

· 前沿进展 ·

应用三维心腔内超声减少心房颤动经导管射频消融术围术期并发症的研究进展

葛兴, 陈喆, 李超, 郭丽珠, 郭炜华, 马长生

【摘要】 经导管射频消融术是心房颤动治疗过程中转复和维持窦性心律的有效手段, 而围术期并发症的控制始终是心房颤动经导管射频消融领域的研究重点之一。心腔内超声 (ICE) 尤其是三维 ICE 可引导心房颤动经导管射频消融术中房间隔穿刺、分辨左心房相关解剖结构、明确左心房有无血栓形成、早期发现心包积液等并发症。本文主要综述了应用三维 ICE 减少心房颤动经导管射频消融围术期并发症的研究进展。

【关键词】 心房颤动; 导管消融术; 手术中并发症; 腔内超声检查; 综述

【中图分类号】 R 541.75 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2017.11.001

葛兴, 陈喆, 李超, 等. 应用三维心腔内超声减少心房颤动经导管射频消融术围术期并发症的研究进展 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2017, 25 (11): 1-4. [www.syxnf.net]

GE X, CHEN Z, LI C, et al. Progress on three-dimensional intracardiac echocardiography in reducing perioperative complications during radio-frequency catheter ablation for atrial fibrillation [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2017, 25 (11): 1-4.

Progress on Three-dimensional Intracardiac Echocardiography in Reducing Perioperative Complications during Radio-frequency Catheter Ablation for Atrial Fibrillation GE Xing, CHEN Zhe, LI Chao, GUO Li-zhu, GUO Wei-hua, MA Chang-sheng

Department of Cardiovascular Center, Beijing Tongren Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100730, China
Corresponding author: GUO Wei-hua, E-mail: weihuaguo2005@163.com

【Abstract】 Radio-frequency catheter ablation is one of effective measures for cardioversion and maintenance of sinus rhythm in treating atrial fibrillation, while perioperative complications control is one of research focuses during radio-frequency catheter ablation for atrial fibrillation. Intracardiac echocardiography (ICE) especially three-dimensional ICE, can effectively guide the transseptal puncture, discriminate the left atrial structures, pinpoint the left atrial thrombosis, early detect the pericardial effusion and so on. This paper reviewed the progress on three-dimensional ICE in reducing perioperative complications during radio-frequency catheter ablation for atrial fibrillation.

【Key words】 Atrial fibrillation; Catheter ablation; Intraoperative complications; Endosonography; Review

经导管射频消融术是心房颤动治疗过程中转复和维持窦性心律的有效手段, 2016 年, 欧洲心脏病学会 (ESC) 指南推荐经导管射频消融术作为阵发性心房颤动的一线治疗方案: 在有经验的中心, 未经抗心律失常药物治疗的患者可直接采用经导管射频消融术; 对伴有心功能不全或经药物治疗而不能改善症状的持续性心房颤动患者, 亦推荐经导管射频消融术^[1]。但心房颤动经导管射频消融围术期并发症的发生在一定程度上限制了其推广应用, 故围术期并发症的控制始终是心房颤动经导管射频消融领域的研究重点之一。

第二次世界范围内心房颤动经导管射频消融术调查结果显示, 2003—2006 年 16 309 例患者所进行的 20 825 例次心房颤动经导管射频消融围术期主要并发症发生率为 4.50%, 其中

心包填塞发生率为 1.31%^[2]。2011 年, HOYT 等^[3]进行的一项单中心研究结果显示, 心房颤动经导管射频消融围术期主要并发症发生率为 4.70%, 其中心包填塞发生率为 1.10%。近十余年来, 心腔内超声 (intracardiac echocardiography, ICE) 尤其是三维 ICE 得到快速发展, 2013 年, ALDHOON 等^[4]采用 ICE 连续完成 1 192 例心房颤动经导管射频消融术, 结果显示主要并发症发生率为 3.30%, 其中心包填塞发生率为 0.25%, 证实应用 ICE 可有效降低心房颤动经导管射频消融围术期并发症发生率。本文主要综述了应用三维 ICE 减少心房颤动经导管射频消融围术期并发症的研究进展, 现报道如下。

