

## •非血管介入 Non-vascular intervention•

## 微波高功率条件下消融原发性肝癌的初步研究

李晓峰, 钱国军, 张磊, 沈强, 王能, 盛月红

【摘要】目的 探讨 2 450 MHz 水冷微波在高输出功率下热疗肝癌的安全性、近期疗效及术后肿瘤短期复发的危险因素。方法 对 93 例未行其他治疗的原发性肝癌患者 106 个肿瘤首次行微波高功率 (100 W) 消融, 肿瘤直径为 1.0 ~ 5.85 cm。观察手术前后肝功能变化、临床症状及随访指标评价疗效, 并用单因素分析肝癌复发的相关因素。结果 微波消融后 1 个月行增强 CT 或 MRI 检查示病灶完全灭活率为 98.11% (104/106)。所有病灶均 1 次穿刺成功, 消融时间为 2 ~ 10 min。手术前后肝功能变化明显 ( $P < 0.05$ )。全组术中无皮肤灼伤、死亡病例; 胆漏 1 例, 胸腔积液 1 例。患者 1 年生存率为 94.6% (88/93)。单因素分析示肿瘤复发与肿瘤数目有关。结论 2 450 MHz 水冷微波高功率下消融肝脏肿瘤安全、高效, 并发症少; 肿瘤数目是术后复发的危险因素。

【关键词】肝细胞癌; 微波消融; 高功率; 危险因素

中图分类号: R735.7 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2011)-12-0974-05

**Microwave ablation with high output power for the treatment of hepatocellular carcinoma: a preliminary study** LI Xiao-feng, QIAN Guo-jun, ZHANG Lei, SHEN Qiang, WANG Neng, SHENG Yue-hong. School of Clinical Medicine, Soochow University, Suzhou 215006, China.

Corresponding author: QIAN Guo-jun, E-mail: qgjs@sina.com

【Abstract】Objective To assess the safety and efficacy of 2450 MHz microwave ablation with high output in treating hepatocellular carcinoma (HCC) and to clarify the risk factors causing recurrence. Methods A total of 93 patients with HCC, who had not received any treatment before percutaneous microwave coagulation therapy, were enrolled in this study. All the patients received microwave ablation by using high output power (100 W) via percutaneous approach. The procedure was carried out for a total of 106 lesions with the diameter of (1.0 - 5.85) cm. The hepatic function changes, the clinical symptoms and the follow-up index for short-term therapeutic efficacy evaluation were recorded. The factors related to HCC recurrence were analyzed by using single factor analysis method. Results The contrast enhanced CT or MRI was performed one month after microwave ablation. The complete ablation rate was 98.11% (104/106). All the lesions were successfully punctured by a single manipulation, and the ablation procedure took 2 - 10 minutes. After the microwave ablation the patients' hepatic function was significantly different from that determined before the ablation ( $P < 0.05$ ). No skin burn or death occurred. Sever complications developed in two patients, including biliary fistula ( $n = 1$ ) and pleural effusion ( $n = 1$ ). The one-year survival rate was 94.6% (88/93). Single factor analysis showed that a positive correlation existed between the lesion's number and early recurrence. Conclusion With an internally cooled antenna device, 2 450 MHz MW ablation with high output power appears to be a safe and effective treatment with fewer complications for patients with HCC. The number of tumor lesions is an important risk factor causing postoperative HCC recurrence. (J Intervent Radiol, 2011, 20: 974-978)

【Key words】hepatocellular carcinoma; microwave ablation; high output power; risk factor

肝癌是全球常见的恶性肿瘤, 手术切除一直是治疗肝癌的标准方法, 然而许多患者由于肝功能较

差或其他原因而无法进行手术切除治疗。近年来, 局部微创消融术发展迅速, 主要包括射频、微波、激光、超声波及冷冻治疗等方法。其中微波消融是一种有效的微创方法<sup>[1]</sup>, 其原理主要通过温度改变使细胞内蛋白质、核酸变性而使细胞坏死。研究表明,

