要求高,对患者有较高要求,比如禁忌体内铁植入物和恐惧症者进入手术室等。对大部分三级医院而言,院内长期的影像医疗资源掌控和分配问题等具体困难仍需进一步克服。本研究证明 3.0T 闭合式大孔径 MR 引导下肝癌微波消融术安全可行有效。

#### [参 考 文 献]

- [1] 李成利. 磁共振介入应用与前景[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28: 1017-1019.
- [2] 范卫君, 韩 玥. 肿瘤消融治疗技术管理规范及临床应用质量控制指标专家解读[J]. 中华医学杂志, 2017, 97: 2404-2406.
- [3] 中国医药教育协会介入微创治疗专业委员会, 国家肿瘤微创治疗产业技术创新战略联盟磁共振介入专业委员会. 高场强磁共振引导下经皮穿刺肺活检专家共识[J]. 中华医学杂志, 2018, 98: 3659-3665.
- [4] 中国临床肿瘤学会指南工作委员会组织. 中国临床肿瘤学会(CSCO)原发性肝癌诊疗指南-2018.V1[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [5] Jiao DC, Han XW, Wu G, et al. 3D CACT-assisted radiofrequency ablation following transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: early experience[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2015, 16: 7897-7903.
- [6] 国家肿瘤微创治疗产业技术创新战略联盟专家委员会, 中国医师协会介入医师分会消融治疗专家工作指导委员会, 北京医师协会介入医师分会. 影像引导肝脏肿瘤热消融治疗技术临床规范化应用专家共识[J]. 中华医学杂志, 2017, 97: 2420-2424.
- [7] Llovet JM, Lencioni R. mRECIST for HCC: performance and novel refinements[J]. J Hepatol, 2020, 72: 288-306.
- [8] 周进学, 展翔宇, 李庆军, 等. 人工腹水辅助超声引导邻近胃肠道肝脏肿瘤射频消融术[J]. 中华肝胆外科杂志, 2018, 24: 9-12.
- [9] 魏颖恬, 肖越勇, 亚洲冷冻治疗学会. 影像学引导肺癌冷冻消融治疗专家共识 2018 版[J]. 中国介入影像与治疗学, 2018, 15: 259-263.
- [10] Di Martino M, Anzidei M, Zaccagna F, et al. Qualitative analysis of small(≤2 cm) regenerative nodules, dysplastic nodules and

- well-differentiated HCCs with gadoxetic acid MRI[J]. BMC Med Imaging, 2016, 16: 62.
- [11] 张宏霞,黎金葵,王梦书,等. 磁共振成像技术在肝细胞肝癌的研究进展[J]. 中华肝脏病杂志, 2019, 27:153-156.
- [12] Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, et al. MR-guided microwave thermocoagulation therapy of liver tumors: initial clinical experiences using a 0.5 T open MR system[J]. J Magn Reson Imaging, 2002, 16: 576-583.
- [13] Morikawa S, Inubushi T, Kurumi Y, et al. Feasibility of respiratory triggering for MR-guided microwave ablation of liver tumors under general anesthesia[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2004, 27:370-373.
- [14] Abe H, Kurumi Y, Naka S, et al. Open-configuration MR-guided microwave thermocoagulation therapy for metastatic liver tumors from breast cancer[J]. Breast Cancer, 2005, 12: 26-31.
- [15] Murakami K, Naka S, Shiomi H, et al. Initial experiences with MR image-guided laparoscopic microwave coagulation therapy for hepatic tumors[J]. Surg Today, 2015, 45: 1173-1178.
- [16] Rüdiger H, Rempp H, Frank E, et al. In vitro artefact assessment of a new MR-compatible microwave antenna and a standard MR-compatible radiofrequency ablation electrode for tumour ablation[J]. Eur Radiol, 2016, 26: 771-779.
- [17] Lin Z, Chen J, Yan Y, et al. Microwave ablation of hepatic malignant tumors using 1.5T MRI guidance and monitoring: feasibility and preliminary clinical experience[J]. Int J Hyperthermia, 2019, 36: 1216-1222.
- [18] 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.
- [19] Hoffmann R, Rempp H, KeBler DE, et al. MR-guided microwave ablation in hepatic tumours: initial results in clinical routine[J]. Eur Radiol, 2017, 27: 1467-1476.
- [20] 林昭旺,林征宇,陈锦,等. 兔肝 VX2 肿瘤射频消融后即时 MRI 与病理相关性[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28:1076-1080.
- [21] 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.
- [22] 贾振宇,陈奇峰,吴文涛,等. 肝脏肿瘤微波消融后 MRI 信号演变解读[J]. 介入放射学杂志, 2017, 26:324-328.
- [23] 张源,翟博. 大肝癌的微创介入治疗[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28:394-399.
- (收稿日期:2020-06-01)  
(本文编辑:俞瑞纲)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告