

• 论著 •

低功率射频消融在体外消融中的实验研究

罗佳¹, 徐明¹, 黄光亮¹, 郑艳玲¹, 刘明¹, 谢晓燕¹, 黎东明²

1. 中山大学附属第一医院超声科, 中山大学超声诊断与介入超声研究所, 广东广州 510080;

2. 中山大学附属第一医院肝脏外科, 广东广州 510080

【摘要】 目的: 探讨低功率射频消融治疗在猪瘦肉组织中形成的消融灶特点。方法: 将30份猪瘦肉组织随机分为10组, 每组3份。使用MedSphere射频消融仪, 分别采用1~10 W恒定功率, 在高频线阵超声探头引导下进行射频消融。观察消融过程中针尖温度变化及消融后大体标本的消融灶形态, 并测量消融灶径线, 计算消融灶的体积和纵横比。比较不同功率组消融灶体积及形态, 并与病理结果对照。结果: 除1 W组针尖未能形成消融灶外, 其余各功率组均形成椭球体消融灶。其中以3 W组消融灶平均体积最大 $[(1.76 \pm 0.40) \text{ cm}^3]$, 消融灶体积与其他各组之间差异均有统计学意义, 且消融灶形态最接近球形(平均纵横比为1.21)。病理HE染色可见消融区组织呈凝固性坏死, 其大小与大体标本之间差异无统计学意义。结论: MedSphere射频消融仪在功率为3 W时所得的消融灶体积最大, 形态最接近球形, 可用于临床中浅表器官及近危险部位病灶的消融治疗。

【关键词】 低功率; 射频消融; 超声

中图分类号: R454.3 文献标志码: A 文章编号: 1008-617X(2016)04-0336-05

***In vitro* study of characteristics of low-power radiofrequency ablation** LUO Jia¹, XU Ming¹, HUANG Guangliang¹, ZHENG Yanling¹, LIU Ming¹, XIE Xiaoyan¹, LI Dongming² (1. Department of Ultrasonography, the First Affiliated Hospital, Institute of Diagnostic and Interventional Ultrasound, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China; 2. Department of Liver Surgery, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China)

Correspondence to: LI Dongming E-mail: dongmingli@medmail.com.cn

【Abstract】 **Objective:** To investigate the characteristics of low-power radiofrequency ablation in *in vitro* tissues. **Methods:** Thirty pieces of isolated porcine muscle tissues were divided into 10 groups (3 pieces in each group). Radiofrequency ablation was performed using high-frequency linear array ultrasound probe guided with different powers (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 W, respectively). The morphology and size of each ablation lesion were observed. The volume and aspect ratio of each ablation lesion were calculated. **Results:** Ellipsoid ablation lesions formed in each group except 1 W group (the tip temperature was too low to form an ablation lesion in 1 W group). The mean volume of ablation lesion in 3 W group was the largest (1.76 cm³). The ablation lesion shape in 3 W group was also the closest to sphere (average aspect ratio=1.21). **Conclusion:** When the power is 3 W, the ablation lesion is the largest and is closest to sphere.

【Key words】 Low-power; Radiofrequency ablation; Ultrasound

射频消融已广泛应用于临床, 特别是在肝癌的治疗中有重要作用^[1-4]。临床常用的消融功率为100~200 W, 可达到较大的消融范围。但对于浅表器官或重要结构旁的微小病灶, 过大的消融范围将增加治疗风险, 因此精准消融非常重要。对于此类病灶, 如何获得较小的消融灶是关注的焦点。本研究旨在研究不同功率下低功率射频消融可获得消融灶的形状、大小, 分析影响消融范围的因素, 并与病理作对照, 探讨其用于人体浅

表器官及重要结构旁微小病变精准消融治疗的可能性。

1 资料和方法

1.1 实验对象

猪瘦肉组织(市场购买), 均匀分割成约4 cm × 3 cm × 2 cm的小块, 共30份。

1.2 仪器和方法

低功率射频消融采用美国迈德L-500射频治

疗仪和10-141261射频针。该射频仪由射频针自带回路,无需外接电极板。其阳极、阴极均位于针尖处,长度均为5 mm,两者之间有1 mm的绝缘带。针杆长度70 mm,规格19 G。该射频仪可实时显示针尖温度和针尖周围阻抗大小。功率发射可通过阻抗控制和时间控制两种方法实现。当阻抗值 $>500\ \Omega$ 或达到预设消融时间(10 min)则自动停止射频发射。

