

· 影像医学研究 ·

冰水冷循环改变微波消融正圆率的实验研究

丁逸文¹, 施海彬^{1*}, 孙良俊², 陈奇峰³, 徐红豆¹, 杨正强⁴

¹南京医科大学第一附属医院介入科, 江苏 南京 210029; ²南京亿高医疗器械有限公司, 江苏 南京 210000; ³中山大学附属肿瘤医院介入科, 广东 广州 510060; ⁴中国医学科学院肿瘤医院介入科, 北京 100021

[摘要] 目的:初步比较冰水冷循环微波消融与常温水循环微波消融对消融灶形态的影响。方法:取离体猪肝脏共9个,重4.5~5.2 kg。每块肝脏在不同位置用常温水及冰水冷循环同时进行消融。根据循环水不同分为冰水冷循环组及常温水冷循环组。实验在不同消融功率(40、60、80 W)下分别进行不同消融时间(5、8、10 min)各1次。消融结束后,沿针道切开肝脏,测量消融灶的纵径(LD)、横径(TD)、前冲径(PD),计算类圆率(SR)。结果:冰水组在纵径上较温水组分别相对缩短13%、10%、12%、15%、11%、13%、8%、8%,而横径及前冲径无明显变化,而冰水组在类圆率上分别相对提高22%、21%、7%、14%、1%、1%、11%、5%、4%;另外,在相同功率下,短消融时间(5 min)时类圆率改善相对明显;而在相同消融时间下,低功率(40 W)时类圆率改善相对明显。结论:本研究初步提示,冰水冷循环微波消融可能可以通过缩短消融灶纵径提高类圆率,改善消融区域形态,尤其是在低功率短时间情况下效果可能更好,但仍需进一步实验获得更为准确的结果。

[关键词] 微波消融;冰水冷循环;类圆率

[中图分类号] R454.1

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2019)04-581-04

doi: 10.7655/NYDXBNS20190423

Experimental study on improving the spherical rate of microwave ablation by ice water cooled circulation

Ding Yiwen¹, Shi Haibin^{1*}, Sun Liangjun², Chen Qifeng³, Xu Hongdou¹, Yang Zhengqiang⁴

¹Department of Interventional Radiology, the First Affiliated Hospital of NMU, Nanjing 210029; ²ECO Corporation, Nanjing 210000; ³Department of Interventional Radiology, Sun Yat-sen University Cancer Center, Guangdong 510060; ⁴Department of Interventional Radiology, Cancer Hospital Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100021, China

[Abstract] **Objective:** To compare the effect of ice water cooled cycle microwave ablation and normal temperature water cooled cycle ablation on the morphology of ablation area. **Methods** Nine pieces of fresh isolated porcine livers, weighing 4.5-5.2 kg. The experiment was divided into ice water cooled cycle group and normal temperature water cooled cycle group. Each liver was ablated with normal temperature water cycle and ice water cooled cycle at the same time, at different ablation power (40, 60, 80 W), with different duration (5, 8, 10 min). After ablation, the liver tissues were cut along the needle path. The longitudinal diameters (LD), transverse diameters (TD) and preshoot diameters (PD) of the ablation areas were measured, and the spherical ratios (SR) were calculated. **Results:** Descriptive approach was used for preliminary reporting. Compared with the normal temperature group, the LD of the ice water group was relatively shortened by 13%, 10%, 12%, 15%, 11%, 13%, 8%, 8%, while the TD and PD were not obviously changed, so the SR was relatively increased by 22%, 21%, 7%, 14%, 1%, 1%, 11%, 5%, 4%. In addition, at the same power, the improvement of SR was more obvious in short duration time (5 min). While at the same duration time, the improvement of SR was more obvious at low power (40 W). **Conclusion:** This experiment preliminarily hints that microwave ablation with ice water cold cycle may increase the SR by shortening the LD of the ablation area, especially in the case of low power and short time. But further experiments are needed to obtain more accurate results.

[Key words] microwave ablation; ice water cooled cycle; spherical ratio

[基金项目] 国家自然科学基金(81571777)

[J Nanjing Med Univ, 2019, 39(04):581-584]

*通信作者(Corresponding author), E-mail: shihb@njmu.edu.cn

微波消融(microwave ablation, MWA)是重要的恶性肿瘤局部治疗方法,由于其热效能大,消融时间短,在临床上的应用越来越广泛^[1-3]。但是,目前微波消融针所产生的消融区域是沿消融针长轴,呈椭圆形的消融区域,这种形状的消融范围,与大多数肿瘤成球形生长的形态并不匹配^[4]。所以,现在的产品设计,包括采用气冷或水冷循环来改善微波针的拖尾征,即改善消融的正圆率(横径/长径),或者采用双针、环形天线等改善消融的正圆率^[5-8],未见文献报道采用冰水冷循环替代常温水冷,能否进一步改善微波消融的长径与横径比。本文通过离体实验,初步研究提示采用冰水循环可能可以进一步改善微波消融的正圆率,为临床应用提供初步的理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