1 ICE 概述

既往电生理检查和治疗主要依靠 X 线等放射线获得相关信息, 如在进行房间隔穿刺过程中需在 X 线透视下采用前后位投射体位下拉穿刺针, 待穿刺针“跳跃”落入卵圆窝后采用右前斜 45° 投射体位在 X 线透视下顺时针旋转穿刺针并选择

适当角度进行穿刺；穿刺成功后在 X 线透视下行双侧肺静脉造影以了解肺静脉情况等。由于 X 线等放射线对患者及医护人员均会造成一定辐射伤害，因此不依赖于 X 线等放射线的检查手段如 ICE 等近年来愈加受到医务人员青睐，且更易于被患者接受。虽然在电生理检查过程中应用磁共振成像（MRI）和计算机断层扫描（CT）能提供高质量的解剖细节，但由于二者并不能提供实时信息，因此其在心房颤动经导管射频消融术中的应用受限^[5]。

ICE 于 1994 年开始兴起和发展，2007 年出现了三维 ICE^[6-7]，2015 年我国首次应用三维 ICE 指导心房颤动经导管射频消融术。目前，临床上应用较多的是美国强生公司生产的 Acuson AcuNav 超声探头，其导管直径为 8~10 Fr，长度为 90 cm，探头频率为 5~10 MHz，导管顶端连接有 64 晶片的相控阵超声换能器，同时具备彩色多普勒成像功能，组织穿透深度可达 16 cm，将探头置于右心切面即可全面、可视化观察左心解剖结构；此外，三维 ICE 的导管还具有可调弯功能，能 90° 扇形成像，操作灵活且空间分辨率高^[8]。

2 应用三维 ICE 减少心房颤动经导管射频消融围术期并发症

三维 ICE 可引导心房颤动经导管射频消融术中房间隔穿刺、分辨左心房相关解剖结构、明确左心房有无血栓形成、早期发现心包积液等并发症、定位消融导管、确定消融靶点、减少放射线损伤等^[9]。

2.1 减少房间隔穿刺并发症

在心房颤动经导管射频消融术中，临床通常经股静脉途径将三维 ICE 的导管置入右心房，继而通过顺时针偏转探头而全方位、多角度地获得卵圆窝、界嵴、冠状静脉窦、Marshall 韧带、左右心耳、左心房、肺静脉开口等结构的实时解剖信息，而这些结构的解剖信息在常规 X 线透视或造影下是无法连续、清晰成像的^[10]；进行房间隔穿刺时可采用三维 ICE 明确穿刺位置位于中后房间隔，从而避开主动脉；逆时针旋转三维 ICE 的导管可观察前房间隔和主动脉，继而顺时针旋转观察后房间隔。通常情况下，在穿刺房间隔时不提倡穿刺方向偏前，因为穿刺方向偏前不仅会增加主动脉损伤风险，还会增大消融导管到达肺静脉的操作难度^[9]。

在 X 线透视下获得的房间隔解剖结构信息非常有限，而将探头置于右心房的三维 ICE 则可提供清晰的房间隔视野，且当扩张器稳定接触卵圆窝时超声视野中会出现房间隔的“帐篷”征，此时即可安全地穿刺房间隔^[9]。对于合并解剖结构异常的心房颤动患者，如左心房扁平狭小（前后径 < 30 mm）、主动脉瘤样扩张、脊柱弯曲畸形、复杂性房间隔缺损、下腔静脉结构异常等^[11]，其房间隔穿刺操作难度和主动脉损伤风险明显增高，应用三维 ICE 可协助术者安全、准确地进行房间隔穿刺。PEICHL 等^[11]报道了 7 例应用三维 ICE 协助进行经导管射频消融术的复杂先天性心脏病术后房性心律失常患者，其中 1 例患者伴有下腔静脉闭塞，经右颈内静脉途径置入扩张器后在三维 ICE 引导下建立右心系统模型，并在三维 ICE 实时观察下扩张器稳定接触房间隔卵圆窝时出现“帐篷”征，从而成功、安全地穿刺房间隔；1 例全腔静脉-肺动脉连接术（TCPC 术）后患者因左右心房间存在手术遗留隧道而在三维 ICE 引导下准确定位隧道，消融导管直接经隧道进入左心房行射频消融术。

