专题笔谈:绿色电生理

专题主持/董剑廷

【编者按】 经导管心律失常射频消融术是治疗多种心动过速的有效方法。传统消融手术须在 X 线下进行,在提供清晰的影像指导心导管操作的同时,也给患者和术者带来了潜在的辐射损伤风险。为了减少辐射,术者需要穿着沉重的铅衣,使其术中易于疲劳,长期的后果是造成脊柱的伤害。近年来,随着三维电标测系统的完善和压力检测导管的出现,心律失常射频消融操作过程中可以大大缩短 X 射线下透视时间,甚至实现零曝光,即所谓的“绿色电生理”。与传统的 X 线指导下消融相比,绿色电生理射频消融在缩短射线暴露时间的同时,不会影响疗效及安全性。本刊特约中山大学附属中山医院的董剑廷主任主持本期“绿色电生理”专题,包括《绿色电生理的研究进展》《零 X 线下阵发性室上性心动过速不同导管消融比较》和《EnSite Velocity 指导下室上速、室性心律失常的绿色消融》三篇论文。欢迎广大心电专家踊跃投稿,围绕某一热点、难点问题,进行多角度的深挖及多层面的探讨。

绿色电生理的研究进展

张艳春 孙劼 综述 董剑廷 审校

[摘要] 随着三维电解剖标测系统的完善和电生理学的发展,心律失常射频消融操作中可以大大缩短 X 线下透视时间,甚至实现零曝光,即所谓的“绿色电生理”,对医患双方都更为安全有效。本文对国内外近年来绿色电生理的相关文献进行了综述。

[关键词] 三维电解剖标测系统;绿色电生理;心律失常;零曝光;接触力监测导管
[中图分类号] R540.4 [文献标志码] A [文章编号] 2095 - 9354(2018)01 - 0018 - 05
DOI:10.13308/j.issn.2095 - 9354.2018.01.004

Recent advances in green electrophysiology *Zhang Yan-chun*, *Sun Jie*, *Dong Jian-ting* (Department of Cardiovascular Medicine, Zhongshan Hospital Affiliated to Zhongshan University, Zhongshan People's Hospital, Zhongshan Guangdong 528400, China)

[**Abstract**] With the improvement of three-dimensional electro-anatomical mapping system and development of electrophysiology, X ray fluoroscopy time can be greatly reduced, even to zero. This is so called "green electrophysiology", which is safer and more effective both for physicians and patients. This paper reviews on related literatures published at home and abroad in recent years.

[**Key words**] three-dimensional electro-anatomical mapping system; green electrophysiology; arrhythmia; zero exposure; contact force monitoring catheter

心律失常的传统消融技术都是在 X 线下完成的,X 线电离辐射危害直接关系到医护人员、患者,尤其是儿童和孕妇的安全。国外研究资料表明,如果 X 线接受负荷时间为 1 h,除可引起常见的放射线皮炎外,还会使肿瘤发生率升高,达 0.07% ~0.1%[1-2]。对于长时间暴露在放射线下的术者而言,沉重的铅衣、铅帽等防辐射装备也会使脊柱、肌肉及骨骼的损伤发生率升高[2]。据统计,40% ~75% 的介入术

基金项目:广东省中山市医学科研项目(2015B1106)
作者单位:528400 广东 中山,中山大学附属中山医院,中山市人民医院心血管内科
作者简介:张艳春,住院医师,主要从事心律失常的诊断和治疗,尤其是心脏起搏和心律失常的射频消融治疗。
通信作者:董剑廷,E-mail:dongjianting@aliyun.com

