

DOI:10.16781/j.0258-879x.2016.09.1128

心房颤动导管消融术式的进展

王 浩, 梁兆光*

哈尔滨医科大学附属第一医院心血管内科, 哈尔滨 150000

[摘要] 心房颤动(房颤)的主要治疗手段有抗栓法、控制心室率法、电复律法和导管消融术等,其中导管消融术的应用为房颤的治疗提供了新的方式。随着对房颤产生机制及维持机制的深入探讨,导管消融术不断完善,发展出心房内线性消融、针对肺静脉触发灶的导管消融、心房复杂碎裂电位消融、房颤转子消融等多种术式。本文综述了目前房颤导管消融术不同术式的研究进展,为临床房颤的治疗提供参考。

[关键词] 心房颤动;导管消融术;手术方法

[中图分类号] R 541.75 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2016)09-1128-06

Catheter ablation of atrial fibrillation: recent progress

WANG Hao, LIANG Zhao-guang*

Department of Cardiovascular Medicine, The First Affiliated Hospital, Harbin Medical University, Harbin 150000, Heilongjiang, China

[Abstract] Antithrombotic method, ventricular rate control, electrical cardioversion and catheter ablation are the main methods for atrial fibrillation treatment. The use of catheter ablation provides a new method for atrial fibrillation treatment. With the deeper understanding of the mechanism for atrial fibrillation generation and maintaining, catheter ablation also achieved continuous developments, including atrial ablation, pulmonary vein trigger ablation, complex fractionated atrial electrogram ablation, and rotor ablation, etc. This paper reviewed the progress on different operation methods of catheter ablation for atrial fibrillation, hoping to provide new theoretical basis for treatment of atrial fibrillation.

[Key words] atrial fibrillation; catheter ablation; operation methods

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2016, 37(9): 1128-1233]

心房颤动(简称房颤)是心律失常的主要类型之一,能够引起严重的并发症,如心力衰竭和动脉栓塞等,严重威胁人类健康。房颤的主要治疗手段有抗栓法、控制心室率法、电复律法和导管消融术等。导管消融术治疗房颤可以视为在人类房颤研究史上的重要里程碑。1998年,Haïssaguerre等^[1]发现阵发性房颤可由位于肺静脉内局灶的异位兴奋灶而诱发,并依此提出经导管射频消融肺静脉与左心房间的电连接,可使得因肺静脉电位驱动/触发心房电活动而引发的房颤得以治疗。此后,对房颤的产生机制及维持机制的研究已逐步成为心脏电生理领域的热点,由此,从心房内线性消融术开始,消融术由外科手术走向导管插入术,并发展出多种术式,包括针对肺静脉触发灶的导管消融、心房复杂碎裂电位消

融、房颤转子消融等。导管消融术对房颤的治疗效果也得到越来越多的认可,逐渐显现出其治疗房颤的优越性。本文综述了目前房颤导管消融术不同术式的研究进展,为临床房颤治疗提供参考。

1 心房内线性消融术

房颤非药物治疗起始于外科领域。20世纪中叶 Moe等^[2]提出“多发子波”学说:当患者发生房颤时,大量持续变化着的子波会出现在左、右心房内,这些导致房颤的子波由折返而形成,而一定量的心肌组织是子波传递的载体,在不断的相互撞击、消灭和融合过程中,新的子波随即诞生。后来, Cox等^[3]根据这项学说创新性地提出了迷宫手术(MAZE),即利用切割线将心房组织分隔成若干个

[收稿日期] 2016-03-04 **[接受日期]** 2016-03-29

[作者简介] 王 浩, 硕士生, E-mail: doctor_wh@163.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 0451-85555682, E-mail: zhaoguangliangsuper@126.com

小块状,当每块的心肌组织量比保证子波折返正常运行时的心肌组织量小时,房颤则不能发作。而后 Swartz 等^[4]尝试模仿 MAZE 进行房颤的导管射频消融术,18 例房颤手术术后 1 年的成功率为 78%,但是对于早期心脏内科应用介入治疗来模仿 MAZE 的导管消融,手术操作十分复杂,大大增加了介入医生在 X 线下的曝光量,且在治疗后出现心包压塞、卒中、心脏穿孔和栓塞等的概率可达 1/5,因此在临床不可取。

