

## 中国先天性心脏病介入治疗发展历程

肖家旺，朱鲜阳

中国人民解放军北部战区总医院先心病内科，沈阳 110016

通信作者：朱鲜阳 电话：024-28897421，E-mail：xyangz2011@163.com

**【摘要】**先天性心脏病（下文简称“先心病”）是我国最常见的先天性畸形。经过 50 余年的发展，我国先心病治疗已历经从传统开胸手术，到经皮导管介入治疗；从最初的球囊导管房间隔造口术的姑息性手术，到封堵缺损、狭窄瓣膜与血管球囊扩张及支架植入的根治性手术；从单一学科治疗，到内外科镶嵌的综合治疗模式的转变。随着具有中国特色自主研发的国产器材的临床应用，以及不断创新完善的操作技术的经验积累，我国先心病介入治疗取得了一系列令世界瞩目的成就，病种和数量均已达到国际领先水平。本文全面梳理、总结我国先心病介入治疗的发展历程和取得的卓越成就，展望该领域的未来发展趋势，以期为临床诊疗提供借鉴。

**【关键词】**先天性心脏病；介入治疗；历史

**【中图分类号】** R541；R654.2      **【文献标志码】** A      **【文章编号】** 1674-9081(2021)03-0303-06

**DOI：** 10.12290/xhyzz.2021-0157

## Evolution of Interventional Treatment of Congenital Heart Disease in China

XIAO Jiawang, ZHU Xianyang

Department of Congenital Heart Disease, General Hospital of Northern Theater Command, Shenyang 110016, China

Corresponding author: ZHU Xianyang Tel: 86-24-28897421, E-mail: xyangz2011@163.com

**【Abstract】** Congenital heart disease (CHD) are the most common congenital malformations in China. It has been more than 50 years since the development from the traditional thoracotomy to percutaneous intervention. The interventional treatment of CHD has changed from the palliative procedure of atrial septostomy with balloon catheter to a radical cure for closure defects and stenosis of vessels or valves with balloon dilation and stent implantation. The treatment model has developed from a single specialty to multidisciplinary procedures comprised of internal and surgical medicine. With the clinical application of self-developed home-made equipment with Chinese characteristics and the accumulation of experience in innovating and perfecting skillful operation techniques, a series of remarkable achievements have been made in interventional therapy of CHD in China, which has brought the types and the number of congenital heart diseases treated with interventional treatment to the world-leading level. This article summarizes the development and achievements of interventional therapy of CHD in China and looks forward to the future trend in this field, so that clinicians can have a thought and lesson.

**【Key words】** congenital heart disease；interventional therapy；history

Med J PUMCH, 2021, 12 (3):303–308

根据国家卫生健康委员会 2012 年数据, 我国每年约 12 万儿童出生时患有先天性心脏病(下文简称“先心病”), 发病率为 0.6%~0.8%<sup>[1]</sup>, 占所有先天性出生缺陷的 28%, 是最常见的先天性畸形, 给社会和家庭带来沉重负担。先心病的成功矫治是人类医学发展史的里程碑事件。1966 年, Rashkind 和 Miller 通过球囊导管实施房间隔造口术标志着经导管介入技术治疗先心病的开始<sup>[2]</sup>; 1967 年, Porstmann 经导管应用泡沫塑料塞成功封堵动脉导管未闭 (patent ductus arteriosus, PDA) 开启了先心病封堵治疗的先河<sup>[3]</sup>; 20 世纪 90 年代, Amplatzer 研发的 PDA、房间隔缺损 (atrial septal defect, ASD) 和室间隔缺损 (ventricular septal defect, VSD) 封堵器陆续问世, 使介入器材和技术日趋完善, 将先心病介入治疗引入了新纪元<sup>[4]</sup>。随着国产封堵器面世并逐渐应用于临床, 我国先心病介入治疗发展迅速, 并取得了一系列令世界瞩目的成就。本文通过回顾历史、展望未来, 以期为进一步推动我国先心病介入治疗的发展提供思考和借鉴。