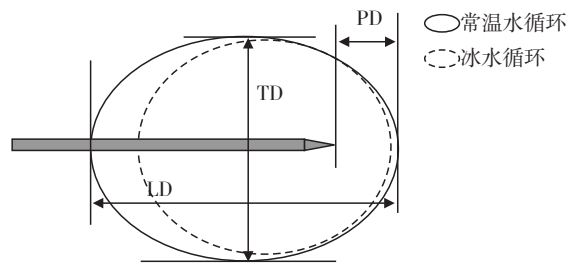
新鲜离体猪肝(*ex vivo* fresh swine liver)9个,重4.5~5.2 kg; ECO-100A, 2450 MHz微波消融仪(南京亿高公司); 1 000 mL袋装常温下生理盐水及1 000 mL袋装生理盐水冰水混合物。14 G冷循环微波消融针(南京亿高公司)。

1.2 方法

将新鲜离体猪肝平置于操作台上,每个肝脏选取2个进针点,两点之间的距离大于5 cm。然后使用2根相同型号的微波消融针,经2个进针点平行穿刺入离体猪肝内,进针深度5~8 cm。连接消融仪器后,2根消融针分别使用冰水冷循环以及常

温水冷循环进行消融。根据使用冷却循环水的不同,将实验分为冰水冷循环组及常温水冷循环组。输出功率分别设定为40、60、80 W,每种功率下分别以5、8、10 min的消融时间各进行1次实验。

消融结束后,沿消融针道,纵向切开离体猪肝脏组织,根据以往研究确定消融凝固区域^[9],测量消融区沿针道的最长纵径(LD),与针道垂直的最长径线为消融最长横径(TD),消融范围类圆率(SR)以TD与LD比值表示。SR越接近1,消融灶类圆率越好。以及测量针尖至消融区域的顶端距离,记录为前冲径(PD),如图1所示。相对变化以(冰水组-常温组)/常温组×100%表示。



LD: 纵径; TD: 横径; PD: 前冲径。

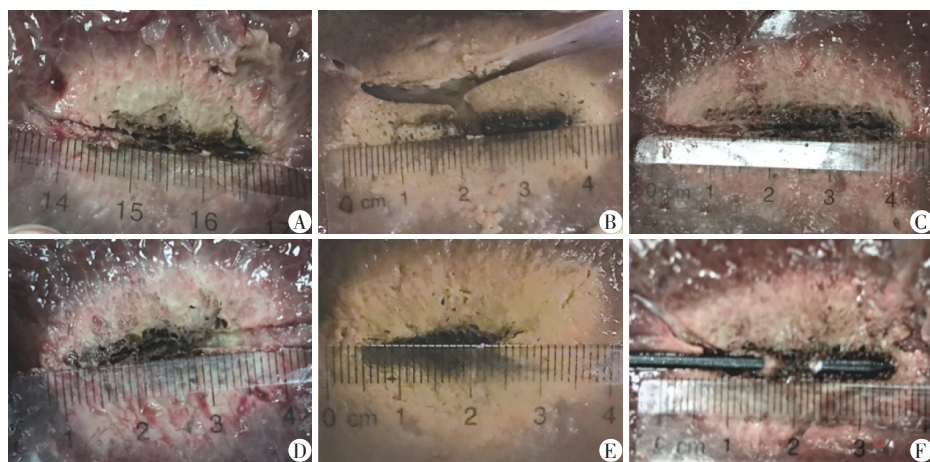
图1 微波消融灶示意图

Figure 1 Schematic diagram of ablation area

2 结果

观察不同输出功率的冰水及常温水循环所产生的消融大体标本(图2),可见形态上,冰水循环微波消融病灶整体上较常温水循环更接近圆形。

从测量结果看,9组消融灶,冰水循环组在纵径



A~C分别为常温水循环下40、60、80 W消融5 min所致消融灶,类圆率分别为0.65、0.58、0.65; D~F分别为冰水循环下40、60、80 W消融5 min所致消融灶,类圆率分别为0.79、0.66、0.73。

图2 不同冷却循环水所致肝组织消融灶大体观

Figure 2 Gross specimens of liver tissue treated with different circulating water

上比常温水循环组分别相对缩短了15%、13%、10%、12%、15%、11%、13%、8%、8%;而横径及前冲径上无明显相对变化;而在类圆率上,冰水循环组比常温水循环组分别相对提高了22%、21%、7%、14%、1%、1%、11%、5%、4%。

