

心腔内超声心动图的临床应用进展

张然 饶莉 彭瑛

(四川大学华西医院心内科, 四川 成都 610041)

【摘要】心腔内超声心动图是一种经导管介入直接进入右心腔内, 探头尖端可弯曲转向扫描心内结构的一种高质量超声成像手段。相较于经食管超声心动图, 心腔内超声心动图具有无需全麻和图像质量更清晰等优点。随着心脏介入治疗适应证的不断拓展, 心腔内超声心动图被越来越多地应用于心脏电生理治疗、瓣膜病微创治疗以及先天性心脏病封堵治疗术中监测, 同时在复杂的结构性心脏病术前诊断方面也发挥着越来越重要的作用。

【关键词】心腔内超声成像; 经皮导管消融治疗; 复杂性心律失常; 结构性心脏病; 心脏疾病诊断

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.09.010

Clinical Application of Intracardiac Echocardiography

ZHANG Ran, RAO Li, PENG Ying

(West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan, China)

【Abstract】Intracardiac echocardiography(ICE) is a high-quality ultrasonic imaging method with a flexible probe tip that scans the inner structure of the heart directly into the right cardiac cavity via a catheter. Comparing with transesophageal echocardiography, ICE has the advantages of no need for general anesthesia and better image quality. With the development of the indication of cardiac interventional therapy, ICE is more and more used in electrophysiologic therapy, minimally invasive therapy of valvular disease and intraoperative monitoring of congenital heart disease. Meanwhile, it also plays an increasingly important role in the preoperative diagnosis of complex structural heart disease.

【Key words】Intracardiac echocardiography; Percutaneous catheter ablation; Complex arrhythmia; Structural heart disease; Cardiac disease diagnosis

心腔内超声心动图(intracardiac echocardiography, ICE)技术最早运用于临床可追溯到20世纪60年代, 但研究人员花了近30年的时间改进组织穿透性差、操作困难和探头尺寸等不足, 最终在20世纪90年代真正投入临床应用时, 已从早期的单纯二维成像发展到同时具备彩色血流多普勒、脉冲多普勒、组织多普勒和多平面、实时三维成像为一体的系统超声新技术^[1]。ICE通过穿刺外周静脉, 将安置有微型超声换能器探头的弹型导管直接插入右侧心腔内, 发射并接收高频超声信号, 从而提供实时清晰的心内结构图像^[2]。与经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)相比, ICE进行术中引导时具有无需全麻, 超声图像质量完全不受声窗干扰, 能最大程度地显示心内解剖结构, 实时监测血流动力学状态^[3], 预测手术效果等优点, 可有效地

保障心脏介入手术尤其是复杂介入手术的有效性和安全性, 改善患者预后^[4], 从而为手术医生提供一种理想的术中影像。

目前的ICE导管探头可分为两大类, 一类是机械尖端超声探头, 如Ultra ICE导管(Boston Scientific, Boston, USA), 9 F外鞘, 探头频率为9 MHz, 可产生360°的放射状图像, 这种导管的优点是图像扫描范围较大, 可实现三维重建, 但无多普勒成像功能, 图像深度能达到5 cm。第二种导管探头类似于TEE, 是多晶体集成的相控阵换能器, 电子定向产生90°成像扇区, 如AcuNav导管(Siemens Medical Solutions, Mountain View, CA), 8~10 F外鞘, 尖端探头可弯曲转向, 具备多普勒功能, 探头频率5.5~10 MHz, 图像深度可达到12 cm(10 F)甚至16 cm(8 F), 目前临床常用的ICE就属

于这一类导管探头^[5]。由于导管探头需在右心房内进行操作,因此ICE使用过程中最常见的并发症为一过性房性心动过速,发生概率约为4%^[5]。

随着心脏介入治疗步入一个飞跃发展的时代,手术医生对术中引导图像质量的要求也不断提高。ICE 不但可提供实时精确的解剖图像,还可同时监测血流动力学变化,越来越受到临床医生的青睐。现综述ICE在指导心血管疾病诊断和治疗中的应用进展,以期为临床医生拓宽思路,解决更多的实际问题提供帮助。