## 1 历史沿革

### 1.1 起步阶段

我国先心病介入治疗最早可追溯至 1981 年上海儿童医学中心周爱卿教授等的报道, 其应用球囊为 1 例 8 日龄完全性大动脉转位患儿实施了房间隔造口术<sup>[5]</sup>。1986 年, 广东省心血管病研究所开展了首例经皮球囊肺动脉瓣成形术 (percutaneous balloon pulmonary valve angioplasty, PBPV) 治疗肺动脉瓣狭窄<sup>[6]</sup>, 此技术现已成为单纯肺动脉瓣狭窄的首选治疗方式。此后, 经皮球囊主动脉瓣成形术治疗先天性主动脉瓣狭窄和经皮球囊血管成形术治疗主动脉缩窄也相继在临床开展<sup>[7]</sup>。20 世纪 80 年代后期, 上海市儿童医院钱晋卿教授开始应用 Porstmann 法治疗 PDA, 在对 Porstmann 法加以改进后获得成功<sup>[8]</sup>。20 世纪 90 年代中期, Sideris (Sideris 封堵器研发者)、Bensen (Cardio-SEAL 封堵器研发者) 教授来华传授 ASD 封堵术后, 中国医学科学院阜外医院戴汝平教授率先在国内采用进口 Sideris 封堵器、Cardio-SEAL 封堵器治疗 ASD、VSD, 但因并发症较多而未得到推广<sup>[9-10]</sup>。1998 年, 戴汝平教授将 Amplatzer 镍钛记忆合金编织的封堵器引进国内并成功用于临床, 其操作安全简便, 疗效满意, 极大提高了手术成功率, 使得 ASD、PDA 的介入治疗在国内逐渐推广。2001 年,

中国人民解放军北部战区总医院朱鲜阳教授在国内率先应用 Amplatzer 肌部封堵器治疗肌部 VSD 获得成功<sup>[11]</sup>; 2002 年, Amplatzer 膜部 VSD 非对称性封堵器也进入国内, 但因术后发生完全性房室传导阻滞 (complete atrioventricular block, CAVB) 需植入永久起搏器或开胸手术而难以推广应用<sup>[12-13]</sup>。2007 年, 一项欧洲多中心关于 Amplatzer 膜部 VSD 封堵器的临床研究<sup>[14]</sup>显示, 术后 CAVB 的发生率为 5%, 严重并发症的发生率为 0~22.2%, 主要包括术后封堵器移位、栓塞、溶血、主动脉瓣或三尖瓣关闭不全、术后残余分流等, 故迄今为止美国食品药品监督管理局仍未批准 Amplatzer 膜部 VSD 封堵器应用于临床, 导致近年来国外相关研究处于停滞状态。

### 1.2 自主研发阶段

2001 年 12 月, 长海医院秦永文教授研制了新型膜部 VSD 封堵器, 为 1 例 22 岁女性患者植入 10 mm 对称双盘状镍钛合金封堵器, 成功治愈 VSD, 这款中国首次自主研发的封堵器极大降低了 CAVB 的发生率, 于 2003 年成功上市<sup>[15]</sup>。为满足先心病患者介入治疗的具体需求, 根据心血管不同畸形的解剖学特点, 国内学者经过多年不懈努力, 自行研制生产了各种类型 ASD、PDA、VSD 封堵器<sup>[16-17]</sup>, 结构和性能明显优于国外同类产品, 显著提高了手术成功率, 极大改善了患者预后。国产封堵器的多样化, 使得不同解剖特征的个体化选择成为可能, 国内专家在操作方法上亦未完全沿袭国外, 而是加以改革和创新。例如, 西安交通大学第一附属医院张玉顺教授提出经胸超声选择 ASD 封堵器的标准, 现已成为国内常规操作<sup>[18]</sup>; 漂浮和保留导丝方式优化了 VSD 封堵术<sup>[19]</sup>。目前, 国产封堵器已出口至欧洲、中东、拉美等许多国家, 造福其他国家先心病患者, 我国医生也相继走出国门, 进行先心病介入技术的国际交流与培训。

### 1.3 创新与挑战

随着病例增加及经验积累, 国内专家操作技术亦日趋成熟, 陆续对一些少见先心病介入治疗展开挑战。1997 年, 中国医学科学院阜外医院尝试应用 Cook 弹簧圈进行先天性冠状动脉瘤介入封堵治疗<sup>[20]</sup>。2002 年, 广东省人民医院率先报道应用 Amplatzer 蘑菇伞成功为 1 例 11 个月的主-肺动脉间隔缺损婴儿行介入治疗<sup>[21]</sup>。2004 年, 哈尔滨医科大学附属第二医院于波教授报道了国内首例经导管主动脉窦瘤破裂封堵术<sup>[22]</sup>。2005 年, 中国人民解放军北部战区总医院朱鲜阳教授在国内首次开展射频打孔并球囊扩张治疗室间隔完整的肺动脉闭锁, 获得成功<sup>[23]</sup>。长