超声引导采用日本东芝Aplio超声诊断仪,高频线阵探头11L5,实时引导穿刺和监测消融情况。

将30份猪瘦肉组织分为10组,每组3份。分别以1、2、3、4、5、6、7、8、9和10 W的恒定功率进行消融。当阻抗值 $>500\ \Omega$ 或达到预设消融时间(10 min),时消融自动结束。

消融实验时,将超声探头置于猪肌肉组织表面,在超声引导下插入射频针(图1A)。各组消融前初始温度均为室温,起始阻抗为离体猪瘦肉本身的阻抗,记录起始温度和起始阻抗。超声实时观察射频消融的气化情况(图1B),记录终末温度和终末阻抗、消融时间。沿入针方向切开猪肉组织,观察消融灶的形状,记录其纵径(沿入针方向)和横径(垂直于入针方向)。按椭球体计算公式计算每一个消融灶的体积 $[V=4/3 \times \pi \times (\text{纵径}/2) \times (\text{横径}/2)^2]$ 。计算每个消融灶的纵横比(纵径/横径)。计算不同功率下各组消融灶纵径、横径、体积、纵横比的平均值与标准差。

1.3 统计学处理

数据统计使用SPSS 16.0软件。采用方差分析

比较各功率间消融灶体积, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 不同功率组的射频消融结果

共消融30块猪肌肉组织,使用功率分别为1、2、3、4、5、6、7、8、9和10 W,每组重复消融3次。消融功率为1 W时,消融的针尖温度仍只有 53°C ,不能达到使组织凝固性坏死的温度,未能形成消融灶;其他功率组均形成消融灶,共27个。27个消融灶形状皆为椭球体,各纵径范围 $(0.93 \pm 0.15) \sim (1.70 \pm 0.17)$ cm,横径范围 $(0.23 \pm 0.06) \sim (1.40 \pm 0.10)$ cm,体积范围 $(0.03 \pm 0.02) \sim (1.76 \pm 0.40)$ cm^3 。详见表1。

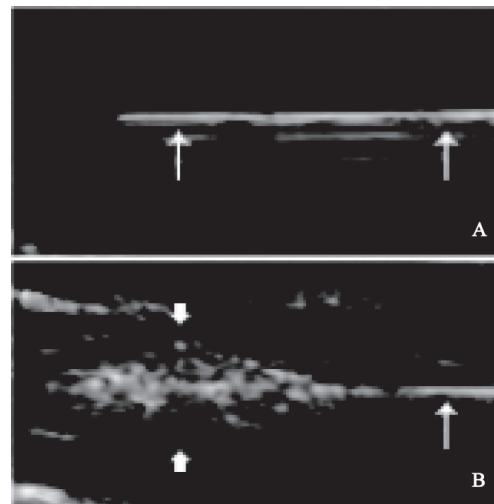


图1 超声引导下观察射频消融

A: 超声引导下插入射频针; B: 超声观察射频消融的气化情况。细长箭头示射频针,粗短箭头示消融灶气化区

表1 不同功率组消融灶的大小

能量(W)	纵径(cm)	横径(cm)	体积(cm^3)	纵横比
2	1.40 ± 0.10	1.10 ± 0.10	0.90 ± 0.21	1.28 ± 0.11
3	1.70 ± 0.17	1.40 ± 0.10	1.76 ± 0.40	1.21 ± 0.07
4	1.10 ± 0.30	0.70 ± 0.17	0.31 ± 0.19	1.58 ± 0.19
5	1.20 ± 0.20	0.47 ± 0.06	0.14 ± 0.02	2.63 ± 0.78
6	1.10 ± 0.17	0.63 ± 0.23	0.24 ± 0.16	1.90 ± 0.75
7	1.03 ± 0.06	0.57 ± 0.21	0.19 ± 0.13	1.98 ± 0.65
8	0.93 ± 0.15	0.43 ± 0.15	0.11 ± 0.09	2.25 ± 0.42
9	0.97 ± 0.15	0.23 ± 0.06	0.03 ± 0.02	4.22 ± 0.69
10	1.03 ± 0.15	0.27 ± 0.12	0.05 ± 0.05	4.17 ± 1.04