第二次世界范围内心房颤动经导管射频消融术调查结果显

示，2003—2006 年 16 309 例患者所进行的 20 825 例次心房颤动经导管射频消融围术期心包填塞发生率为 1.31%^[2]，而 2013 年 ALDHOON 等^[4]应用三维 ICE 连续完成的 1 192 例心房颤动经导管射频消融围术期心包填塞发生率仅为 0.25%，证实应用三维 ICE 可有效降低心房颤动经导管射频消融围术期心包填塞发生率。

2.2 明确左心房有无血栓形成

左心系统心腔内血栓脱落可导致动脉栓塞事件，因此术前心腔内血栓评估非常重要。三维 ICE 有助于明确心房颤动患者有无左心耳血栓形成，但就明确左心房血栓有无血栓形成而言，目前的文献证据支持经食管超声较三维 ICE 更具优势^[12]，因此，如无特殊情况则应在心房颤动经导管射频消融术前完善经食管超声检查，合并解剖结构异常的心房颤动患者可考虑三维 ICE。

2.3 定位消融导管和确定消融靶点

对于某些特殊的解剖结构定位，与 X 线透视等相比，心房颤动经导管射频消融术中应用三维 ICE 具有清晰、稳定等优势，主要体现在以下 3 个方面。

2.3.1 准确定位肺静脉

将环状标测电极放置于肺静脉口以指导心房颤动经导管射频消融可有效降低肺静脉狭窄风险，但肺静脉移行进入左心房时呈漏斗状，在 X 线透视引导下准确放置环状标测电极非常困难；三维 ICE 能够定位环状标测电极位置并保证消融导管在消融过程中与组织稳固贴靠，从而避免肺静脉内不当消融所致肺静脉狭窄的发生。在放置环状标测电极时，经三维 ICE 长轴观察、引导多可将环状电极放置于距肺静脉口 5 mm 以内位置，而在该位置进行射频消融不易导致肺静脉狭窄，而在 X 线透视引导下放置环状标测电极则常超过距肺静脉口 1 cm 以上位置，消融不当则易导致肺静脉狭窄^[13]。SAAD 等^[14]通过三维 ICE 监测心房颤动经导管射频消融术中肺静脉血流速度发现，肺静脉口消融后患者可能发生轻-中度肺静脉血流速度增快，但患者耐受良好，随访 3 个月可恢复至基线水平。

2.3.2 消融左心房侧嵴

左心房侧嵴是指左心耳与左上肺静脉之间的嵴部，其组织结构较复杂，但心房颤动经导管射频消融术中的肺静脉电隔离及左房室瓣峡部的阻滞需充分消融左心房侧嵴^[15]。左心房侧嵴实际上是心房侧壁形成的皱褶，宽度 < 5 mm，在 X 线透视下定位该部位并进行消融难度较高，而将三维 ICE 探头置于右心室流出道后即可清楚地观察到左心房侧嵴，有利于安全、稳定消融该部位。

2.3.3 显示局部组织形态学改变

心房颤动经导管射频消融术中应用三维 ICE 可实时、清晰地显示局部组织形态学改变，如组织肿胀、凹陷、火山口样改变等^[9]。SALIBA 等^[9]研究指出，心房颤动经导管射频消融过程中若观察到微气泡突然增多则应立即停止消融，通过监测微气泡变化有助于滴定消融能量，提高消融成功率并降低并发症发生风险。MARROUCHE 等^[13]对 152 例心房颤动患者经导管射频消融术中应用 ICE 监测微气泡而滴定消融能量，术后随访（417 ± 145）d，仅 15 例患者出现复发，复发率为 9.8%，而单纯应用环状电极指导消融者复发率为 19.6%。

2.4 早期发现和减少相关并发症的发生

2.4.1 心包积液和心包填塞

心房颤动经导管射频消融术中由于心肌穿孔等而易引发心包积液，充分抗凝状态下左心射

消融术的患者若出现心包积液则应尽早停止甚至中和抗凝药物,以最大限度地避免心包填塞的发生。心房颤动经导管射频消融术中应用三维 ICE 可持续、动态监测心包腔状态,常能够在发生血流动力学障碍之前发现心包积液,从而给予及早干预^[16]。