因模仿外科迷宫手术消融操作过于复杂、费时,且无法复制外科 MAZE 的高超疗效,1994 年 Haïssaguerre 等^[5]在右房和(或)左房内进行了一项突破性的手术,只在房内留下必需的消融线,基本上实现了通过连续透壁起到治疗房颤的目的。近年来在对非永久性房颤行复合术式的导管消融时,线性消融成为主要术式之一^[6]。

与外科 MAZE 相比,心房内线性消融治疗房颤重在“电生理”,即能通过心腔内标测电极和导管消融电极记录心内膜电位,观察消融过程中电位的变化过程,并分析房颤发生机制,评估消融的有效性,因此 Haïssaguerre 等^[1]在消融中发现了房颤触发灶的重要性,从而开启了经导管治疗房颤的新纪元。

2 针对肺静脉触发灶的导管消融术

Scherf 等^[7]于 1953 年提出全新的房颤机制假说:房颤的发生是由于局灶的异位心肌细胞自律性明显增加。直到 20 世纪后期,Schuessler 等^[8]在研究房颤发生时观察到一些类似颤动样、周长极短的波会出现在心房内,并向周围组织传导。该发现较多发子波折返学说的不同之处具体表现在此类激动有固定的驱动灶,然而这一发现在当时未得到重视。随后 Haïssaguerre 等^[1]发现阵发性房颤可由位于肺静脉内局灶的异位兴奋灶而诱发,消融位于肺静脉内的异位兴奋灶/触发灶可以达到终止房颤的目的,并进一步提出了“肺静脉波”假说^[9],局灶驱动学说才受到重视。这些触发灶是有规律的,主要分布在肺静脉等心脏特殊结构周围,该规律的发现使导管消融术治疗阵发性房颤得到保证。

2.1 点消融术 其实,Haïssaguerre 等^[10]在提出“肺静脉波”假说之前就已有通过消融触发点实现消融房颤的相关报道。后来,一项关于利用消融治疗

房颤的研究随机抽样调查了阵发性房颤患者 45 例,69 个病灶中有 65 个起源于肺静脉,经过消融治疗后再随访(8±6)个月,发现无房颤发作的患者占 62%^[1]。1999 年 Chen 等^[11]在报道中指出,116 个病灶中有 103 个是起源于肺静脉,经消融治疗后 110 个(94.5%)病灶被成功消除,随访(8±2)个月,68 例患者未复发,治愈率达 86.1%。但食管超声心动图显示有 42.4%的消融肺静脉出现局灶性狭窄,2 例患者伴有呼吸困难。2002 年马长生等^[12]报道了经局灶性消融治疗 50 例阵发性房颤,其中成功消融 44 例(88%),随访 1 年半,15 例(30%)患者无房颤发作,肺静脉狭窄发生率为 6.8%。

为提高房颤的治愈疗效,在进行点消融术前先要分析房颤发生的起源灶,再进行相关局灶性消融术。这一举措使得手术时间和 X 线曝光时间大大缩短,不足之处是触发灶可能呈现出多灶性,消融某一病灶又出现新的触发灶或根本不能发现触发灶,这成为点消融术成功率不高和术后复发的原因之一。此外点消融的肺静脉狭窄发生率高达 6%~28%^[13],包括这一并发症导致的严重后果如肺动脉高压、咳血、呼吸困难和死亡等。因此,寻找新的消融线径或方法已成为必然的选择,也因此出现了节段性肺静脉电隔离术。

2.2 节段性肺静脉电隔离术 节段性肺静脉电隔离术是指在环状标测电极的指导下,通过节段性消融 4 个肺静脉开口或开口近端,使得肺静脉电位和左房电位达到成功电隔离。这种方法术后近期复发率为 44%,随访 4 个月后平均成功率达 73%^[14]。手术部位开口在肺静脉的心房侧,旨在避免由肺静脉内消融引发的肺静脉狭窄,最终达到肺静脉完全被电隔离的消融目的。其理论依据是左房和肺静脉间存在一定数量的电连接,节段性肺静脉电隔离就是消融这些电连接部位,使左心房与肺静脉之间的电活动达到完全电隔离^[15]。

节段性肺静脉电隔离术在很大程度上提高了阵发性房颤导管消融的手术成功率,使房颤的导管消融手术治疗取得了前所未有的突破性进展。一般电学隔离的消融线径长要比肺静脉口部周长短 60%,这是因为连接在肺静脉和左心房之间的肌袖纤维没有均匀沿肺静脉口部分布。但电隔离术也有很多不足之处,比如在持续性房颤的治疗效果方面远较阵

