

## · 实验研究 Experimental research ·

# 2450 MHz 水冷循环微波消融离体牛肝脏实验 ——参数设定对消融灶形态与方位的影响

江雄鹰, 陈 栋, 倪嘉延, 骆江红, 孙宏亮, 许林锋

**【摘要】 目的** 探讨微波消融(MWA)时间、输出功率对消融灶形态特点与方位的影响。**方法** 取新鲜离体牛肝脏 8 副,重 5.2~6.5 kg,采用国产 2 450 MHz 水冷循环 MWA 系统对离体牛肝脏作消融。根据微波参数,将实验分为不同输出功率(40、60、80、100 W)组和不同消融时间(5、10、15、20 min)组,每项设定参数下重复作 5 次消融。消融后沿针道切开肝脏组织,测量消融灶的纵径(LD)、横径(TD)、针尖前冲径(PD),计算消融灶类圆率(SR)。**结果** 消融时间恒定条件下,随着微波输出功率增加,消融灶 LD、TD 逐渐增大( $P$  均 $<0.05$ ),PD、SR 并未增大( $P$  均 $>0.05$ );输出功率恒定条件下,随着消融持续时间延长,消融灶 LD、TD、PD 逐渐增大( $P$  均 $<0.05$ ),SR 越接近于 1( $P<0.05$ )。**结论** 增加微波输出功率能有效扩大消融灶 LD、TD,但未增大 PD、SR;延长消融持续时间既可扩大消融灶 LD、TD、PD,还可获得类圆性更好的消融灶。

**【关键词】** 微波消融; 参数设定; 类圆率; 针尖前冲径

中图分类号:R735.7 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-01-0052-04

2450 MHz cooled-shaft microwave ablation of bovine liver in vitro: the effect of experimental parameter settings on the morphology and orientation of ablation lesions JIANG Xiong-ying, CHEN Dong, NI Jia-yan, LUO Jiang-hong, SUN Hong-liang, XU Lin-feng Department of Interventional Radiology, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong Province 510120, China

Corresponding author: XU Lin-feng, E-mail: xulf1@21cn.cn.net

**【Abstract】 Objective** To investigate the effect of different ablation time and microwave output power on the morphology and orientation of ablation lesions. **Methods** Eight pieces of fresh isolated bovine livers, weighting 5.2-6.5 kg, were collected. By using domestic 2 450 MHz cooled-shaft microwave ablation system, microwave ablation of the isolated bovine livers was carried out. According to the parameters setting used (output power and ablation time), the experiments were divided into 40 W, 60 W, 80 W and 100 W groups and 5 min, 10 min 15 min and 20 min groups. Under the condition of each setting parameter, microwave ablation procedure was repeated for five times. After microwave ablation, the liver tissue was cut open along the needle path. The longitudinal diameter (LD), transverse diameter (TD) and preshoot diameter (PD) of the ablation foci were measured, and the sphericity ratio (SR) of ablation focus was calculated. **Results** Under the condition of a given constant ablation time, with the increasing of microwave output power both LD and TD of ablation foci became gradually increased ( $P<0.05$ ), while PD and SR were not increased ( $P>0.05$ ). Under the condition of a given constant output power, with the increasing of ablation time the LD, TD and PD of ablation foci became gradually increased ( $P<0.05$ ), and SR was gradually close to one ( $P<0.05$ ). **Conclusion** The increasing of microwave output power can effectively expand the LD and TD of ablation foci, although the PD and SR are not enlarged. The increasing of microwave ablation time can remarkably enlarge the LD, TD and PD of ablation foci and ablation foci in more spherical shape can be obtained. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 52-55)

