中华心律失常学杂志 2013 年 6 月第 17 卷第 3 期 Chin J Cardiac Arrhyth, June 2013, Vol.17 No.3

·基础研究·

# 功率、时间和间距对离体猪心双极射频消融的影响

李敏 徐瑾 陈颖敏 罗章源 张文赞 何奔

【摘要】 **目的** 研究临床条件下多参数双极射频消融在离体猪心上形成的消融灶的形态大小，评价双极射频消融的有效性和安全性。**方法** 在预设功率(30 W 和 40 W)和灌注条件(1250 ml/h)下用 4 mm 的大头双极消融电极对新鲜离体猪心进行消融，电极间距离从 12~17 mm，时间从 20~90 s，测定交汇消融灶的长度、深度、连接率和爆破率。**结果** 时间增加时，长度、深度、连接率、爆破率都增加；间距增加时，长度增加，深度、连接率、爆破率下降；功率增加时，长度、连接率、爆破率增加，深度减小。12 mm、20 s、30 W，有盐水灌注(1250 ml/h)时双击消融有效性和安全性最好，长度均值为 19.89 mm，深度均值为 3.94 mm，连接率 100%，爆破率 6%。**结论** 双极消融可以在电极间距离 12 mm、20 s、30 W、有灌流(1250 ml/h)时形成稳定的交汇消融灶。

【关键词】 双极消融；离体猪心；功率

**Effect of power, time and space on isolated pig heart bipolar radiofrequency ablation**

*LI Min*, XU Jin, CHEN Ying-Min, LUO Zhang-Yuan, ZHANG Wen-zan, HE Ben. *Department of Cardiology, Renji Hospital, Shanghai Jiaotong University Medicine School, Shanghai 200127, China*

*Corresponding author: CHEN Ying-min, Email: chenyingmin@medmail.com.cn*

【**Abstract**】 **Objective** To investigate the effectiveness and safety of clinical bipolar radiofrequency ablation in vitro pigs hearts on different conditions. **Methods** The effects of bipolar radiofrequency ablation in the power of 30 W and 40 W, with a 4 mm bipolar electrode, electrode distance from 12 mm to 17 mm, time from 20 s to 90 s, cold saline perfusion(1250 ml/h) on isolated fresh pigs hearts were evaluated. The lesion size including lengthand depth, connection rate and blasting rate were measured. **Results** As time increases, the lesion length was increased, depth, connection rate, blasting rate increased; as distance increases, the lesion length was increased, connection rate, blasting rate were reduced; as power increases, the lesion length, connection rate, blasting rate were increased while the depth was reduced. The effectiveness and safety was the best when using 12 mm, 20 s, 30 W, 1250 ml/h, the mean lesion length was 19.89 mm, the average depth was 3.94 mm, connection rate was 100%, blasting rate was 6%. **Conclusion** Bipolar radiofrequency ablation in power of 30 W, bipolar electrode with 12 mm, 20 s, 1250 ml/h waseffectiveness and safety.

【**Key words**】 Bipolar ablation; Isolated pigs hearts; Power

射频消融的出现对于心房颤动(房颤)的治疗是革命性的。近年来，应用消融钳进行双极消融作为外科手术中治疗房颤的策略，效果得到肯定。在内科，由于手术路径的不同，房颤的消融主要采用冷盐水灌注单极导管进行以隔离肺静脉电位为基础策略的消融方式。消融可以形成解剖障碍，隔离肺静脉电位，阻断肺静脉-心房间的双向传导，使房颤不能维持[1]。消融终点应达到消融线的完成、消融过程中房颤的终止、消融后房颤不再被诱发。显然，外科应用消融钳进行双极消融，简单、快速；而内科，经单极导管消融是逐点移动消融，最终形成连续的消融线，复杂又费时。我们引入外科双极消融理念，构

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6638.2013.03.012
基金项目：2011 上海市科学技术委员会实验动物专项资助(11140900800)；2012 上海市科学技术委员会实验动物专项资助(12140902900)
作者单位：200127 上海交通大学医学院附属仁济医院心内科(李敏、徐瑾、陈颖敏、何奔)；杰升生物科技(上海)有限公司(罗章源、张文赞)
通信作者：陈颖敏，Email：chenyingmin@medmail.com.cn