作者单位: 215006 苏州大学临床医学院(李晓峰); 上海东方肝胆外科医院微创一科(钱国军、张磊、沈强、王能、盛月红)

通信作者: 钱国军 E-mail: qgjs@sina.com

高功率短时间条件下在活体肝上的消融范围较离体肝脏消融范围大( $P < 0.01$ ), 消融的等圆率(短轴/长轴)也随着功率的增加而增大<sup>[2]</sup>。与射频不同, 微波的有效热消融区域大, 消融过程中基本不受组织电阻率和炭化的影响<sup>[3]</sup>。高功率短时间消融鉴于微波消融针材料及消融过程中针道过热的局限性, 消融区过热不仅会使消融针尖端融化, 而且会增加皮肤灼伤的危险, 故临床上常用的微波功率多数在 60 W 以下。非水冷微波针杆温高达 90℃ 甚至更高, 而水冷微波针杆温低于 20℃<sup>[4]</sup>。近年来, 随着水冷微波及微波消融针材料的改进, 高功率消融在技术上较为成熟。现对我院部分高功率消融的病例疗效总结如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 临床资料

2009 年 3 月-2010 年 6 月在上海东方肝胆外科医院就诊的且行微波消融的患者中, 选择符合纳入标准的共 93 例原发性肝细胞癌(HCC)患者进行回顾性研究。其中男 86 例, 女 7 例, 年龄为 29 ~ 95 岁, 平均 55 岁。病例选择以肿瘤最大直径  $\leq 6.0$  cm; 数目少于或等于 3 枚, 最大直径小于 3.0 cm, 且无肝内血管、胆管主要分支及下腔静脉侵犯及其他部位转移, 本组患者均有慢性乙型肝炎或丙型肝炎背景。91 例患者肝脏 MRI 或 CT 均呈“快进快出”典型表现, 且占位均大于 1 cm, 2 例影像学表现不明显遂行经皮肝穿刺活检, 病理证实为 HCC。本组 HCC 诊断符合 2011 年美国国立综合癌症网络(NCCN)肝癌临床实践指南的 HCC 临床诊断标准及美国肝病研究学会(AASLD)关于 HCC 临床诊断标准<sup>[5]</sup>。93 例患者中共有 106 个肿瘤(最大直径范围为 1.0 ~ 5.85 cm), 93 个肿瘤位于右叶, 13 个肿瘤位于左叶, 其中靠近膈肌、肝门、胆囊、包膜下、血管肿瘤个数分别为 7、4、4、10、2; 单发肿瘤患者 82 例, 多发肿瘤患者 11 例; 甲胎蛋白升高者( $> 20 \mu\text{g/L}$ ) 58 例, 正常者 35 例; 肝功能 Child-Pugh A 级 86 例, B 级 7 例; 所有患者均为 HCC 并首次行微波消融治疗, 且患者术前均签署知情同意书同意微波治疗。

### 1.2 仪器

1.2.1 微波仪 采用南京庆海微波研究所研制的 MTC-3C 型微波治疗仪, 微波频率 2450 MHz, 输出功率为 10 ~ 100 W 连续可调, 低损耗同轴电缆传输与硬质微波辐射天线相连, 天线表面经防黏处理, 天线直径 1.7 mm, 长 180 mm。配用天利流体