2.4.2 肺静脉狭窄 肺静脉狭窄与肺静脉口消融有关,有研究表明,心房颤动经导管射频消融策略从肺静脉口消融改进为肺静脉前庭消融后肺静脉狭窄发生率明显降低^[13-14],但 KALMAN 等^[17]研究认为,肺静脉口隔离术后肺静脉血流速度可能会发生急性加快,但该现象并非肺静脉慢性狭窄的强预测因子。因此,三维 ICE 监测心房颤动经导管射频消融术中肺静脉血流速度的必要性尚存在争议。

2.4.3 心房食管瘘 心房食管瘘是心房颤动经导管射频消融围术期的一种少见的致死性并发症,发生率为 0.001% ~ 1.200%,但出现心房食管瘘的患者病死率高达 71%^[2,18-19]。部分患者心房食管瘘会在心房颤动经导管射频消融术后数周发生,主要由消融部位过于靠近食管所致^[20]。通常情况下,食管位于左心房后方且距离心房数毫米,但食管更靠近左肺静脉还是右肺静脉则无法预测,且在心房颤动经导管射频消融术中食管与左心房的位置关系可能会发生改变^[21]。心房 CT 或心脏 MRI 能明确心房颤动经导管射频消融术前食管与左心房后壁的位置关系,而三维 ICE 则可在消融术中实时观察二者位置,这也是目前能观察心房颤动经导管射频消融术中食管与左心房后壁位置关系的唯一手段。通过三维 ICE 实时观察食管与消融部位的位置关系能够协助术者选择最合适的消融功率、温度和消融程度,从而最大限度地减少心房食管瘘的发生。ALDHOON 等^[4]应用三维 ICE 连续对 1 192 例心房颤动患者进行经导管射频消融,结果无一例发生心房食管瘘。

2.4.4 永久性膈神经损伤 近年来,冷冻球囊射频消融术在国外得到广泛应用,国内电生理领域亦高度关注并积极开展了该项技术^[22]。LAKHANI 等^[23]研究表明,三维 ICE 可通过实时、持续、可视化成像观察右肺静脉毗邻解剖结构,应用于冷冻球囊射频消融术可协助术者有效避免永久性膈神经损伤的发生。

2.4.5 血栓栓塞 血栓栓塞尤其是脑血栓栓塞是左心房颤动经导管射频消融术的常见并发症之一,且即使是术中采用肝素进行了高强度抗凝〔活化凝血时间 (ACT) 目标 350 s〕的患者仍存在血栓栓塞发生风险^[24-25]。三维 ICE 是目前监测心房颤动经导管射频消融术中血栓形成的唯一手段,有利于及早发现和处埋血栓,减少血栓栓塞的发生^[26]。在三维 ICE 下,心房内血栓的典型征象为横截面为三角形的实质性回声团块,顶端可见活动的须状物。有射频消融中应用三维 ICE 发现 8 mm × 15 mm 心房内血栓的报道,经鞘管注入阿替普酶 25 mg 至心房内,血栓在 20 min 内消失。

2.5 减少造影剂和放射线损伤 既往临床常采用 X 线透视或造影剂造影等观察心房颤动经导管射频消融术中肺静脉等解剖结构,但 X 线透视等放射损伤较大,而肾功能不全者应用造影剂可导致严重并发症,因此,二者在心房颤动经导管射频消融术中的应用受限^[27]。SOUNDSTAR 超声导管 (8F) 通过在左心房内顺时针旋转而采集左心房壁及肺静脉的 2D 切面,继而根据左心房和肺静脉信息等重建心腔内结构的 3D 图像,可

有效指导心房颤动经导管射频消融术,有利于减少造影剂的使用和放射损伤^[28]。

3 局限性和展望

RORDORF 等^[29]采用多层螺旋 CT (MSCT) 三维成像技术检测三维 ICE 成像重建的准确性,结果显示,除左心房横径较吻合外,三维 ICE 确定的左心房前后径和上下径均短于 MSCT 三维成像技术测量结果,提示三维 ICE 可能会低估左心房大小。此外,三维 ICE 通常需要经股静脉置入 10F 鞘管,导致鞘管相关血栓形成、肺栓塞、出血、血肿、感染等发生风险升高,而心腔内刺激还可能引发心律失常^[30]。有学者认为应用三维 ICE 会导致心房颤动经导管射频消融时间延长,因此建议临床实践中根据患者个体化风险-获益比选择应用三维 ICE^[26]。