2.2 不同功率组的消融体积和形态

消融功率为1 W时,到达预设最大消融时间(10 min)时仍未能形成消融灶。其余各组均形成

消融灶。

比较不同功率组的消融灶体积,发现各组间的消融灶大小有统计学差异($P<0.01$)。消融体

积与消融功率的关系呈以3 W为极值的偏峰分布(图2), 3 W时消融范围最大, 消融灶平均体积为 $(1.76 \pm 0.40) \text{ cm}^3$, 与其他各组之间差异均有统计学意义。

比较不同功率组的消融灶形状, 3 W时消融灶纵横比平均纵横比为1.21, 更接近1, 即消融灶形态更接近球形。2 W时消融灶纵横比稍大于3 W时。功率>3 W时消融灶纵横比随功率增加呈增大的趋势, 即消融灶变得细长。

2.3 不同功率组的阻抗、针尖温度和消融持续时间

消融过程中, 功率越大, 针尖温度与阻抗上升越快, 达到额定阻抗(500Ω)的时间越短, 消融持续时间越短。功率为1 W时, 达到预设时间(10 min)时仍未达到额定阻抗(500Ω)。功率 ≥ 2 W时, 终末阻抗可达到额定阻抗(500Ω)。随着功率增加, 消融持续时间缩短。当功率 ≥ 8 W时, 阻抗值在数秒内(0.1 min)就超过 500Ω , 并在针尖周围形成黑色焦痂, 消融停止(表2)。