动泵作为水循环动力泵, 冷却用水为室温生理盐水(20 ~ 22℃)。

1.2.2 彩超仪 采用开立超声 5500, 探头频率为 2.5 ~ 5.0 MHz 普通超声探头, 手术时用一次性医用薄膜包裹探头。

### 1.3 方法

1.3.1 麻醉方法 采用局部麻醉(2%利多卡因) + 静脉(曲马多)止痛, 术中密切监测生命体征。

1.3.2 治疗方法 术前常规检查血、尿常规, 凝血功能, 肝、肾功能, 肝炎病毒标志, 甲胎蛋白及 X 线胸片和心电图, 血小板低于  $45 \times 10^9/\text{L}$  需输血小板; 并根据超声、增强 CT 或 MRI 等影像学检查, 了解肿瘤大小、部位、数目及血供情况, 制订治疗方案, 做好术前准备, 有严重合并症者做适当的相应处理。对  $\leq 2$  cm 的肿瘤行 1 点次治疗, 对  $\geq 3$  cm 的肿瘤根据肿瘤的形状、大小及位置制订 2 点穿刺治疗的方案。具体方法为在超声经皮引导下穿刺置入微波辐射天线并接通循环水内冷却系统及微波输出系统, 功率固定为 100 W, 根据需要调整微波作用时间。治疗结束后, 拔除微波消融针, 术区加压包扎, 术后给予奥硝唑、头孢呋辛钠预防感染, 给予醋酸去氨加压素止血、保肝治疗。

### 1.4 疗效判断及随访

全组患者术后均行影像学 and 实验室检查, 治疗后 48 ~ 72 h 内做增强 CT 检查判断疗效, 消融区域为低密度且无增强者定为肿瘤完全消融, 有局部增强者定为局部残留。术后 4 ~ 6 周行增强 CT 或 MRI 和血清学肿瘤标志物检查判断疗效, 其后每 2 ~ 3 个月复查超声或超声造影及肿瘤标志, 每 6 个月复查增强 CT, 若原消融病灶或其周围 2 cm 内重新出现增强、体积增大或出现与原病灶相连的新病灶诊断为局部进展; 若发生在肝脏其他部位则定义为新发灶。

### 1.5 统计学方法

采用均数  $\pm$  标准差表示计量指标, 应用 SPSS 16.0 统计软件进行分析, 自身配对计量资料采用配对  $t$  检验; 单因素分析中计量资料比较采用  $t$  检验, 计数资料比较采用卡方检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

全组微波输出功率均设为 100 W (肿瘤小于 3 cm 的行单针消融, 肿瘤超过 3 cm 实行两针同时消融), 消融时间为 2 ~ 10 min。93 例患者共进行 95

例次消融,其中 2 例患者术后 4 周复查肝脏增强 CT 示肿瘤边缘部分充盈,遂行 2 例次补充消融治疗。

## 2.1 胆红素、转氨酶、白蛋白和白细胞变化

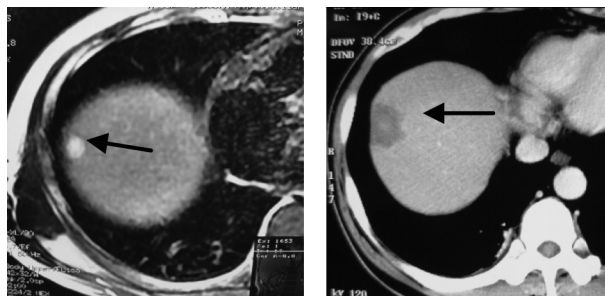
患者术前及术后第 2 天肝功能变化较明显(表 1),总胆红素、ALT、AST 较术前显著升高( $P < 0.05$ ),而白细胞变化不明显。消融后大量细胞凝固性坏死,肝功能变化与肝脏基础状态和消融范围关系密切,一般不需特别处理,少数肝功能差的伴腹水的患者给予保肝、纠正白蛋白及利尿治疗。术后白细胞(中性为主)升高明显者,应首先考虑是否发生细菌感染,并及时做血培养和(若有细菌生长)药敏试验。

表 1 93 例患者消融前后肝功能及白细胞变化

指标	治疗前	治疗后第2天	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
总胆红素( $\mu\text{mol/L}$ )	$17.9 \pm 8.1$	$28.62 \pm 12.0$	-12.09	<0.05
ALT(u/L)	$43.8 \pm 30.4$	$253.7 \pm 204.1$	-10.07	<0.05
AST(u/L)	$40.1 \pm 20.8$	$235.8 \pm 136.8$	-13.79	<0.05
白蛋白(g/L)	$41.2 \pm 5.6$	$38.7 \pm 6.2$	4.46	<0.05
白细胞( $\times 10^9/\text{L}$ )	$6.3 \pm 10.28$	$7.6 \pm 2.84$	-1.21	0.229