者已有不同程度的脊柱损伤[3]。如何减少放射带来的损害,成为当前重要的研究课题之一。

在心律失常射频消融术中,以 Carto XP 或 EnSite NavX 系统为代表的三维电解剖标测系统已成为重要的辅助工具。它们通过标测电极在心腔内膜表面的滑动进行连续自动快速采点,构建心脏的三维几何模型,提高了标测及消融的安全性和有效性[4]。Carto XP 系统的工作原理类似于 GPS 导航定位,主要是将磁场发生器置于检查床上,当标测导管在磁场中移动时,可以产生电流,通过分析电流向量的变化来确定标测导管在参照电极所组成三维空间的相对位置,从而实时直视和定位任何电极导管在心脏、血管腔内的移动,而无须在 X 线透视下操作消融导管到心腔内相应的位置,并可直观地显示需要消融的关键部位。同时,该系统还具有标测定位记忆功能,当消融导管偏离理想位置时,可使其重回最佳消融靶点,从而减少总放电次数且不延长手术总时间。EnSite NavX 系统主要是利用空间电场技术精确定位并重建心脏三维电解剖模型,运用数学方法详细标测一个心动周期中整个心内膜的激动。随着三维标测系统的不断完善,心律失常射频消融术的 X 线下透视时间大大减少,甚至可实现射频消融术 X 线零曝光,这就是所谓的“绿色电生理”。

另外,导管与组织之间接触力(contact force, CF)的大小直接影响到导管消融的效果[5]。在传统射频消融中,术者根据局部点位、阻抗、温度、透视下导管位置等指标,结合自身经验间接判断导管接触情况,有时会出现心肌穿孔等严重的并发症。相比而言,CF 监测导管可实时反馈导管-组织贴靠的紧密程度和力的方向,既提高了消融效率,又降低了并发症的发生率,保证了手术的安全性且减少了术者和患者的透视时间,为绿色电生理奠定了基础。本文将对绿色电生理的研究进展进行综述。

1　在房性心律失常中的应用

1.1　房性心动过速

根据电生理机制和解剖学基础,房性心动过速可分为局灶性房速和大折返性房速,其中,局灶性房速约占阵发性室上速的 5%,好发于一些特殊的解剖区域,如界嵴、房间隔口、肺静脉口、冠状窦内、心耳及房室环等,在心房某部位激动呈离心性扩布[6-7]。射频导管消融治疗房速的成功率在 50% ~ 90%,并发症虽少,但复发率高达 10% ~30%,其成功的关键在于标测到局灶性房速的起源点。常规的激动标测方法不容易确定“最提前的房速最早激动区域 EAA 或峰 Spike 电位”,而三维电解剖标测系统则能显著提高手术成功率、降低复发率[8]。Ferguson 等[9]2010 年报道了对一持续性左房房速孕妇进行零 X 线射频消融,术后患者无并发症;Güler 等[10]2014 年报道了三维标测下在接近零 X 线下,对房性心动过速进行射频消融,术后安全性和并发症较既往传统方法无显著差异。在房性心动过速消融术中,根据三维标测系统的电解剖图可快速判断房速类型,更能准确标识折返解剖障碍区,如肺静脉口、二尖瓣环、左心耳与低电压区等,显示折返与解剖障碍的关系,寻找关键靶点和峡部。零 X 线下左/右房房速射频消融的关键是房间隔穿刺术。随着电生理技术的进步及三维标测系统的推广应用,零 X 线或接近零 X 线下的房性心动过速消融技术将获得更大的发展。

1.2　心房扑动

心房扑动(简称“房扑”)是心电图问世以来人们最早认识的心律失常,但是传统的药物治疗不能很好地预防房扑的再发。随着房扑机制的进一步明确,加之射频消融临床应用的不断深入,房扑的治疗取得了新的进展。近年来,详尽的动物实验和大量临床研究表明,房扑的发生机制是大折返,而确定折返环的靶点是关键。1990 年,Feld 等[11]发现射频消融下腔静脉-三尖瓣环-嵴部能终止房扑并长期预防房扑的复发。房扑分为右房房扑和左房房扑,其中右房腔静脉-三尖瓣环-嵴部依赖型逆钟向房扑是典型房扑,也是最常见的类型,临床上 90% 的病例为此型。西班牙学者 Alvarez 等[12]开展了迄今为止最大样本量的 X 线零曝光射频消融典型房扑的研究,提出将 X 线零曝光作为典型房扑射频消融的首选治疗方案。他的研究结果显示,在 EnSite NavX 系统指导下,83 例典型房扑患者中 82 例(98.8%)手术成功,80 例(96.4%)X 线零曝光,1 例(1.2%)发生病态窦房结综合征,3 例(3.6%)复发。国内范晓涛等[13]应用 Carto XP 系统指导下 X 线零曝光导管消融治疗典型房扑 16 例,均消融成功,其中 2 例术中转为心房颤动,经电复律后消融成功,手术时间、放电时间均短于传统方法;术后随访半年左右,无一例复发;术中及术后无并发症发生。这也说明了 X 线零曝光射频消融三尖瓣峡部依赖房扑的安全性和有效性。Deutsch 等[14]对 2012 年 1 月至 2016 年 6 月的 460 例房扑患者资料进行回顾性分析,分组并利用最大电压梯度法对零 X 线下三尖瓣峡部依赖型典型房扑的射频