**【Key words】** microwave ablation; parameter setting; sphericity ratio; preshoot diameter

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2016.01.013

作者单位: 510120 广州 中山大学孙逸仙纪念医院介入放射科

通信作者: 许林锋 E-mail: xulf1@21cn.cn.net

微波消融(MWA)近年已成为原发性肝癌的重要治疗手段<sup>[1-2]</sup>,评价其效果的主要指标为消融范围,文献报道提高微波输出功率和增加消融时间可有效扩大消融范围<sup>[3]</sup>。但在临床应用中常会产生调整微波设定参数对消融灶形态特点影响如何,不同微波参数下形成的消融灶与微波天线有何空间关系的疑问,明确这 2 个问题对于临床上准确、安全地应用 MWA 治疗具有重要意义。为此,我们采用国产 2 450 MHz 水冷循环 MWA 系统,以离体牛肝脏为研究对象,通过调整微波输出功率和消融时间,明确不同微波参数对消融灶的影响,探讨微波参数设定与消融灶形态特点和方位的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验器材

从屠宰场购买实验当天屠宰的新鲜离体牛肝脏 8 副,重 5.2~6.5 kg。MWA 系统为南京亿高医疗设备有限公司生产的 ECO-100A 型水冷循环微波治疗系统,其微波输出频率(2 450±10) MHz,微波输出功率 0~150 W,消融前可予设定;消融时间 0~60 min,消融前同样可予设定(推荐输出参数为 60 W、10 min);14 G 微波天线内中空管道可外接水冷循环泵。

### 1.2 实验方法

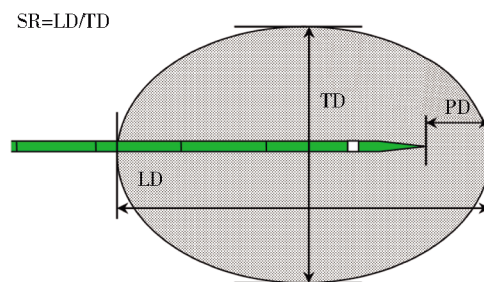
新鲜离体牛肝脏平铺在操纵台上,选取厚度>5 cm 肝叶,将微波天线平行牛肝脏长轴插入肝内,深度为 7 cm,微波天线连接好水泵和微波主机。根据微波参数,将实验分为不同输出功率组和不同消融时间组。不同输出功率组输出功率分别设定为 40、60、80、100 W,消融时间恒定为 10 min,不同消融时间组消融时间分别设定为 5、10、15、20 min,输出功率恒定为 60 W,然后开启水冷循环开关和微波开关。每项设定参数下重复作 5 次消融。

### 1.3 测量与计算

消融结束后,沿针道切开肝脏组织,其内灰白色区域认定为消融区<sup>[4]</sup>。明确消融范围后,测量平行针道最长纵径线为消融灶纵径(LD),垂直针道最长横径线为消融灶横径(TD),针尖末端沿针道至消融灶边缘距离为针尖前冲径(PD),消融灶类圆率(SR)以纵径与横径比值表示(图 1)。SR 越接近 1,消融灶类圆性越好。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 15.0 统计软件作统计学分析,结果以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示。整组分析用单因素方



注: LD:纵径;TD:横径;PD:前冲径;SR:类圆率

图 1 消融灶测量示意图

差分析,组内两两比较用两独立样本 T 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 不同输出功率消融灶形态特点

不同输出功率所产生的消融灶大体标本见图 2,其 LD、TD、PD、SR 数据见表 1。随着微波功率提高(自 40 W 至 100 W),消融灶 LD、TD 逐渐增大( $P$ 均 $<0.05$ );SR、PD 并未随消融功率增加发生变化( $P=0.688, 0.579$ )。不同输出功率下消融灶变化模式见图 3。