万方数据

建以导管组成的双极消融模式，初步探讨在灌注条件下导管双极消融的有效性、安全性，以及时间、间距、功率对消融效果的影响。

## 资料和方法

1. 双极射频消融仪及电极：对比美国 AtriCure 公司的双极射频消融钳系统的工作模式，两根头电极为 4 mm 的温控导管，材料为 90%铂金和 10%铱金，每个电极各带 6 个灌注孔。我们采用改进型的射频消融模式，该模型使用 IBI-1500T8 射频仪和科力医疗 ZNB-XG 型智能输液泵，并配置循环恒温水浴装置。实验时将两根电极连接于射频仪，其中 1 根利用 1641 尾线连接消融导管，1 根通过改进 1910 尾线连接于背极板接口。双极消融时，在两个电极之间形成电流回路。使用数显游标卡尺（德国 Asimeto 公司，分辨率为 0.01 mm，允许误差为±0.03 mm/150 mm）固定两个消融电极间的距离，两个电极间距离从 12 mm 以 1 mm 递增至 17 mm。头端电极嵌入温度传感器，导管主体材料为 PebaxTM 聚酯热塑弹性体，手柄材料为聚碳酸酯，导管具有可调弯头部，以满足贴靠组织的需求，调节手柄使电极头端形成满意的组织贴靠，与组织以垂直方式接触，进行双极消融。

2. 离体猪心的双极消融：使用冷链运输，保鲜包装的当天新鲜离体猪心，置于水浴 37℃的 Langendorff 心脏离体灌流体系中。射频时采用功率控制模式（30 W 和40 W），时间从 20 s 开始，以 10 s 递增，直至 90 s，在冷盐水灌注（生理盐水温度 25℃、灌流速度为 1250 ml/h）条件下，不同电极间距离，范围 12～17 mm，以1 mm 递增，进行双极消融。消融时观察平均温度、功率、阻抗，消融结束后观察消融灶的形态，使用数显游标卡尺测量单个消融灶或交汇区的长度、深度、连接情况及气爆次数等指标，评价不同电极间距离、不同消融条件下双极消融的有效性和安全性，以选取一个合适值作为电极间距离，以及最佳的消融条件（包括预设单次放电功率、时间）。

3. 统计学处理：计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示，计数资料用率表示。计量资料比较用 $t$ 检验，方差分析。计数资料用 Pearson 卡方或连续性校正卡方检验。连接率和爆破率行相关回归分析。全部数据采用 SPSS13.0 统计软件进行分析，$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结　果

1. 时间、间距、功率对双极消融效果的影响：时间增加时，长度、深度、连接率、爆破率都增加；间距增加时，长度增加，深度、连接率、爆破率下降；功率增加时，长度、连接率、爆破率增加，深度减小（图 1～8）。