海医院秦永文教授根据主动脉窦瘤的影像学特征，采用小腰大边型或肌部 VSD 封堵器封堵，手术成功率在 90% 以上<sup>[24-25]</sup>。在简单先心病介入治疗经验的积累下，国内学者开始尝试复杂先心病内外科镶嵌治疗，包括外科手术视野难以发现的主肺侧支封堵术<sup>[26]</sup>和经胸 ASD、VSD、PDA 矫治术后残余分流的堵闭<sup>[27-28]</sup>，并将 VSD 封堵技术应用于高危急性心肌梗死后室间隔穿孔<sup>[29]</sup>，挽救濒临死亡的患者。先进的介入技术和完美的封堵效果使得我国在先心病介入治疗领域的病种和数量均达到了国际领先水平。

## 2 我国先心病介入治疗的普及与规范

2007 年，时任中国医师协会心血管内科分会主任委员的胡大一教授与中国红十字会发起“爱心工程”公益活动，开展基层医疗单位与专家共同协作的先心病普查和诊治工作。2009 年，在胡大一教授的倡导和主持下，中国医师协会心血管内科分会先心病工作委员会成立，全面系统地规划了我国先心病介入治疗的组织范围，开拓了先心病的专业领域。同年，国家卫生健康委员会建立了心血管介入注册登记制度，严格的准入和培训为先心病介入治疗的规范化发展提供了有力保证。

早在 2004 年，中国医师协会儿科医师分会即制订并发表了《先天性心脏病经导管介入治疗指南》<sup>[30]</sup>，2011 年中国医师协会心血管内科分会先心病工作委员会组织专家起草了《常见先天性心脏病介入治疗的中国专家共识》，进一步明确了先心病介入治疗规范，提高了介入治疗的安全性<sup>[17,31-33]</sup>。2015 年中国医师协会儿科医师分会先心病专家委员会联合中华医学会儿科学分会心血管学组，发布了《儿童常见先天性心脏病介入治疗专家共识》<sup>[34]</sup>。2017 年，中华医学会心血管病学分会与中国医师协会心血管内科医师分会的结构性心脏病学组共同发布了《中国动脉导管未闭介入治疗指南 2017》<sup>[35]</sup>，尤其是 2021 年发表的《卵圆孔未闭相关卒中预防中国专家指南》<sup>[36]</sup>。先心病介入治疗技术几乎与国外同步，且国内外指南对于先心病介入治疗适应证、操作技术、并发症判断与处理等方面的规定基本一致。而直至 2021 年，欧洲心脏病学会才首次提出经导管 VSD 封堵术成为外科手术的一种替代方法<sup>[37]</sup>，表明我国在 VSD 介入治疗领域理念明显领先于国外。

2007 年，国家卫生健康委员会颁布实施了《心

血管疾病介入诊疗技术管理规范》，并于 2011 年进行修订<sup>[38]</sup>；2008 年认证和公布了首批心血管介入诊疗培训基地，全面加强心血管疾病介入诊疗技术管理，进一步明确先心病介入治疗规范，保证先心病介入治疗质量和医疗安全。适应证选择的标准化、操作技术的规范化，降低了并发症发生率，提高了治疗成功率，进而实现了从外科治疗、部分介入治疗到普遍介入治疗的成功突破。

2020 年在第二十三届全国介入心脏病学论坛上，蒋世良教授代表国家先心病介入专业质控中心，发布了“2019 年中国大陆先天性心脏病介入注册数据”，2009 至 2019 年，我国地方医院先心病介入治疗例数翻了一倍，达到 34 758 例（图 1），加上军队医院例数，估计总数已超 5 万例；国内现有 400 余家医院、500 多名医生开展此项技术，总成功率为 98.4%，严重并发症发生率为 0.12%，死亡率为 0.01%；先心病介入治疗覆盖的病种中，ASD 占比最高（41%），其次为 PDA（21%）、卵圆孔未闭（16%）和 VSD（15%）。目前，近 99% 的 PDA、70%~80% 的 ASD、70% 以上的 VSD 患者均可经介入治疗达到治愈。