发性房颤弱^[16],且肺静脉电位在电隔离后恢复率高。Proietti等^[17]对节段性肺静脉电隔离的影响因素进行分析,结果发现房颤的类型和左心房的内径是影响手术结果的最主要因素。节段性肺静脉消融电隔离只能隔离触发灶,却不能改良基质,虽然对阵发性房颤有一定效果,但对于持续性或起源于非肺静脉类的房颤以及心房增大的患者则不能收到良好效果。

2.3 三维标测指导下环肺静脉电隔离 阵发性房颤采取节段性肺静脉电隔离术效果良好,但该技术治疗持续性房颤时却得不到满意效果^[16]。肺静脉及其周围组织在房颤的触发和维持方面发挥着关键作用,为了在此基础上进一步提高导管消融的成功率,特别是在非阵发性房颤导管消融治疗上有更好的效果,Pappone等^[18]率先开展了环肺静脉线性消融术。理论上,此消融术大大提高了房颤消融的成功率,它不仅仅是迎合了肺静脉触发机制,而且还引入了新手段。为了提高房颤治愈率,可采取消除维持持续性房颤的基质、去迷走神经、消除碎裂电位、缩容左心房等手段。为实现电隔离同侧上、下肺静脉,在保证消融线维持于肺静脉口外0.5~1.0 cm的前提下,将环状标测电极应用于环形消融肺静脉前庭部,可大大提高房颤消融术的成功率。Ouyang等^[19]对房颤病史在1年内的40例持续性房颤患者行环肺静脉前庭电隔离术,消融终点是达到肺静脉与左心房的完全电隔离,随访1年,手术成功率高达95%(其中35%患者进行了二次消融)。肺静脉隔离在以下情况中不太适用:房颤持续时间长达1年以上、合并有器质性心脏病、左心房扩大明显。Wójcik等^[20]经长期随访发现,左心房心动过速与左房扑动的发生率在早期为2%,晚期可达8%。80%以上的房性心动过速发生与消融径线存在传导间隙或传导恢复有关。为了提高房颤消融的成功率和降低术后房性心动过速的发生率,临床上又引入扩展术式,即在心房内增加消融径线。这一手术一般采取左心房顶部径线、左房室瓣峡部径线和右房峡部径线等,这种方法具有终点明确和疗效确切的优点,但也存在着局限:需在三维标测系统指导下进行,手术技术要求高,消融范围广,手术过程中可能出现连续透壁损伤,增加心包压塞和血栓栓塞的发生率^[21]。

3 心房复杂碎裂电位消融

经典的多发性子波折返假说认定房颤特别是持续性房颤的发生与维持主要取决于肺静脉以外的心房组织本身,即存在易发生和维持房颤的基质。因此通过单纯肺静脉电隔离来根除持续性房颤的方法即使在理论上也可以说是先天不足的。而肺静脉电隔离实际上也只是聚焦于肺静脉,在环形隔离肺静脉的思路更多地破坏肺静脉周围的心房组织,而还不是完全意义上的针对心房基质进行治疗。一个全新的射频消融术式,即通过三维标测系统完成左、右心房模型重建,在心房内找到存在碎裂电图(CFAEs)的部位进行消融^[22]。这种方法完全摒弃了线性消融和主要针对肺静脉的策略,形成了特有的消融方法。Nademanee等^[23]在消融中发现房颤多起源于肺静脉周围、左房室瓣环左后间隔区和左心房顶部等处,进行相应部位消融后手术成功率可达90%以上。此外,Nademanee等^[23]还采取了一种特殊的消融术,术中在碎裂电位分布的指导下,以肺静脉为核心,并不消融肺静脉周围,只是在消融左房顶部和房间隔后房颤消失。目前,大多数医院只是将碎裂电位消融术与环肺静脉隔离术作为一种复合导管消融术式在应用,临床上单独行碎裂电位消融术的极少。Estner等^[24]运用这一复合术式治疗房颤获得了66%的成功率,并且随访后发现复发率也较低。心房复杂碎裂电位消融为房颤的消融提供了新的策略,同时让人们对房颤的发生机制有了更深入的认识,但其效果还需进一步验证。

4 房颤转子消融

Narayan等^[25]应用心房全景标测技术观察到房颤患者心房内确实存在转子,且为较大尺度的转子。这为探寻房颤触发-维持机制带来了一种全新的观点。但转子以多种多样的形式存在,且在形成后的几个周期内迅速消失,其出现位置也具有很大的随机性。