1 ICE在心脏电生理治疗中的应用进展

经导管射频消融术是快速心律失常的有效治疗手段。传统的电生理治疗主要依靠X线透视和电生理标测导管进行定位,由于无法完全清晰地提供心脏内部解剖结构而易造成心脏压塞和肺静脉狭窄等围术期并发症,复发率较高^[6]。ICE可将导管探头放置在右心房或右心室内,提供左心房、左心室和肺静脉开口处的实时清晰图像,使手术医生精准地定位消融,尤其对一些复杂性心律失常患者,可降低并发症发生率,提高治疗效果,因此越来越受到临床医生欢迎。

赵子明等^[7]应用心腔内三维超声对1例小左心房患者进行心房颤动导管消融手术,患者因左心房受压变形致前后径明显变小,如常规使用X线透视下房间隔穿刺和导管消融,易损伤主动脉或心房壁,造成心脏压塞;而ICE可准确地定位卵圆窝最菲薄区域引导穿刺。在肺静脉开口的定位上,ICE也有着超越X线透视和TEE的巨大优势,这些都显著提高了消融手术的安全性,也减少了患者和医务人员的辐射剂量^[8]。Cismaru等^[9]报道了1例三尖瓣下移畸形合并反复发作的右前旁路折返性心动过速患者,在ViewFlex Xtra探头和ViewMate Zonare-Saint心腔内超声系统指导下,顺利完成手术且无任何并发症,其消融成功的关键在于能准确地显示三尖瓣环的解剖位置,与X线透视或血管造影相比,ICE技术在提供右心精准解剖图像上具有巨大优势^[8]。

某些特殊部位的室性心律失常(ventricular arrhythmias, VAs),如左心室乳头肌处的VAs,因导管较难到达并锚定致消融成功率偏低^[10-11]。ICE可实时显示心腔内结构和标测导管的位置关系,超声三维建模(CartoSoundTM)系统是将ICE图像与三维电解剖标测系统整合在一起,实现将导管激动标测VAs的结果清晰显示在实时构建的三维心腔上,可极大地提高消融成功率^[12]。陈玉华等^[13]运用ICE和超声三维建模(CartoSoundTM)方法成功指导消融1例特发性左心室室性心动过速患者,手术共用时70 min, X线曝光时间为58 s,曝光剂量为70 mGy,手术全程患者无明显疼痛,术后无任何并发症。张涛等^[12]也报告了10例使用

CartoSound指导射频消融治疗左心室乳头肌起源VAs患者,10例中4例VAs起源于前外乳突肌,其余均起源于后内乳突肌,除1例后内乳突肌VAs患者消融失败外,其余患者均即刻消融成功,随访6个月有1例患者复发。

在心律失常射频消融术中常需穿刺房间隔,三维ICE可为术者提供实时和精确的卵圆窝位置,并指导房间隔穿刺,可极大地提高穿刺成功率,尤其对大心房患者,可确保导管与目标结构间稳定且完全地接触,达到更好的电绝缘,减少导管栓子的形成;其次,也可明确是否存在心房血栓,及时发现并预防心包积液和瓣膜损伤等并发症,也可防止在最大安全剂量治疗中造成的组织热损伤,减少X线引导下放射线对医患的辐射伤害。

2 ICE在结构性心脏病微创治疗中的应用进展

结构性心脏病的微创治疗,包括先天性心脏病的介入封堵、经导管瓣膜微创修复和置换、左心耳封堵治疗等,已进入一个快速发展的崭新时代,对术中影像学图像质量的要求也相应提高。ICE不仅可显示心脏内清晰和精确的解剖图像,还能实时监测血流动力学状态^[3],预测手术效果,从而为手术医生提供一种理想的术中影像。

罗富良等^[14]使用中华小型猪,比较ICE、经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)及多层螺旋计算机断层摄影术(multilayer spiral computed tomography, MSCT)这三种技术在经导管主动脉瓣膜植入术中对于瓣环直径测量的差异。MSCT由于其三维重建图像的高空间分辨率和优越的重复性已被公认为是瓣环测量的“金标准”^[15],结果显示TTE测值较MSCT显著低估瓣环径,易导致选择的人工瓣膜型号偏小,而ICE则可避免这种测量误差。相对于MSCT,ICE无辐射且无需造影剂,对于肾功能衰竭或造影剂过敏患者更适用,故在经导管主动脉瓣植入术中可优选ICE作为选择人工瓣膜大小测量的影像学方法。