## 3 我国先心病介入治疗的拓展与延伸

当前常规先心病介入治疗技术已趋向成熟，由简单先心病封堵向更微创、更安全、更精准、介入无植入等方向发展，并将介入手术治疗窗口前移至胎儿期。针对传统封堵器镍离子释放的问题，广东省人民医院张智伟教授牵头研发了新型 Cera 陶瓷膜封堵器，在原镍钛合金封堵器设计的基础上保持原封堵器设计外形，利用等离子技术，在镍钛合金表面均匀包裹一层氮化钛薄膜，很大程度上提高了封堵器的耐腐蚀性以及生物组织、血液相容性<sup>[39]</sup>。目前，Cera 封堵器已获得包括欧盟、中国、印度、巴西、俄罗斯等地区和国家的认可，被应用于数千例先心病患者。此外，新型 MemoCarna 氧化膜单铆 ASD 封堵器通过单铆设计及氧化膜加工工艺的双重优化，有效减少了镍离子析出，在一定程度上可减少远期并发症的发生率，也为广大术者提供了介入治疗的新选择。

自 2013 年起，中国医学科学院阜外医院潘湘斌教授先后开展了单纯超声引导下 ASD、VSD、PDA、肺动脉瓣狭窄的介入治疗，完全不使用射线及造影剂<sup>[40-42]</sup>。2015 年郑宏教授率先采用 3D 打印技术，使 PDA 封堵器成功应用于下腔型 ASD 封堵术，扩宽了

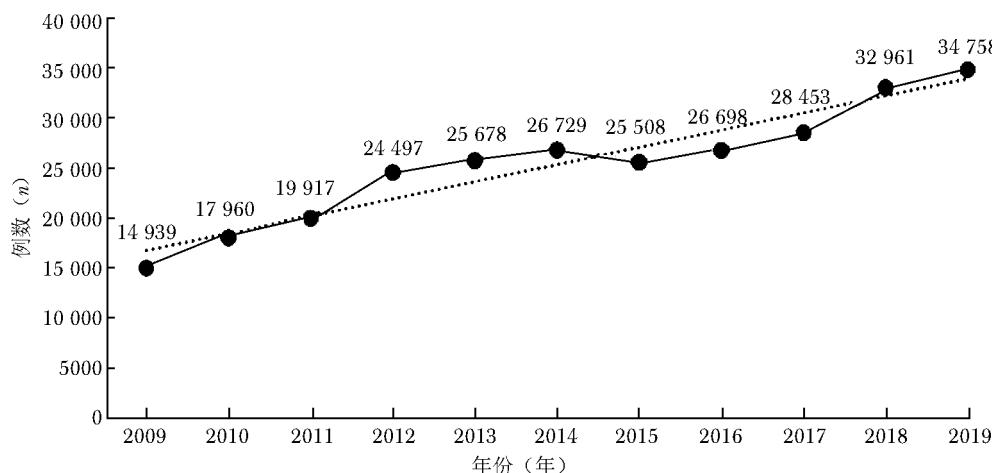


图 1 2009—2019 年中国地方医院先心病介入治疗例数

常规 ASD 介入的适应证，使患者免于外科开胸手术，远期预后良好<sup>[43]</sup>。

我国自主研发的新一代 Venus P-Valve 肺动脉瓣膜，全球首例人体植于 2013 年在复旦大学附属中山医院完成，揭开了中国肺动脉瓣膜植入临床试验的序幕，用于治疗先心病外科术后肺动脉瓣中重度反流<sup>[44]</sup>。目前，国内临床试验已在 6 家医院完成，正在等待国家药品监督管理局上市前审批。2016 年中华医学会心血管病学分会结构性心脏病学组、中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病专业委员会联合发布《经皮肺动脉瓣置入术中国专家建议》<sup>[45]</sup>。

当前最热门的生物可降解封堵器研发方面，我国已在 ASD、VSD、PDA 领域取得一定成绩。张智伟教授团队主持研制的全球首款完全可降解房间隔封堵系统已完成国内临床试验入组和 1 年随访<sup>[46]</sup>。潘湘斌教授团队研发首款完全生物可降解 VSD 封堵器，于 2018 年完成首例人体植入，并开展了临床试验。2019 年张玉顺教授团队等完成了国际首例 Pansy® 系列完全可降解卵圆孔未闭封堵器人体临床试验阶段的植入，患者正在接受随访中。生物完全可降解封堵器的成功研发，使我国先心病介入治疗发生了质的飞跃。