CONFIRM试验为首个应用传统消融+转子和局灶消融(FIRM)的实验。结果发现97%的患者存在转子。在FIRM+传统消融组中,首先进行FIRM,随后进行传统消融。单纯FIRM后86%的患者可以在手术过程中急性终止。在单次消融术后

的随访里, FIRM + 传统消融组患者的窦性心律维持率远大于传统消融组(82.4% vs 44.9%)^[26]。

与传统消融方法相比, FIRM 不仅大幅度缩短了放电时间, 而且常常可以急性终止房颤, 这种高度个体化的消融术式明显区别于传统解剖消融术式, 无疑使房颤导管消融的学习时间曲线显著缩短。另有文献报道, FIRM 对左房直径较大、合并高血压、心力衰竭等基础疾病的房颤患者的消融成功率也明显优于传统消融组^[27]。

Narayan 等^[28]进行的 FIRM 实验结果提示, 导致房颤的转子是稳定可标测的, 靶向消融转子(或)局灶起源能够提高房颤导管消融的成功率。目前这一研究结果仍需要其他中心加以重复和验证。此外, 转子的机制尚待进一步研究。

5 房颤消融的其他术式

Haïssaguerre 等^[29]报道了一种特殊消融法, 采取四步法逐级慢速消融。60 例房颤患者作为试验对象, 首先对肺静脉和上腔静脉进行电隔离消融; 其次, 实行冠状静脉窦隔离, 使电位分离或消失; 再次, 对左心房连续和碎裂电位、激动周长较短、或导管两端电位存在极差的电位进行消融, 恢复局部电位的规律性和正常性; 最后, 线性消融左房室瓣和右房室瓣峡部。消融术后房颤终止率达 87%, 随访 3 个月后发现 24 例患者(40%)发生房性心动过速。随访(11±6)个月, 成功率为 95%。该方法集电位消融和线性消融等方法于一体, 具有消融部位广泛的优点, 但消融过程烦琐且术后房性心动过速复发率高, 这种方法对持续性房颤消融的效果也有待进一步评估。

房颤的发生和持续与心脏自主神经系统之间联系紧密, 因此, 针对房颤治疗, 尤其是阵发性房颤, 可采取自主神经丛消融^[30]。去迷走神经主要是与其他消融术配合使用, 若是单独使用则不能取得良好疗效, 消融心房迷走神经的治疗将会成为单独的一种房颤消融术式还是成为其他术式的合理补充尚待观望。此外还有频谱分析房颤主频区、房颤巢等消融策略均未得到推广应用。

6 结语

目前, 多种经导管消融房颤术式并存的现状使

广大电生理医生无所适从, 随着时间的推移还可能

有新的消融术式的出现, 更让人应接不暇, 难以取舍。各大电生理中心都建立了自己独特的术式, 并且其自身报道的房颤消融效果均较理想, 因此如何认识不同术式值得思考。其实, 房颤消融术式纷繁复杂、不断推陈出新的现象背后, 反映的是目前对于房颤确切机制认识不甚明了的事实。不同的消融术式都包含科学、合理的成分, 都是对房颤机制的反映和针对性的消除; 但又不是全面的反映, 亦各有其缺陷和不足, 现阶段尚无法断言何种术式更有优势。

为了提高非阵发性房颤导管消融的成功率, 不少电生理中心将肺静脉隔离和线性消融以及碎裂电位消融相融合, 旨在扩大消融面积, 毁损房颤基质, 提高手术成功率。但手术时间长, 操作系数和风险系数也上升, 术后易再复发, 而且这种“焦土”政策对左心房收缩和舒张功能的影响令人担忧。

2015 年的 STAR AF II 试验结果显示, 复杂消融术联合肺静脉分离治疗并不能预防持续性房颤复发。在 STAR AF II 试验组, 几乎全部最常见不良事件发生于更复杂消融术组。研究中额外消融术组患者手术时间长达 1 h, 使患者与手术操作者的荧光暴露量增加^[31]。更复杂消融术手术时间延长可能也是潜在的风险。

在房颤导管消融术的发展中, 人们越来越认识到阵发性房颤主要以肺静脉电隔离为终点, 但我们需对非阵发性房颤的电生理机制进行全面认识, 进一步完善持续性房颤的治疗体系。为消除房颤的触发因素、改良心房基质, 术中应将消融损伤降到最低, 尽量缩小房颤导管消融的缺点, 让消融术成为房颤患者的福音。希望能通过对房颤机制的进一步认识, 针对房颤类型及发生机制的不同, 采用更合理的消融术式, 增加房颤消融的成功率。