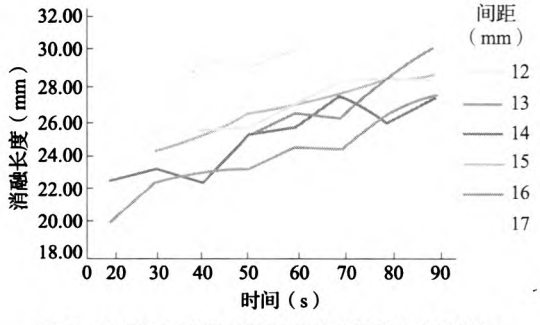



**图 1**　30 W 时，时间和间距因素对消融长度的影响

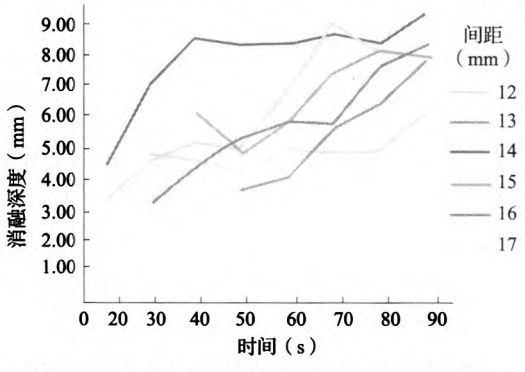



**图 3**　30 W 时，时间和间距因素对消融深度的影响

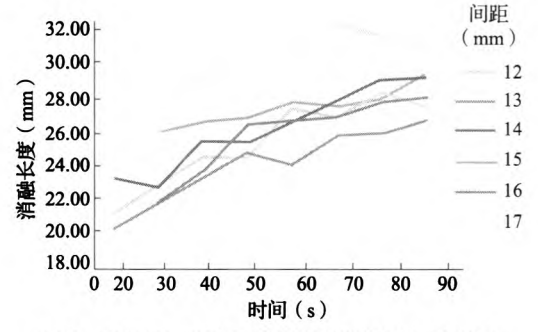



**图 2**　40 W 时，时间和间距因素对消融长度的影响

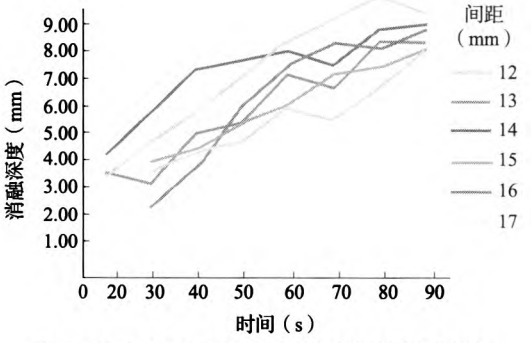



**图 4**　40 W 时，时间和间距因素对消融深度的影响

万方数据

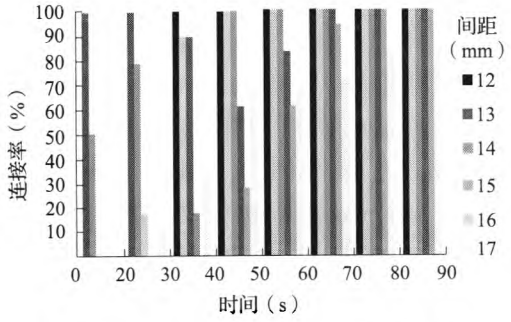



**图 5**　30 W 时，时间和间距因素对连接率的影响

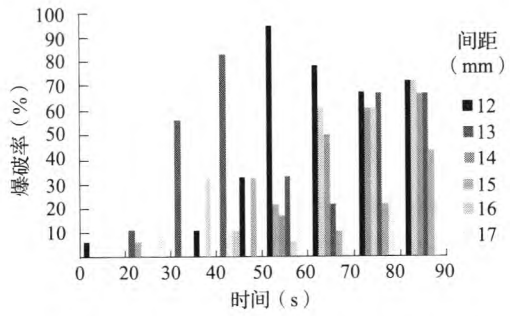



**图 7**　30 W 时，时间和间距因素对爆破率的影响

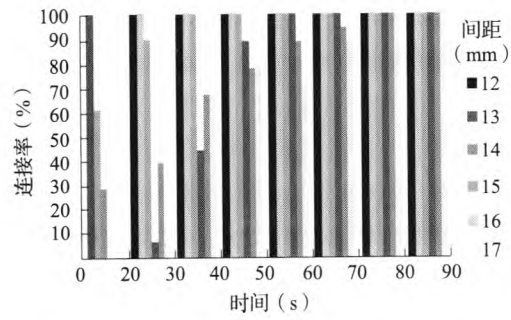



**图 6**　40 W 时，时间和间距因素对连接率的影响

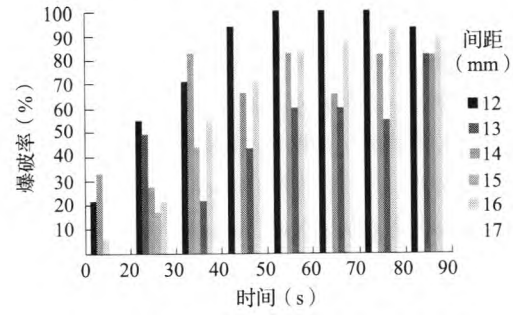



**图 8**　40 W 时，时间和间距因素对爆破率的影响

2. 时间、间距对双极消融效果的影响区间：时间因素对消融长度在 90 s 差异无统计学意义，对消融深度在 50 s 差异无统计学意义，对连接率在 60 s 和 80 s 差异无统计学意义，对于爆破率在 60 s 差异无统计学意义。间距因素对消融长度在 15 mm 差异无统计学意义，对消融深度在 14～15 mm 差异无统计学意义，对连接率在 16～17 mm 差异无统计学意义，对于爆破率在 15～17 mm 差异无统计学意义。提示时间因素在 20～40 s，间距因素在 12～13 mm 对长度、深度、连接率和爆破率差异均有统计学影响。