综上所述,ICE 尤其是三维 ICE 的应用在减少心房颤动经导管消融围术期并发症方面产生了积极影响,相信随着三维 ICE 的技术进步,其应用范围会进一步拓展,应用价值会进一步提高,并有望结合心脏瓣膜、心外膜结构重建等而实现心脏 4D 模型重建,通过评价心脏组织生理功能而引导更精准的心房颤动经导管射频消融术,最终为心房颤动患者带来福音。

参考文献

- [1] KIRCHHOF P, BENUSSI S, KOTECHEA D, et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS [J]. *Kardiol Pol*, 2016, 74 (12): 1359-1469. DOI: 10.5603/KP.2016.0172.
- [2] CAPPATO R, CALKINS H, CHEN S A, et al. Updated worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2010, 3 (1): 32-38. DOI: 10.1161/CIRCEP.109.859116.
- [3] HOYT H, BHONSALE A, CHILUKURI K, et al. Complications arising from catheter ablation of atrial fibrillation: temporal trends and predictors [J]. *Heart Rhythm*, 2011, 8 (12): 1869-1874. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.07.025.
- [4] ALDHOON B, WICHTERLE D, PEICHL P, et al. Complications of catheter ablation for atrial fibrillation in a high-volume centre with the use of intracardiac echocardiography [J]. *Europace*, 2013, 15 (1): 24-32. DOI: 10.1093/europace/eus304.
- [5] BROOKS A G, WILSON L, CHIA N H, et al. Accuracy and clinical outcomes of CT image integration with Carto-Sound compared to electro-anatomical mapping for atrial fibrillation ablation: a randomized controlled study [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 168 (3): 2774-2782. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.03.130.
- [6] KHAYKIN Y, KLEMM O, VERMA A. First human experience with real-time integration of intracardiac echocardiography and 3D electroanatomical imaging to guide right free wall accessory pathway ablation [J]. *Europace*, 2008, 10 (1): 116-117.
- [7] LI X K, PEMBERTON J, THOMENIUS K, et al. Development of an electrophysiology (EP)-enabled intracardiac ultrasound catheter integrated with NavX 3-dimensional electrofield mapping for guiding cardiac EP interventions: experimental studies [J]. *J Ultrasound Med*, 2007, 26 (11): 1565-1574.
- [8] VITULANO N, PAZZANO V, PELARGONIO G, et al. Technology update: intracardiac echocardiography - a review of the literature [J]. *Med Devices (Auckl)*, 2015, 8: 231-239. DOI: 10.