消融进行优化,结果证实完全零 X 线下对房扑患者的射频消融术是可行的、安全的。

1.3 心房颤动

心房颤动是临床最多发的一类心律失常,也是最严重的房性心律失常,其发病率、致残率高,但发病机制尚未完全明确。目前,多数学者认为,能够触发心房颤动的局灶电活动可能属于异常自律性增强或触发活动,这种局灶大多位于肺静脉[15];导管消融术是通过对房颤的基本病灶及维持基质进行隔离毁损,使其重新起作用的一种治疗方法[16]。近年,中国、美国、欧洲发布的房颤治疗指南中,将经导管射频消融治疗药物难以控制的阵发性房颤提升至一线治疗方案。房颤或房速的传统治疗方法是射线下消融术,仅能在二维平面通过可视解剖结构判断消融位置,直观性较差,X 线曝光时间长。三维标测系统如 Carto 系统,则能快速标测并重建左心房的三维解剖结构,使导管上每个电极均能精确定位;还具有点击和查看功能,可以用来点亮任何被显示导管上的电极,有助于环肺静脉消融后进行补点消融,减少了消融时的射线剂量[17];放电消融时,可实时观察到消融导管的位置及指向,同时减少射频消融放电次数,减少患者疼痛,提高了手术的安全性和有效性,也缩短了导管消融手术时间[18]。很多年前,美国心脏病学会(ACC)便建议最少射线暴露射频消融[19];丰富的临床数据显示,零 X 线右房心律失常的射频消融已取得良好效果[20]。对于房颤及其他左房心律失常进行零 X 线消融的难点在于房间隔穿刺,尤其是房间隔穿刺进入左房仍需在射线下操作,尽管如此,在食道超声引导下左房心律失常的零 X 线消融国内外已有较多报道[21]。对于复杂左房心律失常的零 X 线消融,术前左房的 CT 三维重建也是非常重要的[22]。将目前国内外最先进的 Carto Sound 三维诊断超声导管运用于消融术中,可真正做到“零 X 线”。随着三维标测系统研究和应用的深入,我们能够实现围绕肺静脉开口处或肺静脉前庭部位环状消融,以达到肺静脉完整电学隔离,既可“消除触发灶”又可“改良基质”,使房颤导管消融治疗实现质的飞跃,并使透视时间尽量减少,甚至降为零。

2 室上性心动过速

阵发性室上性心动过速(paroxysmal supraventricular tachycardia,PSVT)是一类异质性心律失常,由心房和/或房室结的组织引发和维持[23]。抗心律失常药物能终止 PSVT 的发作但很难根治,其反复发展会影响患者的生活和工作,甚至威胁生命。射频消融术治疗 PSVT 安全有效、创伤小、治愈率高。然而,传统射频消融技术在 X 线透视下完成,存在如下局限性:① 缺少立体感,无法使心脏解剖和手术过程可视化,术中常看到重叠影像,术者无法准确地了解电极和组织的接触情况,导管定位困难,增加了手术难度及风险[24];② 操作时获取的解剖数据在心脏标测和导管导航是分开独立的,在解剖结构异常病例或复杂心律失常的消融中无法生成立体的心脏解剖影像,增加了标测难度。