2016 年，我国首例胎儿心脏介入治疗由张智伟教授团队与奥地利林茨儿童医院 Tulzer 教授团队合作完成，为 1 例室间隔完整的肺动脉瓣闭锁胎儿实施 PBPV，迈出了国内胎儿宫内介入治疗探索第一步。次年，该团队又成功为 1 例危重症肺动脉瓣狭窄胎儿实施宫内介入治疗<sup>[47]</sup>。2018 年青岛市妇女儿童医院单中心团队独立为 1 例 26 孕周室间隔完整的肺动脉闭锁伴右心发育不良胎儿实施宫内介入治疗，实现了

国内胎儿宫内介入治疗最小孕周突破，技术接近国际水平<sup>[48]</sup>。同年，上海交通大学医学院附属新华医院孙锟教授团队完成了亚洲首例胎儿先天性重度主动脉瓣狭窄经皮球囊主动脉瓣成形术。至此，胎儿先心病介入手术取得突破性进展，技术已覆盖国际胎儿介入治疗的主要疾病。

此外，先心病介入技术的不断成熟，亦促使心脏外科手术向更加微创发展，甚至提出了针孔式进胸路径，在胸腔镜辅助下完成先心病手术<sup>[49]</sup>。融合传统外科手术和心导管介入治疗技术特点的食管超声引导下经胸微创封堵 VSD 技术，既避免了体外循环手术创伤和潜在并发症，又避免了放射线辐射以及患儿年龄和体质的限制。据不完全统计，目前国内已有 2 万余例 VSD 患者接受了该手术并得以治愈，为该技术迅速推广应用积累了丰富经验。

#### 4 小结与展望

历经几十年栉风沐雨，我国先心病介入治疗实现了从零起步，逐渐发展、成熟，乃至创新的整体变革，取得了一系列显著成就。当然，在先心病诊断与治疗达到国际领先水平的同时，我国目前仍缺乏统一、规范的流行病学数据库，无法准确获得中国先心病人群的发病率、诊断/治疗、术后随访情况，这将严重影响我国先心病事业的发展。因此，未来应建立我国注册登记数据库以及完整的长期随访制度，并将临床应用的经验进行科学总结，以保证先心病介入治疗的长期安全性及可持续性发展，在此基础上，我国先心病介入治疗必将取得更大突破，更好地造福患者。