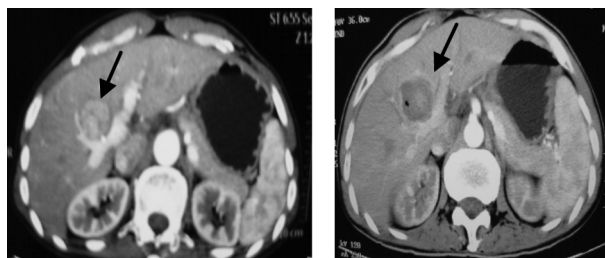
## 2.2 临床症状及并发症

本组 93 例患者均在超声引导局麻下行微波消融治疗,超声图像显示在消融开始后 1 min 内,肿瘤部位就呈现出较高回声区。消融过程中患者肝区有胀痛感,肿瘤位置位于肝包膜下的患者会感到右肩疼痛,越靠近肝包膜疼痛越明显,但皆可忍耐,消融治疗停止后,疼痛顿减。微波消融过程中患者因紧张及疼痛,收缩压一般升高 20 ~ 40 mmHg,舒张压升高 10 mmHg 左右,但至手术结束后基本能恢复正常。本组有 10 例患者(均有高血压病史)术中收缩压高达 200 mmHg 以上,经紧急硝酸甘油滴鼻后 5 ~ 15 min 血压基本恢复正常。本组患者术后第 2 ~ 3 日均行常规增强 CT 判断消融效果,结果显示 97.8%(91/93)患者实现肿瘤 1 次完全消融,如图 1、2 所示。其中 2 例出院前行常规增强 CT 检查,发现病灶边缘靠近膈顶处稍有增强,遂行 B 超引导下无水乙醇补充治疗。术后住院期间有 65 例(70%)患者出现低热,体温在 37 ~ 38.5℃,经物理降温后,出院前多数患者体温恢复正常。术后 18 例(19.4%)患者主诉消融部位较为疼痛,给予盐酸哌替啶 50 mg 肌内注射止痛治疗,多数患者疼痛缓解。术后 1 例患者出现黄疸症状(图 3),并伴有高温,经减黄、降温、抗生素处理缓解后自动出院,随访至术后 2 个月,因严重肺部感染死亡。1 例患者术后发生右侧胸腔积液(图 4),经胸腔闭式引流及对症处理后治愈。全组患者住院期间无死亡,未发生大出血、肝破裂、肝脓肿、肠穿孔、皮肤灼伤等其他严重并发症。



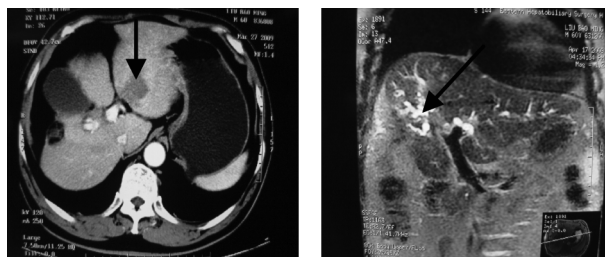
1a 肝右叶近膈顶处原发性肝癌术前 MRI 动脉期表现,对比剂在肿瘤内充盈明显  
1b 微波消融后行第 2 天行增强 CT 动脉期表现,病灶完全消融

图 1 近膈顶肿瘤消融前后 CT 图像



2a 靠近门静脉右支的 HCC,术前 CT 动脉期明显增强  
2b 微波消融后第 2 天增强 CT 表现,病灶消融完全

图 2 近门静脉肿瘤消融前后 CT 图像



3a 原发性肝癌微波消融术后  
3b 该患者微波消融术后 2 周第 2 天 CT 表现,示左叶肿瘤消融完全  
因黄疸查 MRI 示胆道明显扩张

图 3 消融术后黄疸患者 CT 图像,胆管扩张



4a 近膈顶处原发性肝癌术前 MRI 动脉期表现  
4b 术前 DSA 造影图像  
4c 微波消融术后第 2 天 CT 图像,示病灶消融完全,且病灶内有碘油沉积,胸腔内出现胸腔积液