近年来,有关三维标测系统指导 PSVT 射频消融的报道逐渐增多,其中不少是关于三维标测系统指导下儿童室上性心律失常射频消融术的 X 线暴露的。Drago 等[25]首次应用 Carto XP 系统指导对 21 例 PSVT 儿童行右侧旁道射频消融术,9 例零 X 线曝光,12 例接受 X 线放射时间仅 9.2 min。室上性心动过速射频消融的辐射风险虽小但不可忽视。Casella 等[26]对 50 例室上性心动过速的中青年患者进行电生理研究,探讨了 X 线零曝光的可行性和安全性,其中,47 例在 EnSite NavX 系统引导下行射频消融术(23 例房室结折返性心动过速,16 例房室结旁道,6 例典型心房扑动,2 例右心房心动过速)。研究结果显示,38 例 X 线零曝光,且在电解剖三维标测下行射频消融术,其中 4 例逆行进入左心室;12 例 X 线透视时间 42 ~ 122 s,具有相对较低的辐射暴露;术中无并发症;在平均随访 9 ~ 15 个月内,观察到预激综合征和房扑复发各 1 例。该研究表明,使用 EnSite NavX 三维标测系统进行 X 线零曝光射频消融室上性心动过速是可行的和安全的。三维标测系统用于 PSVT 消融具有以下优点[27-28]:① X 线暴露时间明显缩短,甚至可降至零;② 判断线性消融的完整性;③ 激动顺序标测,电生理机制明确,定位靶点精确;④ 消融导管具有复位记忆功能,靶点定位精确度高。三维标测系统指导下 PSVT 射频消融术的成功率高,零 X 线消融技术更是值得推广[29]。

3 室性心律失常

室性早搏(简称“室早”)是临床上最常见的一类心律失常[30-32]。对于症状明显,并且药物治疗效果不佳或不耐受药物治疗的室早,随着导管技术的日益成熟,导管射频消融已成为一种安全、高效的治疗方法。室早射频消融术常规应用普通二维标测方法,需要在 X 线透视下完成。三维电标测系统可在室早发作时开启自动冻结功能,自动冻结室早发作时最早激动点作为消融靶点;然后,在该处进

行起搏标测,以验证消融靶点的可靠性;最后,确定消融导管的贴靠程度及消融靶点的电生理特征,待其稳定后进行放电消融。Theocharopoulos 等[33]首先报道了右室流出道室早的零 X 线消融,但与常规二维消融未作比较。Wang 等[34]的研究结果表明,零 X 线消融室性心律失常与传统方法相比是比较安全的。他们开展了一项涉及中国 7 个中心的前瞻性研究,入组特发性室速患者 489 例,其中,零 X 线电生理检查及行射频消融 163 例,传统方法 326 例,比例为 1∶2。在 163 例零 X 线检查及消融患者中,共有 151 例(92.6%)行心律失常射频消融,其他由于冠状动脉造影需要改用传统 X 线方法。在操作成功率(84.1% *vs.* 85.4%)、心律失常复发率(1.9% *vs.* 2.2%)和严重并发症发生率(0.6% *vs.* 0.9%)上,零 X 线消融与传统射频消融方法相比,差异无统计学意义。采用零 X 线射频消融时,术者免受 X 线辐射伤害且无须穿戴防护衣,较传统方法更为安全、高效。目前国内也有较多文献(如楼善杰等[35])报道在三维标测系统指导下零 X 线消融室性心律失常,可使标测时间缩短、放电次数减少、手术时间缩短。

4　妊娠期心律失常

心律失常可能发生在妊娠期,与未孕人群相比,妊娠期心律失常相关报道的数量呈上升趋势。据 Chen 等[36]研究指出,妊娠期室上性心动过速发生率为 13‰ ~ 24‰。射频消融会对孕妇及胎儿造成潜在危害,如孕妇早产、流产、充血性心脏病,胎儿死亡、子宫内发育受限、头颅畸形及认知障碍等[37]。Doll 等[38]报道,产前低至 10 mGy 的射线量都可能增加儿童罹患癌症的风险。随着 EnSite NavX 标测系统的不断发展,在某些情况下可实现零 X 线消融[26]。2016 年,Chen 等[36]报道了在 EnSite NavX 系统指导下及 X 线零曝光下,成功完成 1 例频发室早合并右侧旁道房室结折返性心动过速的射频消融;实际上在他们中心,大部分心律失常尤其是起源于左房的心律失常,都可利用三维标测系统在 X 线零曝光下完成消融。Chu 等[39]对 2002 年 1 月至 2016 年 3 月收治的 20 例妊娠合并快速心律失常患者的临床资料进行回顾性分析和随访,其中房扑 1 例,房扑合并房速 1 例,房扑合并房颤 1 例,房颤 1 例,室上性心动过速 3 例,房速合并室上性心动过速 1 例,室速 4 例,室早合并室速 3 例,房速 5 例。前 7 例患者(2002—2014 年收治)在减少辐射剂量的情况下行射频消融;其他 12 例(2015—2016 年收治)在 EnSite NavX 标测系统指导下完成操作,手术安全性高,无并发症或不良反应。上述研究证实,在零 X 线或接近零 X 线下,对妊娠期心律失常进行射频消融是安全和有效的。