Robinson等^[16]报道了1例79岁男性患者,既往因二尖瓣脱垂接受过二尖瓣成形术,因三尖瓣重度反流合并心房颤动拟行经皮三尖瓣缘对缘钳夹术。但患者的TEE图像质量差,为了能在术中获得三尖瓣清晰的解剖图像,精确地调整夹合器的位置,选择了多平面ICE技术作引导,术中选择3枚夹合器,其中2枚钳夹三尖瓣隔前联合、1枚钳夹三尖瓣前后联合,术后效果十分理想,三尖瓣仅残余微量反流,前向血流跨瓣压差为1 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 3 kPa)。

在房间隔缺损、室间隔缺损和卵圆孔未闭等先天性心脏病的封堵手术中也越来越多地借助ICE技术。过去此类手术因需TEE引导,患者一般采取全麻,且需超声医生在旁操作,易影响手术的顺利开展。而用ICE监测

时,一方面导管探头由介入医师操作,远端连接超声机器后再由超声医生操作,不会导致手术区域人员聚集而影响手术操作,另一方面探头通过外周静脉直接进入心内,可精细地显示先天缺陷的大小、位置和周围结构,为手术的顺利实施提供有效保障。有研究发现,在室间隔缺损封堵术中,放置于右心房中部的ICE探头可为术者提供室间隔的各个切面图像,甚至可直接跨过三尖瓣进入右心室测量室间隔缺损的面积^[5]。

丹麦奥胡斯大学医院的Korsholm等^[17]纳入216例行左心耳封堵手术的心房颤动患者,其中107例用TEE指导,另外109例使用右心房内ICE引导。结果显示TEE和ICE指导下的左心耳封堵术成功率基本相当。虽然TEE指导组与ICE引导组围术期的主要并发症如栓塞、心脏压塞和卒中等发生率无明显统计学差异,但两组的增高趋势分别为4.7%和1.8%,由此可见用ICE进行术中引导可能会进一步减少手术并发症,从而保障患者安全。

3 ICE在心腔内占位性病变诊断中的应用进展

基于可提供实时和准确的心腔内结构成像,ICE也越来越多地被用于心脏疑难病例的诊断。感染性心内膜炎是一种发病率和死亡率都很高的心脏疾病,心腔内赘生物的形态多变,部分甚至难以探查,临床上当TTE无法明确时,TEE常作为进一步的诊断方法。Yang等^[18]报道了1例人工主动脉瓣置换术后的感染性心内膜炎患者,TTE显示其人工生物瓣有一些微量反流,并未发现瓣膜的结构性改变,由于患者并发食管占位性病变无法接受TEE检查,继而选择了ICE明确诊断。ICE显示主动脉瓣周及根部脓肿,人工瓣架摆动伴中度瓣周漏,明确诊断后为患者施行了急诊手术。从这个病例可看出,TEE在某些疾病患者中的使用有限制,如食管癌、食管溃疡、食管憩室和食管异常解剖结构等,此时ICE即可作为备选技术用于此类患者。

近年来,ICE也不断被应用于引导诊断性心内膜心肌活检(endomyocardial biopsy, EMB)。Takashima等^[19]报告了1例ICE引导下对心内占位性病变进行的EMB检查,患者为渐进性呼吸困难的66岁老年妇女,CT显示房间隔处有一低密度占位,TTE和TEE显示在右心房内有一个32 mm×33 mm的高回声肿块。在ICE指导下行EMB,病理结果显示为脂肪组织,诊断为房间隔脂肪瘤性肥大。Zanobini等^[20]也报告了多例右心室肿块患者在ICE引导下安全实施了EMB,为制定后期治疗方案提供了必要的信息。虽然心内肿块的临床诊断主要通过超声心动图、CT和心脏磁共振成像技术实现,但组织病理学对于肿块的鉴别分型也至关重要。对于心腔内(尤其是右心腔内)占位的EMB,ICE是一种有效的影像学指导手段,可为活检钳提供心内肿块的精确位

置,从而降低检查相关并发症,避免高风险的诊断性开胸手术。

综上所述,相较于TTE和TEE,ICE既能获取高质量的心内结构实时图像,同时又无需全麻,患者耐受良好。相信随着科技的不断发展,多平面技术和三维技术的综合应用,以及导管探头价格的进一步降低,ICE在未来心血管领域的运用前景将十分广阔,为心脏疾病的诊断和治疗监测带来更多选择。