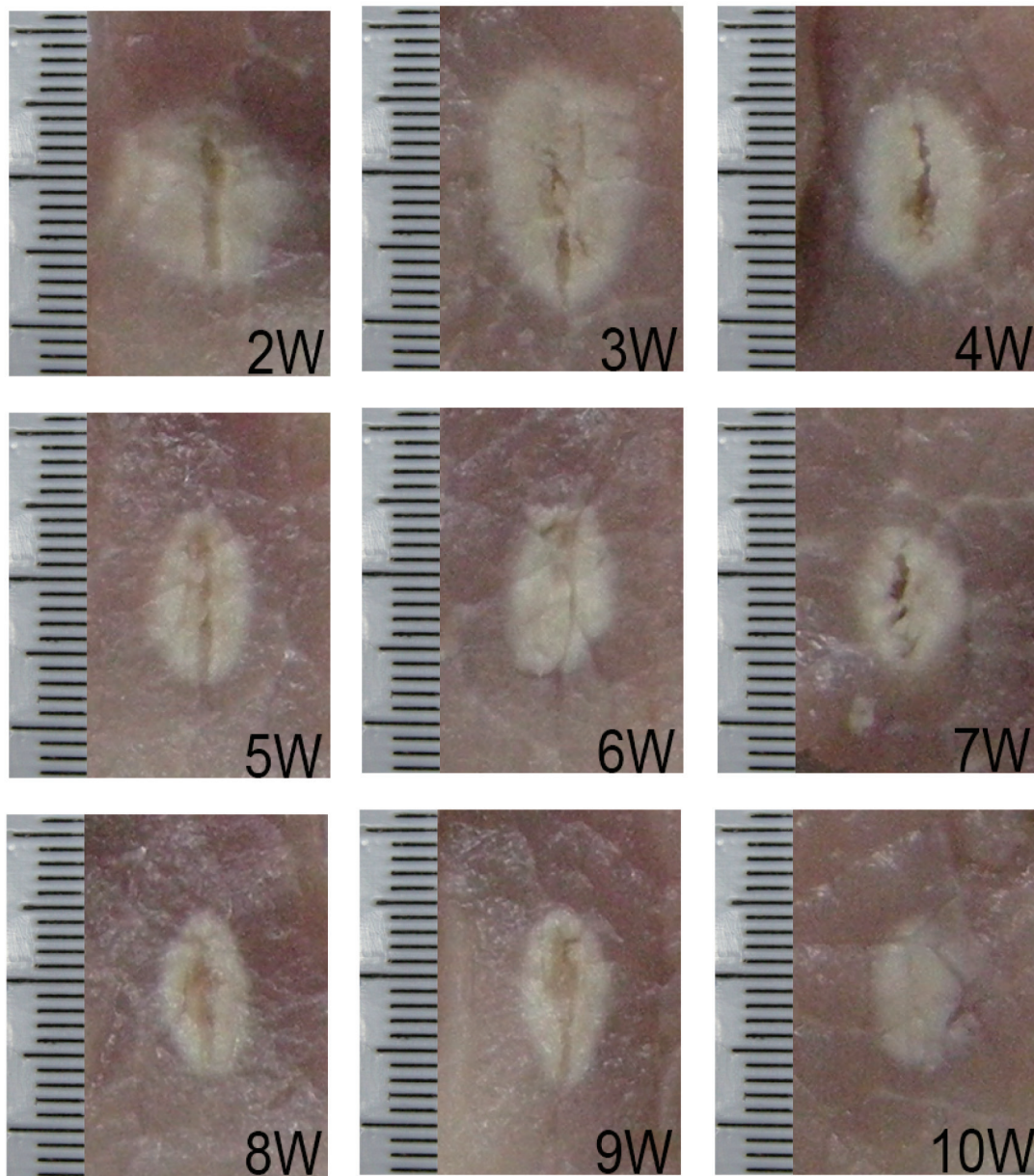


图2 不同功率下射频消融灶

表2 不同功率组的阻抗、针尖温度及消融持续时间

能量(W)	消融持续时间(min)	初始温度(°C)	终末温度(°C)	初始阻抗(Ω)	终末阻抗(Ω)
1	10	27	53	204	293
2	4	27	91	194	502
3	3.5	28	101	202	516
4	1.5	28	100	194	500
5	0.8	26	98	200	520
6	0.3	26	100	195	532
7	0.3	26	110	203	529
8	0.1	28	91	195	531
9	0.1	27	97	202	528
10	0.1	28	105	194	562

3 讨 论

消融治疗因微创、耐受性好、并发症少等优点而用于各类实体肿瘤的治疗。消融治疗在肝、肾、肺、前列腺等器官中已成功应用,在乳腺、甲状腺等浅表器官的应用还处于探索之中^[5-8]。

目前,国内外尝试用于浅表器官的消融方法主要包括射频消融、微波消融、激光消融、冷冻消融等^[6-11]。射频消融因其良好的耐受性和较少的并发症尤受重视^[6,12]。

射频消融在各类乳腺腺体类型病灶中均能获得完全的肿瘤坏死、可重复的消融体积,且有良好的美容效果^[6]。对于无法手术或拒绝手术的老年乳腺癌患者,射频消融有较好的疗效和耐受性^[12]。

射频消融可减轻甲状腺结节患者的压迫症状,改善外观,减轻甲状腺功能亢进(简称甲亢)症状。虽然部分患者可能出现疼痛、声音变化、皮肤烧伤、血肿、结节破裂、甲状腺功能紊乱等并发症,但多数在正确治疗后能良好恢复。对于不宜接受外科手术治疗或放射碘治疗或治疗后效果欠佳的甲状腺结节患者,射频消融被认为是安全有效的方法^[13]。

对于肝、肾等脏器病灶,为达到较大的消融范围以完全灭活肿瘤,临床上一般以100~200 W为常用的消融功率,消融范围最大径3~5 cm。但对于浅表组织的病灶,因病灶较小,邻近皮肤,且周边常有神经等重要结构,大范围的消融可能会增加疼痛、声嘶、皮肤烧伤等并发症的发生,因此以较小的功率获得较小的消融灶而进行精准消融显得很重要。

本研究从消融灶的大小、形状等方面探讨了

低功率射频消融在浅表器官病灶中应用的可能性,并寻找适合临床应用的最佳消融条件。

本研究显示,除功率为1 W时消融的针尖温度仍只有53°C,不能达到使组织凝固性坏死的温度,未能形成消融灶消融外,其他功率组均形成消融灶。所得27处消融灶形状皆为椭球体。

消融功率为3 W时消融范围最大,消融体积与消融功率的关系呈以3 W为极值的偏峰分布。消融功率为3 W时消融灶纵横比更接近1,即消融灶形态更接近球形;2 W时消融灶纵横比稍大于3 W时;功率>3 W时消融灶纵横比随功率增高而呈增大的趋势,即消融灶变得细长。推测原因,当消融功率过小时(1和2 W),产生的热量不足以形成大的消融灶;当消融功率足够大(≥ 3 W)时,消融功率越大,电极周围升温越快,消融灶阻抗上升越快,从而限制电流向远处传播,消融灶反而越小。当消融功率较小(3 W)时,消融灶阻抗上升较慢,消融可持续时间较长,同时电流及其伴随产生的热量较易扩散到更大的空间。