- 2147/MDER. S49567.
- [9] SALIBA W, THOMAS J. Intracardiac echocardiography during catheter ablation of atrial fibrillation [J]. *Europace*, 2008, 10 (Suppl 3): iii42 - 47. DOI: 10. 1093/europace/eun233.
- [10] BARTEL T, MÜLLER S, BIVIANO A, et al. Why is intracardiac echocardiography helpful? Benefits, costs, and how to learn [J]. *Eur Heart J*, 2014, 35 (2): 69 - 76. DOI: 10. 1093/eurheartj/eh411.
- [11] PEICHL P, KAUTZNER J, GEBAUER R. Ablation of atrial tachycardias after correction of complex congenital heart diseases: utility of intracardiac echocardiography [J]. *Europace*, 2009, 11 (1): 48 - 53. DOI: 10. 1093/europace/eun316.
- [12] SAKSENA S, SRA J, JORDAENS L, et al. A prospective comparison of cardiac imaging using intracardiac echocardiography with transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation: the intracardiac echocardiography guided cardioversion helps interventional procedures study [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2010, 3 (6): 571 - 577. DOI: 10. 1161/CIRCEP. 110. 936161.
- [13] MARROUCHE N F, MARTIN D O, WAZNI O, et al. Phased - array intracardiac echocardiography monitoring during pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: impact on outcome and complications [J]. *Circulation*, 2003, 107 (21): 2710 - 2716.
- [14] SAAD E B, COLE C R, MARROUCHE N F, et al. Use of intracardiac echocardiography for prediction of chronic pulmonary vein stenosis after ablation of atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2002, 13 (10): 986 - 989.
- [15] HO SY, CABRERA J A, SANCHEZ - QUINTANA D. Left atrial anatomy revisited [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2012, 5 (1): 220 - 228. DOI: 10. 1161/CIRCEP. 111. 962720.
- [16] BIERMANN J, BODE C, ASBACH S. Intracardiac Echocardiography during Catheter - Based Ablation of Atrial Fibrillation [J]. *Cardiol Res Pract*, 2012, 2012: 921746. DOI: 10. 1155/2012/921746.
- [17] KALMAN J M, FITZPATRICK A P, OLGIN J E, et al. Biophysical characteristics of radiofrequency lesion formation in vivo: dynamics of catheter tip - tissue contact evaluated by intracardiac echocardiography [J]. *Am Heart J*, 1997, 133 (1): 8 - 18.
- [18] DOLL N, BORGER M A, FABRICIUS A, et al. Esophageal perforation during left atrial radiofrequency ablation: Is the risk too high? [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2003, 125 (4): 836 - 842.
- [19] CAPPATO R, CALKINS H, CHEN S A, et al. Prevalence and causes of fatal outcome in catheter ablation of atrial fibrillation [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53 (19): 1798 - 1803. DOI: 10. 1016/j. jacc. 2009. 02. 022.
- [20] PARK S Y, CAMILLERI M, PACKER D, et al. Upper gastrointestinal complications following ablation therapy for atrial fibrillation [J]. *Neurogastroenterol Motil*, 2017, 29 (11). DOI: 10. 1111/nmo. 13109.
- [21] KOTTKAMP H, PIORKOWSKI C, TANNER H, et al. Topographic variability of the esophageal left atrial relation influencing ablation lines in patients with atrial fibrillation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2005, 16 (2): 146 - 150.
- [22] 侯军龙, 魏亚静. 冷冻球囊消融术与射频消融术治疗心房颤动有效性和安全性的比较研究 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2016, 24 (1): 111 - 114.
- [23] LAKHANI M, SAIFUL F, BEKHEIT S, et al. Use of intracardiac echocardiography for early detection of phrenic nerve injury during cryoballoon pulmonary vein isolation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2012, 23 (8): 874 - 876. DOI: 10. 1111/j. 1540 - 8167. 2012. 02302. x.
- [24] TOMASI C, PLACCI A, GIANNOTTI F, et al. Intra - atrial thrombolysis of left atrial thrombus guided by intracardiac echocardiography during catheter ablation of atrial fibrillation [J]. *Heart Rhythm*, 2011, 8 (11): 1773 - 1776. DOI: 10. 1016/j. hrthm. 2011. 06. 022.
- [25] BLENDEA D, BARRETT C D, HEIST E K, et al. Right atrial thrombus aspiration guided by intracardiac echocardiography during catheter ablation for atrial fibrillation [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2009, 2 (4): e18 - 20. DOI: 10. 1161/CIRCEP. 109. 859918.
- [26] KUWAHARA T. Intracardiac Echocardiography in Catheter Ablation for Atrial Fibrillation: It Is Better to See What You Are Doing? [J]. *J Atr Fibrillation*, 2015, 7 (6): 1215. DOI: 10. 4022/jafib. 1215.
- [27] DAVENPORT M S, COHAN R H, ELLIS J H. Contrast media controversies in 2015: imaging patients with renal impairment or risk of contrast reaction [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2015, 204 (6): 1174 - 1181.
- [28] MATSUBARA T J, FUJII K, ASADA K, et al. Direct left atrial ICE imaging guided ablation for atrial fibrillation without employing contrast medium [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 203: 733 - 739. DOI: 10. 1016/j. ijcard. 2015. 11. 038.
- [29] RORDORF R, CHIEFFO E, SAVASTANO S, et al. Anatomical mapping for atrial fibrillation ablation: a head - to - head comparison of ultrasound - assisted reconstruction versus fast anatomical mapping [J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2015, 38 (2): 187 - 195. DOI: 10. 1111/pace. 12539.
- [30] NEELANKAVIL J, CHUA J, HOWARD - QUIJANO K, et al. Intracardiac echocardiography [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2015, 29 (2): 502 - 505. DOI: 10. 1053/j. jvca. 2014. 11. 002.

(收稿日期: 2017 - 08 - 15; 修回日期: 2017 - 11 - 10)

(本文编辑: 宋朋花)