参考文献

- [1] Asrress KN, Mitchell AR. Intracardiac echocardiography[J]. Heart, 2009, 95(4): 327-331.
- [2] 李治安, 王新房. 心血管腔内超声显像技术的现状和前景[J]. 中国临床医学影像杂志, 1992, 8(1): 34-35.
- [3] Maloney JD, Burnett JM, Dala-Krishna P, et al. New directions in intracardiac echocardiography[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2005, 13(1 suppl): 23-29.
- [4] Ali S, George LK, Das P, et al. Intracardiac echocardiography: clinical utility and application[J]. Echocardiography, 2011, 28(5): 582-590.
- [5] George JC, Varghese V, Mogtader A. Intracardiac echocardiography: evolving use in interventional cardiology[J]. J Ultrasound Med, 2014, 33(3): 387-395.
- [6] 葛兴, 陈陆, 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.
- [7] 赵子明, 丛涛, 尹晓盟. 心内三维超声指导小左心房房颤动患者导管消融1例[J]. 中国超声医学杂志, 2017, 33(1): 26.
- [8] Szili-Torok T, McFadden EP, Jordaens LJ, et al. Visualization of elusive structures using intracardiac echocardiography: insights from electrophysiology[J]. Cardiovasc Ultrasound, 2004, 2: 6.
- [9] Cismaru G, Muresan L, Rosu R, et al. Intracardiac echocardiography to guide catheter ablation of an accessory pathway in Ebstein's anomaly. A case report[J]. Med Ultrason, 2018, 20(2): 250-253.
- [10] Yamada T, Plumb VJ, McElderry HT, et al. Focal ventricular arrhythmias originating from the left ventricle adjacent to the membranous septum[J]. Europace, 2010, 12(10): 1467-1474.
- [11] Rivera S, Ricapito LP, Tomas L, et al. Results of cryoenergy and radiofrequency-based catheter ablation for treating ventricular arrhythmias arising from the papillary muscles of the left ventricle, guided by intracardiac echocardiography and image integration[J]. Circ Arrhythm Electrophysiol, 2016, 9(4): e003874.
- [12] 张涛, 任学军, 韩智红, 等. 三维心腔内超声引导下应用压力监测导管消融左心室乳头肌室性心律失常[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2019, 11(3): 328-331.
- [13] 陈玉华, 付华, 姜建, 等. 心腔内超声及超声三维建模指导下行特发性左心室室性心动过速消融一例[J]. 华西医学, 2016, 31(10): 1797-1798.
- [14] 罗富良, 唐跃, 李卫, 等. 心腔内超声心动图等方法在经导管主动脉瓣膜植入手术实验中评价主动脉瓣环直径的比较研究[J]. 中国循环杂志, 2015, 30(5): 482-486.
- [15] Ussia GP, Barbanti M, Sarkar K, et al. Accuracy of intracardiac echocardiography for aortic root assessment in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation[J]. Am Heart J, 2012, 163(4): 684-689.
- [16] Robinson AA, Chadwell K, Fowler DE, et al. Multiplane intracardiac echocardiography: a novel system to guide percutaneous tricuspid repair[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2018, 11(24): 2540-2542.
- [17] Korsholm K, Jensen JM, Nielsen-Kudsk JE. Intracardiac echocardiography from the left atrium for procedural guidance of transcatheter left atrial appendage

- [18] Yang YC,Aung TT,Khan S,et al. Utility of intracardiac echocardiography to diagnose infective endocarditis[J]. J Investig Med High Impact Case Rep,2019,7:2324709618822075.

[19] Takashima A,Ogata T,Yamada H,et al. Intracardiac echocardiography-guided biopsy of a lipomatous cardiac tumor arising from the interatrial septum[J]. Circ J,2017,81(10):1553-1555.

[20] Zanolini M,Dello Russo A,Saccocci M,et al. Endomyocardial biopsy guided by intracardiac echocardiography as a key step in intracardiac mass diagnosis[J]. BMC Cardiovasc Disord,2018,18(1):15.