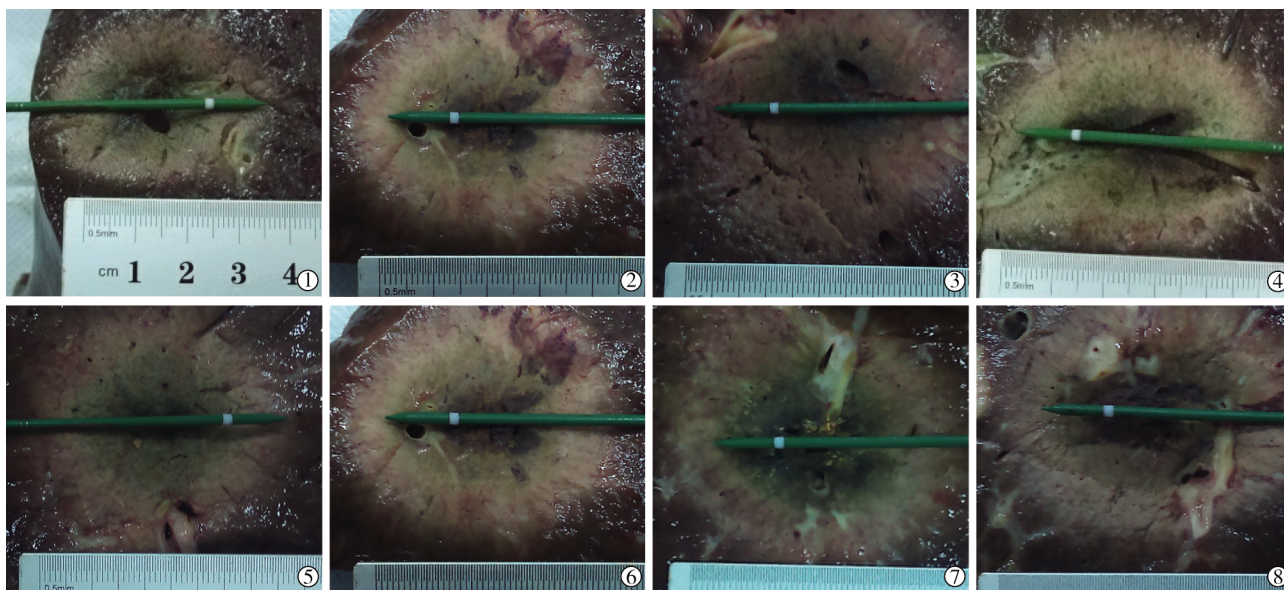
### 2.2 不同消融时间消融灶形态特点

不同消融时间所产生的消融灶大体标本见图 2,其 LD、TD、PD、SR 数据见表 1。随着消融时间延长(自 5 min 至 20 min),消融灶 LD、TD 逐渐增大( $P$ 均 $<0.05$ );消融时间越增加,SR 越接近于 1,消融灶类圆性越好( $P<0.05$ );消融时间为 5 min、10 min 时 PD 变化不大( $P>0.05$ ),10 min 后 PD 逐渐增大( $P<0.05$ )。不同消融时间下消融灶变化模式见图 4。

## 3 讨论

MWA 是一种以 915 MHz 或 2 450 MHz 高频电磁波带动组织中极性分子相互摩擦产热,使局部组织温度超过 50℃而发生不可逆性热损伤的物理热消融方法<sup>[5-6]</sup>。相对于射频消融,MWA 具有更快的组织温度上升作用和更大的消融范围,在肝癌临床治疗中得到广泛应用<sup>[7]</sup>。2 450 MHz 水冷循环型 MWA 系统主要设定参数为微波输出功率和消融持续时间,文献报道增大消融输出功率或延长消融持续时间,可有效地扩大 MWA 范围<sup>[3,8]</sup>。但微波参数改变与消融灶空间变化特点却未见报道。临床应用中对准确判断消融灶是否完全覆盖肿瘤范围并形成 0.5~1.0 cm 安全边界,必须明确不同微波参数下所产生的消融灶范围及空间位置。

本实验显示,在相同消融持续时间条件下,微



①~④分别为 40 W、60 W、80 W、100 W 消融所产生的消融灶；⑤~⑧分别为 5 min、10 min、15 min、20 min 消融所产生的消融灶