图 4 近膈顶肝癌患者消融术后发生胸腔积液

## 2.3 1 年生存率、复发率及复发危险因素分析

本组患者随访 2 ~ 22 个月,中位随访 15 个月。1 年生存率为 94.6%(88/93);1 年局部进展率为 7.53%(7/93),1 年内新发病率为 17.20%(16/93)。本组患者微波术后 1 年内共有 23 例复发,总复发



率为 24.73% (23/93), 术后短期 (1 年) 复发单因素分析见表 2, 复发组和未复发组相关单因素分析显示肿瘤数目与术后早期复发有关, 两组间差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 其他 8 个因素两组间差异无统计学意义。

表 2 复发与未复发组相关因素的单因素分析

项目	未复发 ( $n = 70$ )	复发组 ( $n = 23$ )	$P$ 值
性别			0.833
男	64	22	
女	6	1	
年龄 (岁)	$55 \pm 12$	$54 \pm 12$	0.871
术前 AFP ( $\mu\text{g/L}$ )	$175.6 \pm 361.5$	$1\,722.0 \pm 5\,590.7$	0.198
术前白蛋白 ( $\text{g/L}$ )	$40.63 \pm 5.77$	$42.97 \pm 4.82$	0.062
肿瘤数目			0.039 <sup>a</sup>
1 个	65	17	
$\geq 2$ 个	5	6	
肿瘤直径			0.166
$\leq 3.0$ cm	42	10	
3 ~ 6 cm	28	13	
肿瘤位置			0.450
左叶	9	1	
右叶	61	22	
是否靠近肝脏边缘结构			0.325
靠近	17	8	
不靠近	53	15	
肝功能 Child - Pugh			0.833
A	64	22	
B	6	1	

### 3 讨论

本研究中, 微波消融功率均为 100 W, 消融时间为 2 ~ 10 min, 对危险部位 (靠近肝门、胃肠、膈肌、心包等部位) 消融前先行 2 ~ 5 ml 不等的无水乙醇注入于消融灶靠近危险部位的区域内, 以增加消融效果。文献也报道微波联合无水乙醇治疗靠近肝门的肿瘤时疗效较显著且安全, 并且术后复发率较低<sup>[6]</sup>。93 例中 82 (88%) 例患者为单发肿瘤, 11 (12%) 例为多发肿瘤, 多发肿瘤数目不多于 3 个且单个直径不大于 3 cm, 全部患者均无门脉癌栓及肝外转移, 所以对于本组患者微波治疗都能达到根治性治疗的目的。

研究表明, 一定时间内随着输出功率的增加, 消融范围会增大, 因此理论上微波高功率消融能获得更大的消融范围<sup>[7,9]</sup>。然而以往的微波消融针最大承受的输出功率仅 90 W 左右, 且无法经受较长时间的高功率输出, 因此使得高功率的研究无法实现。现阶段微波低功率 (60 W 左右) 消融肿瘤文献报道较多<sup>[10]</sup>, 另一种观点认为低功率长时间消融较高功率下消融的形状更近于球形。但毋庸置疑的