5　总结

Razminia 等[40]从 PubMed 和 EMBASE 中检索出 10 项射频消融的相关研究,共涉及 2261 例患者(包括房速、房颤、室早、特发性室速、室上性心动过速)。Mata 分析结果表明,与传统的射频消融方法相比,零 X 线或接近零 X 线消融能显著缩短透视时间($P < 0.000\ 01$)、消融时间($P = 0.01$),减少辐射剂量($P = 0.008$),而手术时间、即刻/远期成功率、并发症发生率和复发率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。

总之,绿色电生理射频消融在缩短射线暴露时间的同时,不会影响疗效及安全性。零 X 线消融的临床应用和研究仍有较大拓展空间[36],目前还没有应用于主动脉瓣或心外膜来源的心律失常、新植入心脏瓣膜的心律失常的报道。尽管零 X 线消融的治疗费用会高于常规的射频消融,但其获益也高,如能减少射线暴露及降低癌症风险等。随着该项技术的成熟和普及,它的费用将有所下降。射频消融从 X 线下操作到 X 线零曝光下操作需要一个学习曲线和过程。而随着三维标测系统及 CF 监测导管的应用,X 线零曝光下心律失常的射频消融也将更有效、更安全,消融能量更低,手术时间更短,绿色电生理技术必将全面迅速地发展,在临床进一步普及和应用。

参 考 文 献

[1] Lickfett L, Mahesh M, Vasamreddy C, et al. Radiation exposure during catheter ablation of atrial fibrillation[J]. Circulation, 2004(19):3003 - 3010.

[2] Klein LW, Miller DL, Balter S, et al. Occupational health hazards in the interventional laboratory: time for a safer environment[J]. J Vasc Interv Radiol, 2009, 20(7 Suppl): S278 - S283.

[3] Nair GM, Nery PB, Redpath CJ, et al. Radiation safety and ergonomics in the electrophysiology laboratory: update on recent advances[J]. Curr Opin Cardiol, 2016, 31(1): 11 - 22.

[4] Lemery R. Interventional electrophysiology at the crossroads: cardiac mapping, ablation and pacing without fluoroscopy[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2012, 23(10): 1087 - 1091.

[5] Yokoyama K, Nakagawa H, Shah DC, et al. Novel contact force sensor incorporated in irrigated radiofrequency ablation catheter predicts lesion size and incidence of steam pop and thrombus[J]. Circ Arrythm Electrophysiol, 2008, 1(5): 354 – 362.

[6] Kistler PM, Roberts-Thomson KC, Haqqani HM, et al. P-wave morphology in focal atrial tachycardia: development of an algorithm to predict the anatomic site of origin[J]. J Am Coll Cardiol, 2006,48(5):1010 – 1017.

[7] Shalganov TN, Vatasescu R, Paprika D, et al. A simple algorithm for defining the mechanism and the chamber of origin in atrial tachycardias[J]. J Electrocardiol, 2006, 39(4):369 – 376.

[8] Brown JP, Krummen DE, Feld GK, et al. Using electrocardiographic activation time and diastolic intervals to separate focal from macro-re-entrant atrial tachycardias[J]. J Am Coll Cardiol, 2007, 49(19):1965 – 1973.

[9] Ferguson JD, Helms A, Mangrum JM, et al. Ablation of incessant left atrial tachycardia without fluoroscopy in a pregnant woman[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2010, 22(3):346 – 349.

[10] Güler E, Karaca O, Kizilirmak, et al. Near zero fluoroscopy radiation exposure during successful catheter ablation of atrial tachycardia from the non-coronary aortic cusp using 3-dimentional electroanatomic mapping system[J]. Anadolu Kardiyol Derg, 2014, 14(6):556 – 557.

[11] Feld GK, Fleck RP, Chen PS, et al. Radiofrequency catheter ablation for the treatment of human type 1 atrial flutter. Identification of a critical zone in the reentrant circut by endocardial mapping techniques[J]. Circulation, 1992, 86(4):1233 – 1240.