3. 双极消融最佳有效性和安全性的参数值：对连接率和爆破率进行相关回归分析，相关系数 0.791，差异有统计学意义，回归系数 0.626，差异有统计学意义。如果要求深度均值不大于 4 mm，计算各间距非爆破率加连接率最大效益值，可知有盐水灌注时 12 mm、20 s、30 W 时连接率为 100%，爆破率 6%，效益值最大，即消融的有效性和安全性最佳，消融长度均值为 19.89 mm，消融深度均值为 3.94 mm。

## 讨　论

房颤是最常见的反复、持续性心律失常。房颤的治疗策略包括心率和心律控制。心律控制策略是采用药物复律、电复律、射频消融等手段使患者恢复窦性和维持心律，能显著地改善患者的症状、提高患者的生活质量，减少抗凝药物的使用。心率控制策略主要是应用药物控制房颤患者的心室率以及预防、减少血栓的形成。心律控制是房颤治疗的最理想目标，然而心律控制由于抗心律失常药物的致心律失常作用、复发、抗凝药物的出血风险而被认为不及心率控制安全、有效。射频消融的出现对房颤的治疗是划时代的，由导管消融维持窦性心律有望使患者受益。

射频仍是当前主要采用的消融能量，专家共识未推荐最佳的射频能量输出系统和导管。大环肺静脉消融是目前采用的主要术式，对阵发性房颤和持续性房颤均有较好的疗效[2]。临床上射频消融普遍使用 4 mm 的温控导管，以冷盐水灌注，要达到环肺静脉线性消融，每侧肺静脉平均需要约 40 个消融靶点。Demazumder 等[3-4] 曾在体外测试头电极为 4 mm 的单极导管形成损伤交汇的所需最小电极间距离，无液体流动时为 2 mm，有液体流动时（模拟血流）为 5 mm，而置于体内这一距离还将缩短，也就是说，相邻消融靶点的距离要<5 mm 才能形成有效的连续损伤。组织损伤的范围大小（主要是长度和深度）是消融有效性和安全性的评价指标，单个消融点造成的组织损伤范围越大，形成交汇所需的最短

万方数据

电极间距离就越大，所需的消融靶点个数就越少。增加头电极的大小可以扩大电极组织接触面积、易于头电极的冷却。加强射频功率、温度和时间，可增大组织损伤范围，但也增加了组织灼焦、结痂的风险。灌注电极因能迅速冷却而比干电极更容易形成范围较大的组织损伤。