[参考文献]

- [1] HAÏSSAGUERRE M, JAÏS P, SHAH D C, TAKAHASHI A, HOCINI M, QUINIQU G, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins[J]. *N Engl J Med*, 1998, 339: 659-666.
- [2] MOE G K, ABILDSKOV J A. Atrial fibrillation as a self-sustaining arrhythmia independent of focal discharge[J]. *Am Heart J*, 1959, 58: 59-70.

- [3] COX J L, BOINEAU J P, SCHUESSLER R B, KATER K M, LAPPAS D G. Five-year experience with the maze procedure for atrial fibrillation[J]. *Ann Thorac Surg*, 1993, 56: 814-824.
- [4] SWARTZ J F, PELLERSELS G, SILVERS J, PATTEN L, CERVANTEZ D. A catheter-based curative approach to chronic atrial fibrillation in humans (Abstr)[J]. *Circulation*, 1994, 90: 1335.
- [5] HAÏSSAGUERRE M, GENCEL L, FISCHER B, LE MÉTAYER P, POQUET F, MARCUS F I, et al. Successful catheter ablation of atrial fibrillation[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 1994, 5: 1045-1052.
- [6] WYNN G J, PANIKKER S, MORGAN M, HALL M, WAKTARE J, MARKIDES V, et al. Biatial linear ablation in sustained nonpermanent AF: results of the substrate modification with ablation and antiarrhythmic drugs in nonpermanent atrial fibrillation (SMAN-PAF) trial[J]. *Heart Rhythm*, 2016, 13: 399-406.
- [7] SCHERF D, SCHAFFER A I, BLUMENFELD S. Mechanism of flutter and fibrillation[J]. *JAMA Arch Intern Med*, 1953, 91: 333-352.
- [8] SCHUESSLER R B, GRAYSON T M, BROMBERG B I, COX J L, BOINEAU J P. Cholinergically mediated tachyarrhythmias induced by a single extrastimulus in the isolated canine right atrium[J]. *Circ Res*, 1992, 71: 1254-1267.
- [9] HAÏSSAGUERRE M, SANDERS P, HOCINI M, JAÏS P, CLÉMENTY J. Pulmonary veins in the substrate for atrial fibrillation; the "venous wave" hypothesis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 43: 2290-2292.
- [10] HAÏSSAGUERRE M, MARCUS F I, FISCHER B, CLÉMENTY J. Radiofrequency catheter ablation in unusual mechanisms of atrial fibrillation; report of three cases[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 1994, 5: 743-751.
- [11] CHEN S A, HSIEH M H, TAI C T, TSAI C F, PRAKASH V S, YU W C, et al. Initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating from the pulmonary veins: electrophysiological characteristics, pharmacological responses, and effects of radiofrequency ablation[J]. *Circulation*, 1999, 100: 1879-1886.
- [12] 马长生,刘兴鹏,刘旭,杨延宗,王建安,颜红兵,等. 阵发性心房颤动经导管射频消融治疗评价[J]. *中华心血管病杂志*, 2002, 30: 214-217.
- [13] HEE KWON C, LEE S W, LEE J Y, NAM G B. Severe pulmonary vein stenosis and extensive left atrial stricture after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2015, 26: 1151-1152.
- [14] HAÏSSAGUERRE M, SHAH D C, JAÏS P, HOCINI M, YAMANE T, DEISENHOFER I, et al. Electrophysiological breakthroughs from the left atrium to the pulmonary veins[J]. *Circulation*, 2000, 102: 2463-2465.
- [15] MAHIDA S, SACHER F, DERVAL N, BERTE B, YAMASHITA S, HOOKS D, et al. Science linking pulmonary veins and atrial fibrillation[J]. *Arrhythm Electrophysiol Rev*, 2015, 4: 40-43.
- [16] OSCA J, ANDRÉS A, CANO O, ALONSO P, SANCHO TELLO M J, OLAGÜE J, et al. Electrical isolation of pulmonary veins using laser catheter in the treatment of paroxysmal and persistent atrial fibrillation. One-year results [J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2016, 69: 488-493.
- [17] PROIETTI M, RAPARELLI V, BASILI S, OLSHANSKY B, LIP G Y. Relation of female sex to left atrial diameter and cardiovascular death in atrial fibrillation; The AFFIRM trial [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 207: 258-263.
- [18] PAPPONE C, ORETO G, LAMBERTI F, VICEDOMINI G, LORICCHIO M L, SHPUN S, et al. Catheter ablation of paroxysmal atrial fibrillation using a 3D mapping system[J]. *Circulation*, 1999, 100: 1203-1208.
- [19] OUYANG F, ERNST S, CHUN J, BÄNSCH D, LI Y, SCHAUMANN A, et al. Electrophysiological findings during ablation of persistent atrial fibrillation with electroanatomic mapping and double Lasso catheter technique [J]. *Circulation*, 2005, 112: 3038-3048.
- [20] WÓJCIK M, BERKOWITSCH A, ZALTSBERG S, HAMM C W, PITSCHNER H F, KUNISS M, et al. Predictors of early and late left atrial tachycardia and left atrial flutter after catheter ablation of atrial fibrillation; long-term follow-up[J]. *Cardiol J*, 2015, 22: 557-566.
- [21] European Heart Rhythm Association (EHRA);