[12] Alvarez M, Tercedor L, Almansa I, et al. Safety and feasibility of catheter ablation for atrioventricular nodal re-entrant tachycardia without fluoroscopic guidance[J]. Heart Rhythm, 2009, 6(12):1714 – 1720.

[13] 范晓涛, 沈才杰, 孙立勤, 等. 三维电解剖标测系统指导下 X 线零曝光射频消融治疗典型心房扑动效果观察[J]. 现代实用医学, 2013, 25(5):510 – 512.

[14] Deutsch K, Śledź J, Mazij M, et al. Maximum voltage gradient technique for optimization of ablation for typical atrial flutter with zero-fluoroscopy approach[J]. Medicine (Baltimore), 2017,96(25):e6939.

[15] January CT, Wann LS, Alpert JS, et al. 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 64(21):e1 – e76.

[16] 艾克拜尔·安尼瓦尔, 李俊红, 木拉提·阿不都热合曼. 心房颤动治疗的研究新进展[J]. 中国循环杂志, 2014, 29(11):955 – 957.

[17] 徐波, 何国平, 朱国平, 等. Carto3 在心房颤动导管消融中的初步应用[J]. 临床心血管病杂志, 2013, 29(11):811 – 813.

[18] Jilek C, Hessling G, Ammar S, et al. Visualization of multiple catheters in left atrial ablation procedures: comparison of two different 3D mapping systems[J]. Herzschrittmacherther Elektrophysiol, 2011, 22(1):39 – 45.

[19] Raju H, Whitaker J, Taylor C, et al. Electroanatomic mapping and transoesophageal echocardiography for near zero fluoroscopy during complex left atrial ablation[J]. Heart Lung Circ, 2016, 25(7):652 – 660.

[20] Fernández-Gómez JM, Moriña-Vázquez P, Morales Edel R, et al. Exclusion of fluoroscopy use in catheter ablation procedures: six years of experience at a single center[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2014, 25(6):638 – 644.

[21] Scaglione M, Ebrille E, Caponi D, et al. Zero-fluoroscopy ablation of accessory pathways in children and adolescents: Carto3 electroanatomic mapping combined with RF and cryoenergy[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2015, 38(6): 675 – 681.

[22] Bulava A, Hanis J, Eisenberger M. Catheter ablation of atrial fibrillation using zero-fluoroscopy technique: a randomized trial[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2015, 38(7): 797 – 806.

[23] Page RL, Joglar JA, Caldwell MA, et al. 2015 ACC/AHA/HRS guideline for the management of adult patients with supraventricular tachycardia: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society[J]. Heart Rhythm, 2016, 13(4):e136 – e221.

[24] Cappato R, Calkins H, Chen SA, 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.

[25] Drago F, Silvetti MS, Di Pino A, et al. Exclusion of fluoroscopy during ablation treatment of right accessory pathway in children[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2002,13(8):778 – 782.

[26] Casella M, Pelargonio G, Dello Russo A, et al. "Near-zero" fluoroscopic exposure in supraventricular arrhythmia ablation using the EnSite NavX mapping system: personal experience and review of the literature[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2011, 31(2):109 – 118.

[27] Halbfass P, Turschner O, Mahnkopf C, et al. Three-dimensional mapping systems[J]. Herzschrittmacherther Electrophysiol, 2012, 23(4):269 – 274.

(下转第 28 页)

参 考 文 献

[1] 中华医学会心血管病学分会，中国生物医学工程学会心脏起搏与心电生理分会，中华心血管病杂志编辑委员会，等. 室上性快速心律失常治疗指南[J]. 中华心血管病杂志，2005，33(1)：2－15.

[2] 陈丽华，卫展扬，莫静兰，等. 单纯室上速消融治疗阵发性室上性心动过速合并房性心律失常的疗效观察[J]. 实用心电学杂志，2017，26(5)：331－334.

[3] Perisinakis K，Damilakis J，Theocharopoulos N，et al. Accurate assessment of patient effective radiation dose and associated detriment risk from radiofrequency catheter ablation procedures[J]. Circulation，2001，104(1)：58－62.

[4] 屈百鸣，钱琳艳，车贤达，等. 三维电场导航系统非透视引导下导管消融治疗阵发性室上性心动过速[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志，2011，25(2)：108－110.