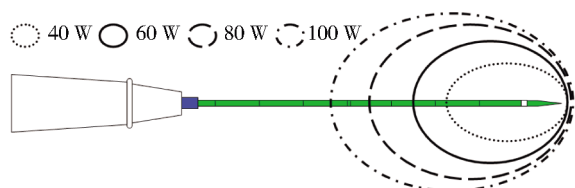
图 2 不同输出功率和消融时间所致消融灶大体观

表 1 不同输出功率和消融时间所致消融灶相关数据

|               | LD/cm     | TD/cm     | SR        | PD/cm     |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 40 W, 10 min  | 2.99±0.12 | 2.18±0.06 | 1.37±0.05 | 0.41±0.04 |
| 60 W, 10 min  | 3.75±0.17 | 2.76±0.20 | 1.36±0.07 | 0.44±0.04 |
| 80 W, 10 min  | 4.60±0.08 | 3.34±0.07 | 1.38±0.04 | 0.45±0.03 |
| 100 W, 10 min | 5.57±0.15 | 3.97±0.14 | 1.40±0.06 | 0.46±0.04 |
| P 值           | 均<0.05    | 均<0.05    | 均>0.05    | 均>0.05    |
| 60 W, 5 min   | 3.31±0.04 | 2.35±0.10 | 1.41±0.05 | 0.41±0.06 |
| 60 W, 10 min  | 3.75±0.17 | 2.76±0.20 | 1.36±0.07 | 0.44±0.04 |
| 60 W, 15 min  | 4.69±0.11 | 3.66±0.12 | 1.28±0.06 | 0.78±0.06 |
| 60 W, 20 min  | 5.40±0.13 | 4.43±0.15 | 1.21±0.03 | 1.08±0.09 |
| P 值           | 均<0.05    | 均<0.05    | 均<0.05    | *         |

注: LD:纵径;TD:横径;PD:前冲径;SR:类圆率

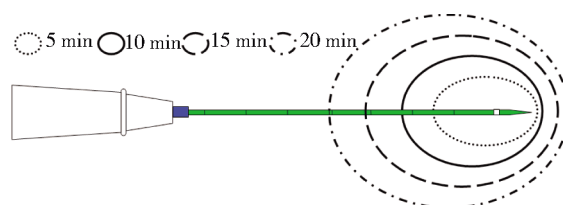
\* 消融时间为 5、10 min,  $P>0.05$ ; 消融时间为 15、20 min,  $P<0.05$



消融时间恒定为 10 min; 随着微波功率增加, 消融灶 LD、TD 逐渐增大, 但 PD 未见明显变化, SR 也未发现明显变化

图 3 不同输出功率下消融灶变化方式模式图

波设定功率越大, 消融灶 LD 和 TD 不断增大, 说明提高输出功率可有效扩大消融灶范围; 但消融灶 PD 并未随输出功率增加而增大, 其前冲范围维持在 0.43~0.47 cm 内, 提示选择高功率 MWA 时须将微波天线穿过肿瘤并到达肿瘤边缘作消融, 才能形成约 0.5 cm 的安全消融边界。本实验还显示, 在相同微波设定功率条件下, 随着消融持续时间延长, 消融灶 LD、TD、PD 不断增大, 也同样扩大消融范围;



输出功率恒定为 60 W: 随着消融时间增加, 消融灶 LD、TD、PD 逐渐增大, SR 更接近于 1, 类圆性更好

图 4 不同消融时间下消融灶变化方式模式图

其中 PD 增大具有重要临床意义——肿瘤病灶紧邻胆囊、胃壁及膈顶等重要脏器情况下, 若微波天线穿刺至肿瘤边缘, 针尖有损伤邻近重要脏器风险。这时可将微波天线针尖与肿瘤边缘保持约 0.5 cm 安全范围, 通过增加消融时间达到肿瘤完全消融目的。