目前尚缺乏经导管双极射频消融应用于环肺静脉线性消融的研究。美国 AtriCure 公司的双极射频消融钳系统推进了房颤的外科治疗，也提示了我们房颤内科导管治疗的新方向。现阶段，射频消融时消融靶点是一个互相独立的单极消融点，每个消融点都能造成一定范围的组织损伤，只要距离足够近，相邻靶点的组织损伤就能交汇，形成连续解剖障碍，房颤的经导管心内膜消融（主要以环肺静脉线性消融为基础）是治愈房颤，恢复和维持窦性心律的重要治疗手段。消融线的完整性是达到双向阻滞的保证，这又依赖于彻底的解剖隔离。双极射频消融较单极消融 1 次放电所形成的组织损伤范围更大，主要是长度的明显增加，同时亦能达到一定的深度，更有利于解剖隔离的形成。近年来，双极消融作为房颤外科治疗策略备受青睐，对器质性心脏病合并房颤疗效肯定[5-7]。由于双极消融在两个电极间形成电流回路，能将热量局限在两个电极间的组织，使之凝固、坏死。Anfinsen 等[8]的研究指出，在无灌注的条件下，头电极为 4 mm 的导管双极消融模式下形成连续损伤所需的最小电极间距离在体外为 9 mm，在体内则为 6～8 mm，同时他们将电极间距离固定在 5 mm 做成双极导管对猪的右心房游离壁和下腔静脉-三尖瓣的三尖瓣峡部进行了心内膜消融的尝试，证实了经导管双极射频消融可以形成有效的连续损伤，但他们并没有在灌注条件下进行试验。我们模拟美国 AtriCure 公司的双极射频消融钳系统的工作模式，采用两根单极消融导管以双极的连接方式，形成电流回路，构建以导管组成的双极消融模式，通过灌注生理盐水形成外部循环对头电极进行冷却，保证头电极温度始终维持在较低水平，达到恒定输出的预设功率，对新鲜离体猪心进行消融。初步表明在灌注的条件下，电极间距离增加到 12 mm 时可以在体外形成连续损伤，电极间距离进一步增大时，形成连续损伤的效率下降，可以通过增加功率和/或温度、时间、灌流量来弥补。如果要求深度均值≤4 mm，有盐水灌注（1250 ml/h）时，12 mm、20 s、30 W 时连接率为 100%，爆破率 6%，效益值最大，即消融的有效性和安全性最佳，消融长度均值为 19.89 mm，消融深度均值为 3.94 mm。

本研究通过导管模拟双极消融模式，仅探讨了灌注条件下体外猪心双极消融的有效性、安全性，以及时间、间距、功率对消融效果的影响。对于双极消融导管应用于临床，首先需要开发真正意义上的双极消融导管，同时解决导管的贴靠等问题。我们的研究尚处于初期基础探索。

## 参 考 文 献


[1] Haïssaguerre M, Shah DC, Jaïs P, et al.Electrophysiological breakthroughs from the left atrium to the pulmonary veins. Circulation, 2000, 102:2463-2465.

[2] Pappone C, Rosanio S, Oreto G, et al.Circumferential radiofrequency ablation of pulmonary vein ostia: A new anatomic approach for curing atrial fibrillation. Circulation, 2000, 102:2619-2628.

[3] Demazumder D, Mirotznik MS, Schwartzman D. Comparison of irrigated electrode designs for radiofrequency ablation of myocardium. J Interv Card Electrophysiol, 2001, 5:391-400.

[4] Demazumder D, Mirotznik MS, Schwartzman D. Biophysics of radiofrequency ablation using an irrigated electrode. J Interv Card Electrophysiol, 2001, 5:377-389.

[5] Basu S, Nagendran M, Maruthappu M. How effective is bipolar radiofrequency ablation for atrial fibrillation during concomitant cardiac surgery? Interact CardioVasc Thorac Surg, 2012, 15: 741-748.

[6] Onorati F, Rubino AS, Mariscalco G, et al. Results of atrial fibrillation ablation during mitral surgery in patients with poor electroanatomical substrate. J Heart Valve Dis, 2009, 18:607-616.

[7] 赖颢，王春生，丁文军，等. 双极射频消融及迷宫术治疗风湿性心脏病合并长期持续性心房颤动. 中华心律失常学杂志，2009，13，206-208.

[8] Anfinsen OG, Kongsgaard E, Foerster A, et al. Bipolar radiofrequency catheter ablation creates confluent lesions at larger interelectrode spacing than does unipolar ablation from two electrodes in the porcine heart. Eur Heart J, 1998, 19:1075-1084.


（收稿日期：2013-01-16）
（本文编辑：范桂娟）

万方数据