[5] 刘小青，周旭，杨刚，等. EnSite NavX 引导无 X 线透视射频导管消融治疗右侧阵发性室上性心动过速[J]. 中华心律失常学杂志，2011，15(4)：275－278.

[6] 李宾公，王梦洪，郑泽琪，等. 三维标测指导下的阵发性室上性心动过速射频消融[J]. 江西医药，2012，47(5)：451－452.

[7] 侯炳波，姚焰，张奎俊，等. 减少术中 X 线曝光剂量治疗阵发性室上性心动过速[J]. 中华心律失常学杂志，2014，18(5)：353－356.

[8] 林利，高路，崔浪，等. 三维标测系统引导下射频消融治疗儿童阵发性心动过速[J]. 中华心律失常学杂志，2013，17(4)：294－297.

[9] 钱琳艳，邹海，车贤达，等. 三维导航下的阵发性室上性心动过速导管消融术的疗效分析[J]. 中华医学杂志，2016，96(35)：2821－2824.

（收稿日期：2017－10－19）
（本文编辑：顾艳）

（上接第 22 页）

[28] Khaykin Y，Oosthuizen R，Zarnett L，et al. Carto-guided vs. NavX-guided pulmonary vein antrum isolation and pulmonary vein antrum isolation performed without 3-D mapping：effect of the 3-D mapping system on procedure duration and fluoroscopy time[J]. J Interv Card Electrophysiol，2011，30(3)：233－240.

[29] 丁合彬，杨浩. 三维标测系统指导下阵发性室上性心动过速的射频消融研究进展[J]. 中国循环杂志，2015，30(3)：296－297.

[30] Takemoto M，Yoshimura H，Ohba Y，et al. Radiofrequency catheter ablation of premature ventricular complexes from right ventricular outflow tract improves left ventricular dilation and clinical status in patients without structural heart disease[J]. J Am Coll Cardiol，2005，45(8)：1259－1265.

[31] Wang K，Hodges M. The premature ventricular complex as a diagnostic aid[J]. Ann Intern Med，1992，117(9)：766－770.

[32] Ling Z，Liu Z，Su L，et al. Radiofrenquency ablation versus antiarrhythmic medication for treatment of ventricular premature beats fronm the right ventricular outflow tract：prospective randomized study[J]. Circ Arrythm Electrophysiol，2014，7(2)：237－243.

[33] Theocharopoulos N，Damilakis J，Perisinakis K，et al. Occupational exposure in the eletrophysiology laboratory：quantifying and minimizing radiation burden[J]. Br J Radiol，2006，79(944)：644－651.

[34] Wang Y，Chen GZ，Yao Y，et al. Ablation of idiopathic ventricular arrhythmia using zero-fluoroscopy approach with equivalent efficacy and less fatigue：a multicenter comparative study[J]. Medicine(Baltimore)，2017，96(6)：e6080.

[35] 楼善杰，赵云，赵国安，等. Carto3 系统指导下零 X 线射频消融治疗特发性右室流出道室早的有效性及安全性[J]. 实用心电学杂志，2016，25(6)：416－419，454.

[36] Chen G，Sun G，Xu R，et al. Zero-fluoroscopy catheter ablation of severe drug-resistant arrhythmia guided by Ensite NavX system during pregnancy：Two case reports and literature review[J]. Medicine(Baltimore)，2016，95(32)：e4487.

[37] Williams PM，Fletcher S. Health effects of prenatal radiation exposure[J]. Am Fam Physician，2010，82(5)：488－493.

[38] Doll R，Wakeford R. Risk of childhood cancer from fetal irradiation[J]. Br J Radiol，1997，70：130－139.

[39] Chu L，Zhang J，et al. Clinical analysis of 19 cases of pregnant women with rapid arrhythmia in the treatment of radiofrequency catheter ablation[J]. Chinese Journal of Obstetrics and Gynecology，2016，51(10)：759－764.

[40] Razminia M，Manankil MF，Eryazici PL，et al. Nonfluoroscopic catheter ablation of cardiac arrhythmias in adults：feasibility，safety，and efficacy[J]. J Cardiovasc Electrophysiol，2012，23(10)：1078－1086.

（收稿日期：2017－10－31）
（本文编辑：顾艳）