是高功率下消融的范围要比低功率大, 肿瘤消融追求的是适形消融, 而不一定全是球形消融。

日本学者 Seki 等<sup>[11]</sup>最先采用微波电极消融治疗肝肿瘤, 采用功率 60 W、时间 120 s, 虽然取得了较好的疗效, 但增大功率及延长消融时间会因电极杆温过高而灼伤皮肤, 因而限制了增大功率以获得更大消融范围的设想。随着硬质水冷微波的出现, 不但降低了杆温而且还增大了消融体积, 进而为高功率消融肿瘤提供了技术上的支持。文献报道无水水冷微波消融时针杆温度高达 90℃, 水冷循环微波消融时针杆温度不足 20℃, 而且水冷微波消融的范围更趋于球形<sup>[4]</sup>, 因此彻底避免了高功率消融时灼伤皮肤的危险。其次, 鉴于射频消融中“Heat-sink”效应的存在, 血流被认为是影响消融灶范围的重要因素, 由于活体肝脏血流丰富, 因此, 多数学者认为热消融离体肝组织的消融范围均比活体状态下消融的范围大<sup>[12]</sup>。Wang 等<sup>[13]</sup>通过微波消融离体、活体猪肝实验, 认为当输出功率为 50 ~ 80 W、作用时间为 10 min 时, 微波在活体的消融范围均小于离体组织, 且两者差异有统计学意义。而 Hines-Peralta 等<sup>[2]</sup>研究发现在微波消融的最初 8 min 内, 输出功率为 100 和 150 W 时, 微波消融活体的范围要明显大于离体范围, 得出微波高功率短时间的条件下, 其活体的消融范围大于相应的离体微波消融。作者认为当微波高功率消融肿瘤组织时, 能够使微波电磁场内温度迅速升高, 高温使微波天线周围较大的血管迅速凝固, 阻断了血流散热对温升的影响, 因此可以获得持续的温升, 且新凝固的血液中含有大量的极性水分子, 更加扩大了电磁场的作用范围, 因此凝固范围因而进一步扩大。另外, Awad 等<sup>[14]</sup>利用单针微波功率 100 W, 消融时间为 2、4、8 min 在活体猪的肝脏进行实验, 在 4 min 内消融体积增加最明显, 8 min 后消融直径可达 5 cm。综上所述, 高功率消融扩大消融范围主要通过 3 点实现: ①高功率提供高能量输出, 扩大能量覆盖范围。②高功率下温升速度较快, 温度高则凝固血管的能力较强, 血管凝固则减少了血流的灌注, “Heat-sink”效应损失的热量较少。③微波高功率消融封闭了血管后, 在活体血管内形成新鲜血栓, 因其含水量高, 故其吸收较多微波能量且热传导性较强, 使消融范围增大。

本组研究提高了输出功率至 100 W, 单个肿瘤消融时间为 2 ~ 10 min (平均为 5.58 min), 术后肝功能较术前明显改变 ( $P < 0.05$ ), 但都在肝脏代偿承受范围内, 住院期间并未发生肝功能衰竭的病

例。同时也未发生与微波热疗相关的死亡,未发生胃肠道穿孔、大出血、膈肌灼伤等严重并发症。本组患者在首次微波消融术后 2 ~ 12 个月内,1 例因肝功能衰竭伴严重肺部感染而死亡,4 例因肿瘤恶性复发导致死亡。Lloyd 等<sup>[15]</sup>分析了 140 例经腹微波消融记录,其中 78.9% 的病例采用 100 W 功率消融,报道的主要并发症发生率为 8.3%,住院期间病死率为 1.9%。此外,Macatula 等<sup>[16]</sup>报道在功率大于 120 W 的射频消融条件下,患者 1 年的局部进展率为 24%,而本组 1 年局部进展率为 7.53%(7/93),总复发率为 24.73%(23/93),局部进展率低于射频高功率组。

本研究分析了可能和近期复发有关的 9 个因素,发现肿瘤复发与肿瘤数目有关,与其他 8 个因素无关。Itoh 等<sup>[1]</sup>通过对 60 例行微波治疗的肝癌病例进行研究,认为肿瘤大小、肿瘤数目为肝癌微波术后复发的高危因素。分析其原因可能与本研究中对直径大于 3 cm 的肿瘤实行双微波 100 W 高功率同时消融,扩大了消融范围,将周围潜在的卫星灶一并消融的因素。因此,本研究认为病灶数目是原发性肝癌微波治疗术后复发的危险因素,而其他因素如肿瘤大小、靠近边缘或大管道等也会影响复发,由于本研究样本量较小而未得出统计学差异,还需进一步深入探讨。