当消融功率为3 W,消融灶的平均体积为1.76 cm³,平均纵横比为1.21,消融灶体积最大,形态最规则。本研究认为3 W为低功率射频消融仪的最佳消融条件。

临床上一般以“时间”作为停止射频消融的指标,本研究亦预设了最大消融时间(10 min)。但因组织升温后固化,阻抗升高,当消融针周围的阻抗>500 Ω 时,电流不能继续向周围传导,消融自动停止。本研究中,除1 W组外,其他各组均在未达预设时间前已达额定阻抗,自动停止消融,导致不同功率组之间消融时间差异较大(表2)。除1 W组外,其他各组均在固定功率下以阻抗达到500 Ω 为终点。

本研究不足之处在于使用离体猪瘦肉组织模拟消融,并无病灶,与临床实际情况存在差异。临床治疗中,消融灶的形状和大小受邻近脏器、局部血流等多方面因素的影响,本研究结果在临床实际工作中是否适用还有待进一步验证。

综上所述,MedSphere射频消融仪在功率为3 W时所得的消融灶体积最大,形态最接近球形,有可能应用于临床中浅表器官及近危险部位病灶的消融治疗。

参考文献

- [1] BUSCARINI E, SAVOIA A, BRAMBILLA G, et al. Radiofrequency thermal ablation of liver tumor [J]. Eur Radiol, 2005, 15(5): 884-894.
- [2] KUANG M, XIE X Y, HUANG C, et al. Long-term outcome of percutaneous ablation in very early-stage hepatocellular carcinoma [J]. J Gastrointest Surg, 2011, 15(12): 2165-2171.
- [3] YIN X Y, XIE X Y, LU M D, et al. Percutaneous thermal ablation of medium and large hepatocellular carcinoma: long-term outcome and prognostic factors [J]. Cancer, 2009, 115(9): 1914-1923.
- [4] UENO M, HAYAMI S, SHIGEKAWA Y, et al. Prognostic impact of surgery and radiofrequency ablation on single nodular HCC ≤ 5 cm: Cohort study based on serum HCC markers [J]. Hepatology, 2015, 63(6): 1352-1359.
- [5] POSTMA E L, VAN HILLEGERSBERG R, DANIEL B L, et al. MRI-guided ablation of breast cancer: where do we stand today? [J]. J Magn Reson Imaging, 2011, 34(2): 254-261.
- [6] MANENTI G, BOLACCHI F, PERRETTA T, et al. Small breast cancers: in vivo percutaneous US-guided radiofrequency ablation with dedicated cool-tip radiofrequency system [J]. Radiology, 2009, 251(2): 339-346.
- [7] FORNAGE B D, SNEIGE N, ROSS M I, et al. Small (≤ 2 -cm) breast cancer treated with US-guided radiofrequency ablation: feasibility study [J]. Radiology, 2004, 231(1): 215-224.
- [8] 王淑荣, 章建全, 徐庆玲, 等. 甲状腺结节性病变经皮热消融治疗的近期疗效评价 [J]. 第二军医大学学报, 2011, 32(12): 1316-1320.
- [9] HABIBI M, KMIECIAK M, GRAHAM L, et al. Radiofrequency thermal ablation of breast tumors combined with intralesional administration of IL-7 and IL-15 augments anti-tumor immune responses and inhibits tumor development and metastasis [J]. Breast Cancer Res Treat, 2009, 114(3): 423-431.
- [10] 李永杰, 冯庆亮, 孙凤芝, 等. 超声引导微波热消融术在老年乳腺癌治疗中的应用 [J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2010, 21(1): 39-42.
- [11] 叶萍, 常兆华, 韩宝三. 乳腺肿瘤冷冻消融治疗的研究进展 [J]. 介入放射学杂志, 2011, 20(8): 660-664.
- [12] PALUSSIÈRE J, HENRIQUES C, MAURIAC L, et al. Radiofrequency ablation as a substitute for surgery in elderly patients with nonresected breast cancer: pilot study with long-term outcomes [J]. Radiology, 2012, 264(2): 597-605.
- [13] WONG K P, LANG B H H. Use of radiofrequency ablation in benign thyroid nodules: A literature review and updates [J]. Inter J Endocrinol, 2013, 2013: 428363-428363.

(收稿日期: 2016-09-20 修回日期: 2016-09-28)