临床上评价 MWA 能力除了依据消融灶尺寸大小外, 消融灶类圆性也是重要指标。这是因为实体肿瘤多呈类圆形生长, 而目前 MWA 消融灶一般呈椭圆形, 椭圆形消融灶不利于肿瘤完全消融, 容易导致消融灶边缘肿瘤残留<sup>[9-10]</sup>。评价消融灶类圆性的重要指标是 SR, SR 越接近于 1, 其类圆性越好<sup>[1]</sup>。本实验显示, 增加微波输出功率并未使消融灶 SR 发生明显改变, 而延长消融持续时间可使消融灶 SR 接近于 1。可见通过提高消融持续时间能够获得类圆性更好的消融灶。因此, 我们建议在临床应用 MWA 消融类圆形肿瘤病灶时延长消融持续时间, 以获得适型于肿瘤形状的消融范围。

本实验不足之处在于研究对象为离体牛肝脏,



缺乏活体状态下血流、呼吸与体温等影响条件,所测量数据与活体状态下有差别;离体牛肝脏为大型动物正常肝脏组织,与人体组织,尤其是人体肿瘤组织有较大区别。因此本实验结果可能未真实反映人体肝脏肿瘤实际消融效果。

本实验结论是,调整 2 450 MHz 水冷循环MWA 消融输出功率或消融持续时间,能够改变消融范围,消融灶 LD 和 TD 随输出功率或消融时间增加而增大。但增大方式有所不同,延长消融时间能够增大消融灶 PD,获得类圆形更好的消融灶,但消融灶 PD 和 SR 并未随输出功率增大而改变。

#### [参考文献]

- [1] Qian GJ, Wang N, Shen Q, et al. Efficacy of microwave versus radiofrequency ablation for treatment of small hepatocellular carcinoma: experimental and clinical studies[J]. Eur Radiol, 2012, 22: 1983-1990.
- [2] 沈 强, 王 能, 盛月红, 等. 高功率微波消融治疗近大血管肝细胞癌 33 例[J]. 介入放射学杂志, 2012, 21: 391-394.
- [3] Hoffmann R, Rempp H, Erhard L, et al. Comparison of four microwave ablation devices: an experimental study in ex vivo bovine liver[J]. Radiology, 2013, 268: 89-97.
- [4] Burdio F, Navarro A, Berjano EJ, et al. Radiofrequency hepatic ablation with internally cooled electrodes and hybrid applicators with distant saline infusion using an in vivo porcine model[J]. Eur J Surg Oncol, 2008, 34: 822-830.
- [5] Petryk AA, Giustini AJ, Gottesman RE, et al. Comparison of magnetic nanoparticle and microwave hyperthermia cancer treatment methodology and treatment effect in a rodent breast cancer model[J]. Int J Hyperthermia, 2013, 29: 819-827.
- [6] Liu FY, Yu XL, Liang P, et al. Comparison of percutaneous 915 MHz microwave ablation and 2450 MHz microwave ablation in large hepatocellular carcinoma[J]. Int J Hyperthermia, 2010, 26: 448-455.
- [7] Qian GJ, Wang N, Shen Q, et al. Efficacy of microwave versus radiofrequency ablation for treatment of small hepatocellular carcinoma: experimental and clinical studies[J]. Eur Radiol, 2012, 22: 1983-1990.
- [7] 经 翔, 丁建民, 王彦冬, 等. 射频消融和微波消融治疗肝癌的比较[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 306-310.
- [8] Zhou Q, Jin X, Jiao DC, et al. Microwave ablation: results in ex vivo and in vivo porcine livers with 2450 MHz cooled-shaft antenna [J]. Chin Med J (Engl), 2011, 124: 3386-3393.
- [9] Sommer CM, Kortes N, Zelzer S, et al. Renal artery embolization combined with radiofrequency ablation in a porcine kidney model: effect of small and narrowly calibrated microparticles as embolization material on coagulation diameter, volume, and shape[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2011, 34: 156-165.
- [10] 胡罗文, 王 冀, 魏庆庆, 等. 体外肝组织微波消融范围的研究[J]. 中华临床医师杂志·电子版, 2013, 7: 3298-3300.

(收稿日期:2015-08-17)

(本文编辑:边 佶)