- European Cardiac Arrhythmia Society (ECAS); American College of Cardiology (ACC); American Heart Association (AHA); Society of Thoracic Surgeons (STS); CALKINS H, BRUGADA J, PACKER D L, CAPPATO R, CHEN S A, CRIJNS H J, et al. HRS/EHRA/ECAS expert Consensus Statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for personnel, policy, procedures and follow-up. A report of the Heart Rhythm Society (HRS) task force on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation [J]. *Heart Rhythm*, 2007, 4: 816-861.
- [22] JADIDI A S, ARENTZ T. A decade of CFAE mapping: still seeking more specific tools to identify sources and substrate of persistent atrial fibrillation [J]. *Arrhythm Electrophysiol Rev*, 2015, 4: 108.
- [23] NADEMANEE K, MCKENZIE J, KOSAR E, SCHWAB M, SUNSANEWITAYAKUL B, VASAVAKUL T, et al. A new approach for catheter ablation of atrial fibrillation: mapping of the electrophysiologic substrate [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 43: 2044-2053.
- [24] ESTNER H L, HESSLING G, NDREPEPA G, LUIK A, SCHMITT C, KONIETZKO A, et al. Acute effects and long-term outcome of pulmonary vein isolation in combination with electrogram-guided substrate ablation for persistent atrial fibrillation [J]. *Am J Cardiol*, 2008, 101: 332-337.
- [25] NARAYAN S M, KRUMMEN D E, RAPPEL W J. Clinical mapping approach to diagnose electrical rotors and focal impulse sources for human atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2012, 23: 447-454.
- [26] NARAYAN S M, KRUMMEN D E, SHIVKUMAR K, CLOPTON P, RAPPEL W J, MILLER J M. Treatment of atrial fibrillation by the ablation of localized sources; CONFIRM (conventional ablation for atrial fibrillation with or without focal impulse and rotor modulation) trial [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60: 628-636.
- [27] BAYKANER T, CLOPTON P, LALANI G G, SCHRICKER A A, KRUMMEN D E, NARAYAN S M; CONFIRM Investigators. Targeted ablation at stable atrial fibrillation sources improves success over conventional ablation in high-risk patients: a substudy of the CONFIRM trial [J]. *Can J Cardiol*, 2013, 29: 1218-1226.
- [28] NARAYAN S M, KRUMMEN D E, ENYEART M W, RAPPEL W J. Computational mapping identifies localized mechanisms for ablation of atrial fibrillation [J]. *PLoS One*, 2012, 7: e46034.
- [29] HAÏSSAGUERRE M, HOCINI M, SANDERS P, SACHER F, ROTTER M, TAKAHASHI Y, et al. Catheter ablation of long-lasting persistent atrial fibrillation: clinical outcome and mechanisms of subsequent arrhythmias [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2005, 16: 1138-1147.
- [30] SCHERLAG B J. Ablation of ganglionated plexi in the long term: is half a loaf as good as none? [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2015, 8: 1014-1016.
- [31] VERMA A, JIANG C Y, BETTS T R, CHEN J, DEISENHOFER I, MANTOVAN R, et al; STAR AF II Investigators. Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation [J]. *N Engl J Med*, 2015, 372: 1812-1822.

[本文编辑] 孙岩