综上所述,高功率下短时间消融肝脏肿瘤安全有效,术后并发症少,术后复发率较低,且节约了单个肿瘤的治疗时间;并认为病灶数目是原发性肝癌微波高功率治疗术后短期复发的危险因素。

本研究存在不足:随访时间较短,样本量较小且分析的复发因素较少。另外,本研究微波功率全设定为 100 W 的单一条件,缺少对照功率组的研究,需进一步深入研究。

#### [参考文献]

- [1] Itoh S, Ikeda Y, Kawanaka H, et al. Efficacy of surgical microwave therapy in patients with unresectable hepatocellular carcinoma[J]. *Ann Surg Oncol*, 2011, 18: 3650 - 3656
- [2] Hines-Peralta AU, Pirani N, Clegg P, et al. Microwave ablation: results with a 2.45-GHz applicator in ex vivo bovine and in vivo porcine liver[J]. *Radiology*, 2006, 239: 94 - 102.
- [3] Simon CJ, Dupuy DE, Mayo-Smith WW. Microwave ablation: principles and applications[J]. *Radiographics*, 2005, 25(Suppl 1): S69 - S83.
- [4] He N, Wang W, Ji Z, et al. Microwave ablation: An experimental comparative study on internally cooled antenna versus non-internally cooled antenna in liver models [J]. *Acad Radiol*, 2010, 17: 894 - 899.
- [5] Bruix J, Sherman M, American Association for the Study of Liver Diseases. Management of hepatocellular carcinoma: an update[J]. *Hepatology*, 2011, 53: 1020 - 1022.
- [6] Ren H, Liang P, Yu X, et al. Treatment of liver tumours adjacent to hepatic hilum with percutaneous microwave ablation combined with ethanol injection: a pilot study [J]. *Int J Hyperthermia*, 2011, 27: 249 - 254.
- [7] Kuang M, Lu MD, Xie XY, et al. Liver Cancer: increased microwave delivery to ablation zone with cooled-shaft antenna-experimental and clinical studies [J]. *Radiology*, 2007, 242: 914 - 924.
- [8] Brace CL, Laeseke PF, Sampson LA, et al. Microwave ablation with a single small-gauge triaxial antenna: in vivo porcine liver model[J]. *Radiology*, 2007, 242: 435 - 440.
- [9] 马爱英, 沈杰, 王海洁, 等. 肝动脉硬化栓塞联合经皮微波凝固治疗晚期肝癌[J]. *介入放射学杂志*, 2007, 16: 201 - 203.
- [10] Liang P, Wang Y, Yu X, et al. Malignant liver tumors: treatment with percutaneous microwave ablation-complications among cohort of 1136 patients[J]. *Radiology*, 2009, 251: 933 - 940.
- [11] Seki T, Wakabayashi M, Nakagawa T, et al. Ultrasonically guided percutaneous microwave coagulation therapy for small hepatocellular carcinoma[J]. *Cancer*, 1994, 74: 817 - 825.
- [12] Yu NC, Raman SS, Kim YJ, et al. Microwave liver ablation: influence of hepatic vein size on heat-sink effect in a porcine model[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2008, 19: 1087 - 1092.
- [13] Wang Y, Sun Y, Feng L, et al. Internally cooled antenna for microwave ablation: Results in ex vivo and in vivo porcine livers [J]. *Eur J Radiol*, 2008, 67: 357 - 361.
- [14] Awad MM, Devgan L, Kamel IR, et al. Microwave ablation in a hepatic porcine model: correlation of CT and histopathologic findings[J]. *HPB (Oxford)*, 2007, 9: 357 - 362.
- [15] Lloyd DM, Lau KN, Welsh F, et al. International multicentre prospective study on microwave ablation of liver tumours: preliminary results[J]. *HPB (Oxford)*, 2011, 13: 579 - 585.
- [16] Macatula TC, Lin CC, Lin CJ, et al. Radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma: use of low versus maximal radiofrequency power[J]. *Br J Radiol*, 2011 Mar 22. [Epub ahead of print]

(收稿日期:2011-08-21)