另外,从本次实验看,在相同功率下,短消融时

间(5 min)时类圆率改善相对较明显;而在相同消融时间下,低功率(40 W)时类圆率改善相对较明显(表1)。

3 讨论

微波消融是利用微波天线准确植入肿瘤的瘤

表1 常温水及冰水循环不同时间及功率所致消融灶

Table 1 Data of ablation area in different power and duration with different circulating water

功率(W)	时间(min)	常温水组				冰水组				SR相对增加率(%)
		LD(cm)	TD(cm)	PD(cm)	SR	LD(cm)	TD(cm)	PD(cm)	SR	
40	5	3.4	2.2	0.4	0.65	2.9	2.3	0.5	0.79	22
40	8	3.8	2.6	0.4	0.68	3.3	2.7	0.4	0.82	21
40	10	4.2	3.0	0.5	0.71	3.8	2.9	0.5	0.76	7
60	5	4.3	2.5	0.5	0.58	3.8	2.5	0.5	0.66	14
60	8	4.6	3.5	0.6	0.76	3.9	3.0	0.5	0.77	1
60	10	4.5	3.8	0.6	0.84	4.0	3.4	0.6	0.85	1
80	5	4.6	3.0	0.5	0.65	4.0	2.9	0.5	0.73	11
80	8	5.0	3.1	0.6	0.62	4.6	3.0	0.5	0.65	5
80	10	5.1	3.3	0.7	0.65	4.7	3.2	0.6	0.68	4

LD:纵径;TD:横径;PD:前冲径;SR:类圆率;SR相对增加率=(冰水-常温)/常温×100%。

体内,使组织内的极性分子在微波场的作用下高速运动摩擦产生热量。当温度升高到一定范围,肿瘤细胞的蛋白质变性凝固,导致其不可逆坏死,对肿瘤组织产生快速凝固性坏死的作用^[10]。与射频消融相比,微波消融有热沉效应小、消融效率高等优点^[11-12]。但尽管消融设备及技术在不断改进,目前消融灶的形态仍以椭球形为主。对于邻近胆管、胆囊、大动脉和肝包膜等危险区的肝脏肿瘤,椭圆形的消融区可引起严重并发症,如皮肤灼伤、肝包膜损伤、胆管损伤、膈肌损伤、肝脓肿等^[13-15]。如何能提高微波消融体积的正圆率,降低椭圆率,对于提升微波消融效率,减少肿瘤残留,降低消融并发症等有很好的临床价值。

本离体实验创新性地使用冰水冷却循环,与常温水冷循环进行比较,对进一步改善微波消融的类圆率进行一个初步的探索。初步结果提示,冰水冷却循环相比于传统的常温水循环微波消融,可能可以通过缩短其消融灶长径从而增加其类圆率,改善微波消融形态。这可能与温度更低的冰水循环能够进一步降低天线的针杆温度,减少热量沿针杆的蔓延,从而缩短长径有关;而其横径无明显减少,提示冰水循环可能并不影响消融时间延长所带来的消融横径的增加。但是,结果还提示,当功率较高或消融时间较长时,类圆率改善可能相对不明显,

这可能与杆温升温过快或升温时间较长,冰水循环仍不足以带走足够的热量有关。另外,冰水循环在10 min以内的消融没有影响消融灶的前冲径,提示冰水循环消融时仍需保持天线针尖与肿瘤边缘约0.5 cm的安全范围。因此,初步实验结果提示,冰水循环微波消融有提高消融灶类圆率的趋势。

本研究结果提示,在临床应用上,因为冰水循环可能提高消融区域正圆率,因而对于减少正常肝组织损伤,特别是对于邻近危险结构如靠近包膜、胆囊及肝内胆管的病灶,在降低皮肤、包膜、胆道的损伤上有很高的应用价值。同时,冰水循环消融因为可能提高了正圆率,对于多数球形生长的病灶,可以提高其消融效率,但是由于消融纵径缩短,可能会导致病灶边缘残留,因而需要通过调整功率及时间来获得更好的消融效果,本研究结果可作为参考,但需大量重复实验以及临床研究来指导临床应用。

本研究率先提出使用冰水冷循环尝试提高了消融灶的类圆率,但尚有一些不足之处,第一,此研究未进行一定量的重复,未进行统计学分析,只是对我们初步观察到的结果进行一个简单的报告;第二,该实验为离体猪肝实验,与正常肝组织相比,缺少了体温、血流等的影响;第三,所选肝脏为正常肝组织,与肿瘤组织相比可能有一定区别;第四,仅根