收稿日期: 2020-03-17

(上接第 916 页)

- patients in prospective comparison of ARNI with ACEI to determine impact on global mortality and morbidity in heart failure trial (PARADIGM-HF)[J]. *Eur J Heart Fail*,2014,16(7):817-825.
- [13] McMurray JJ,Packer M,Desai AS,et al. Angiotensin-neprilysin inhibition versus enalapril in heart failure[J]. *N Engl J Med*,2014,371(11):993-1004.
- [14] Solomon SD,Zile M,Pieske B,et al. The angiotensin receptor neprilysin inhibitor LCZ696 in heart failure with preserved ejection fraction:a phase 2 double-blind randomised controlled trial[J]. *Lancet*,2012,380(9851):1387-1395.
- [15] Januzzi JL,Prescott MF,Butler J,et al. Association of change in N-terminal pro-B-type natriuretic peptide following initiation of sacubitril-valsartan treatment with cardiac structure and function in patients with heart failure with reduced ejection fraction[J]. *JAMA*,2019,322(11):1-11.
- [16] Tan NY,Sangaralingham LR,Sangaralingham SJ,et al. Comparative effectiveness of sacubitril-valsartan versus ACE/ARB therapy in heart failure with reduced ejection fraction[J]. *JACC Heart Fail*,2020,8(1):43-54.
- [17] Velazquez EJ,Morrow DA,DeVore AD,et al. Angiotensin-neprilysin inhibition in acute decompensated heart failure[J]. *N Engl J Med*,2019,380(6):539-548.
- [18] Senni M,McMurray JJ,Wachter R,et al. Initiating sacubitril/valsartan (LCZ696) in heart failure:results of TITRATION,a double-blind,randomized comparison of two uptitration regimens[J]. *Eur J Heart Fail*,2016,18(9):1193-1202.
- [19] Eckardt L,Haverkamp W,Johna R,et al. Arrhythmias in heart failure:current concepts of mechanisms and therapy[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2000,11(1):106-117.
- [20] Martens P,Nuyens D,Rivero-Ayerza M,et al. Sacubitril/valsartan reduces ventricular arrhythmias in parallel with left ventricular reverse remodeling in heart failure with reduced ejection fraction[J]. *Clin Res Cardiol*, 2019,108(10):1074-1082.
- [21] de Diego C,González-Torres L,Núñez JM,et al. Effects of angiotensin-neprilysin inhibition compared to angiotensin inhibition on ventricular arrhythmias in reduced ejection fraction patients under continuous remote monitoring of implantable defibrillator devices[J]. *Heart Rhythm*,2018,15(3):395-402.
- [22] Madrid AH,Marín IM,Escobar Cervantes C,et al. Prevention of recurrences in patients with lone atrial fibrillation. The dose-dependent effect of angiotensin II receptor blockers[J]. *J Renin Angiotensin Aldosterone Syst*,2004,5(3):114-120.
- [23] Yin Y,Dalal D,Liu Z,et al. Prospective randomized study comparing amiodarone vs. amiodarone plus losartan vs. amiodarone plus perindopril for the prevention of atrial fibrillation recurrence in patients with lone paroxysmal atrial fibrillation [J]. *Eur Heart J*,2006,27(15):1841-1846.
- [24] 张舒珊. 心房颤动与钠尿酸家族最新研究进展[J].*心血管病学进展*, 2018,39(3):442-445.
- [25] Hobbs AJ,Moyes AJ,Baliga RS,et al. Neprilysin inhibition for pulmonary arterial hypertension:a randomized,double-blind,placebo-controlled, proof-of-concept trial[J]. *Br J Pharmacol*,2019,176(9):1251-1267.
- [26] Clements RT,Vang A,Fernandez-Nicolas A,et al. Treatment of pulmonary hypertension with angiotensin II receptor blocker and neprilysin inhibitor sacubitril/valsartan[J]. *Circ Heart Fail*,2019,12(11):e005819.
- [27] de Simone V,Guarise P,Zanotto G,et al. Reduction in pulmonary artery pressures with use of sacubitril/valsartan[J]. *J Cardiol Cases*,2019,20(5):187-190.
- [28] Corazza F,Ceccarelli A,Vitale G,et al. Changes in hemodynamic profile in patients with severe systolic dysfunction treated with sacubitril-valsartan[J]. *Eur J Heart Fail*,2019,21(suppl 1):422.
- 收稿日期:2020-02-16

收稿日期: 2020-02-13