据以往研究测量消融范围,未通过病理进行确定;另外,未进行循环水温度的监测及其温度场分布的测定。因此本研究所提示结果仍需大量重复实验以期得到更为准确的冰水冷却循环状态下功率、时间与类圆率的关系及临床应用来反映其消融效果。

综上所述,该创新性实验初步提示,使用冰水冷却循环进行微波消融,可能可以通过缩短消融纵径从而提高消融区域的正圆率,尤其是在低功率短时间的情况下效果可能更好,这对于临床上特殊位置如靠近包膜、胆道系统的病灶消融以及减少正常肝组织损伤等方面有较大的临床价值,但是仍需要进一步的实验来验证。

【参考文献】

[1] Sun AX, Cheng ZL, Wu PP, et al. Clinical outcome of medium-sized hepatocellular carcinoma treated with microwave ablation[J]. World J Gastroenterol, 2015, 21(10): 2997-3004

[2] Song P, Sheng L, Sun Y, et al. The clinical utility and outcomes of microwave ablation for colorectal cancer liver metastases[J]. Oncotarget, 2017, 8(31): 51792-51799

[3] Giorgio A, Gatti P, Montesarchio L, et al. Microwave ablation in intermediate hepatocellular carcinoma in cirrhosis: an Italian multicenter prospective study[J]. J Clin Transl Hepatol, 2018, 6(3): 251-257

[4] 伏旭,何健,史炯,等. 肝细胞癌大体形态分型的临床意义[J]. 中华消化外科杂志, 2015, 14(2): 120-126

[5] 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(3): 914-924

[6] Ziemlewicz TJ, Hinshaw JL, Lubner MG, et al. Percutaneous microwave ablation of hepatocellular carcinoma with a gas-cooled system: initial clinical results with 107 tu-

mors[J]. J Vasc Interv Radiol, 2015, 26(1): 62-68

[7] Shock SA, Meredith K, Warner TF, et al. Microwave ablation with loop antenna: *in vivo* porcine liver model[J]. Radiology, 2004, 231(1): 143-149

[8] Lubner MG, Ziemlewicz TJ, Hinshaw JL, et al. Creation of short microwave ablation zones: *in vivo* characterization of single and paired modified triaxial antennas laboratory investigation [J]. J Vasc Interv Radiol, 2014, 25(10): 1633-1640

[9] Burdío 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(7): 822-830

[10] Lubner MG, Brace CL, Hinshaw JL, et al. Microwave tumor ablation: mechanism of action, clinical results, and devices [J]. J Vasc Interv Radiol, 2010, 21(8 Suppl): S192-S203

[11] Wright AS, Sampson LA, Warner TF, et al. Radiofrequency versus microwave ablation in a hepatic porcine model [J]. Radiology, 2005, 236(1): 132-139

[12] Ringe KI, Lutat C, Rieder C, et al. Experimental evaluation of the heat sink effect in hepatic microwave ablation [J]. PLoS One, 2015, 10(7): e0134301

[13] Teratani T, Yoshida H, Shiina S, et al. Radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma in so-called high-risk locations[J]. Hepatology, 2006, 43(5): 1101-1108

[14] Yang W, Yan K, Wu GX, et al. Radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma in difficult locations: Strategies and long-term outcomes [J]. World J Gastroenterol, 2015, 21(5): 1554-1566

[15] Dou JP, Yu J, Yang XH, et al. Outcomes of microwave ablation for hepatocellular carcinoma adjacent to large vessels: a propensity score analysis [J]. Oncotarget, 2017, 8(17): 28758-28768

【收稿日期】 2018-11-05

(上接第578页)

coiled-coil stalk domain in the etiology of CFEOM1 [J]. BMC Genet, 2007, 8: 26

[11] van der Vaart B, van Riel WE, Doodhi H, et al. CFEOM1-associated kinesin KIF21A is a cortical microtubule growth inhibitor [J]. Dev Cell, 2013, 27(2): 145-160

[12] Cheng L, Desai J, Miranda CJ, et al. Human CFEOM1 mutations attenuate KIF21A autoinhibition and cause oculomotor axon stalling [J]. Neuron, 2014, 82(2): 334-349

[13] Miyake N, Chilton J, Psatha M, et al. Human CHN1 mutations hyperactivate alpha2-chimaerin and cause Duane's retraction syndrome [J]. Science, 2008, 321(5890): 839-843

[14] Nugent AA, Park JG, Wei Y, et al. Mutant alpha2-chimaerin signals via bidirectional ephrin pathways in Duane retraction syndrome [J]. J Clin Invest, 2017, 127(5): 1664-1682

【收稿日期】 2018-10-22