**作者贡献:** 肖家旺查阅文献, 撰写初稿; 朱鲜阳提出选题思路, 修订论文。

**利益冲突:** 无

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国卫生部. 中国出生缺陷报告 (2012) [EB/OL].[ 2012-09-12 ]. [http://www.gov.cn/gzdt/2012-09/12/content\\_2223371.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2012-09/12/content_2223371.htm).
- [2] Rashkind WJ, Miller WW. Transposition of the great arteries: Results of palliation by balloon atrioseptostomy in thirty-one infants [J]. Circulation, 1968, 38: 453-462.
- [3] Porstmann W, Wierny L, Warnke H. Closure of persistent ductus arteriosus without thoracotomy [J]. Ger Med Mon, 1967, 12: 259-261.
- [4] 戴汝平. 开拓介入治疗新领域-先天性心脏病的介入治疗 [J]. 中华心血管病杂志, 2000, 28: 85-86.
- [5] 周爱卿, 王荣发, 高伟, 等. 复杂性先天性心脏病的介入治疗 [J]. 中华儿科杂志, 2004, 42: 813-816.
- [6] 陈传荣, 李海, 周颖珍, 等. 经皮穿刺气囊肺动脉瓣成形术 [J]. 中华心血管病杂志, 1986, 14: 132.
- [7] Gao W, Zhou AQ, Wang RH, et al. Percutaneous balloon aortic valvuloplasty in the treatment of congenital valvular aortic stenosis in children [J]. Chine Med J, 2001, 114: 453-455.
- [8] 钱晋卿, 谢亚藩, 沈维英, 等. 非开胸法关闭动脉导管 130 例报告 [J]. 中华心血管病杂志, 1992, 20: 167-168.
- [9] 蒋世良. 先天性心脏病介入治疗的现状和展望 [J]. 中华心血管病杂志, 2009, 37: 970-971.
- [10] 蒋世良, 黄连军, 徐仲英, 等. 先天性心脏病介入治疗的严重并发症分析及其防治 [J]. 中国循环杂志, 2005, 20: 23-26.
- [11] 朱鲜阳, 韩秀敏, 全薇, 等. 肌部室间隔缺损封堵治疗成功 2 例报告 [J]. 沈阳部队医药, 2002, 15: 229-230.
- [12] Gu X, Han YM, Titus JL, et al. Transcatheter closure of membranous ventricular septal defects with a new nitinol prosthesis in a natural swine model [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2000, 50: 502-509.
- [13] Pinto RJ, Dalvi BV, Sharma S. Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects using amplatzer asymmetric ventricular septal defect occluder: preliminary experience with 18-month follow up [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2006, 68: 145-152.
- [14] Marinakis A, Vydt T, Dens J, et al. Percutaneous transcatheter ventricular septal defect closure in adults with Amplatzer septal occluders [J]. Acta Cardiol, 2007, 62: 391-395.
- [15] 秦永文, 赵仙先, 李卫萍, 等. 应用自制封堵器经导管闭合膜部室间隔缺损 [J]. 介入放射学杂志, 2002, 11: 130-131.
- [16] Qin YW, Chen JM, Zhao XX, et al. Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defect using a modified double-disk occluder [J]. Am J Cardiol, 2008, 101: 1781-1786.
- [17] 中国医师协会心血管内科医师分会先天性心脏病工作委员会. 常见先天性心脏病介入治疗中国专家共识二、室间隔缺损介入治疗 [J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 87-92.
- [18] 张玉顺, 张军, 吴栋良, 等. 房间隔缺损介入治疗中超声测量房缺最大径与球囊伸展径的相关研究 [J]. 心脏杂志, 2002, (2): 154-156.
- [19] 谭洪文, 张志钢, 陈翔, 等. 室间隔缺损封堵术中改良保留导丝技术的临床应用 [J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 753-756.
- [20] 曾筝, 戴汝平, 蒋世良, 等. 先天性心脏病冠状动脉瘤的介入治疗 [J]. 中华放射学杂志, 1997, 6: 392-395.
- [21] 朱鲜阳. 经导管介入治疗主-肺动脉间隔缺损一例 [J]. 中华儿科杂志, 2004, 42: 551.
- [22] 于波, 侯静波, 陈延军, 等. 主动脉窦瘤破裂介入封堵成功一例 (个案) [J]. 中国循环杂志, 2004, 19: 186-187.
- [23] 朱鲜阳, 韩秀敏, 崔春生, 等. 经导管射频打孔并球囊扩张治疗婴儿室间隔完整的肺动脉瓣闭锁 [J]. 中华儿科杂志, 2007, 45: 194-198.
- [24] Liu S, Xu X, Chen F, et al. Angiographic features of ruptured sinus of Valsalva aneurysm: new classification [J]. J Cardiol, 2014, 64: 139-144.
- [25] Liu S, Xu X, Zhao X, et al. Percutaneous closure of ruptured sinus of Valsalva aneurysm: results from a multicentre experience [J]. Euro Interv, 2014, 10: 505-512.
- [26] 张刚成. 新时代背景下先天性心脏病的镶嵌治疗 [J]. 中国实用内科杂志, 2019, 39: 583-586.
- [27] 肖家旺, 王琦光, 张端珍, 等. 先天性心脏病术后房、室间隔残余分流的介入治疗 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2020, 28: 500-504.
- [28] 李俊杰, 张智伟, 钱明阳, 等. 经导管弹簧圈堵闭小儿动脉导管未闭结扎术后残余分流 [J]. 岭南心血管病杂志, 2001, 4: 237-238.
- [29] Zhu XY, Qin YW, Han YL, et al. Long-term efficacy of transcatheter closure of ventricular septal defect in combination with percutaneous coronary intervention in patients with ventricular septal defect complicating acute myocardial infarction: A multicenter study [J]. Euro Intervention, 2013, 8: 1270-1276.
- [30] 周爱卿, 蒋世良. 先天性心脏病经导管介入治疗指南

- [J]. 中华儿科杂志, 2004, 55: 76-81.
- [31] 中国医师协会心血管内科医师分会先天性心脏病工作委员会. 常见先天性心脏病介入治疗中国专家共识一、房间隔缺损介入治疗 [J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 3-9.
- [32] 中国医师协会心血管内科医师分会先天性心脏病工作委员会. 常见先天性心脏病介入治疗中国专家共识三、动脉导管未闭的介入治疗 [J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 172-176.
- [33] 中国医师协会心血管内科医师分会先天性心脏病工作委员会. 常见先天性心脏病介入治疗中国专家共识四、经皮球囊肺动脉瓣与主动脉瓣成形术 [J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 253-260.
- [34] 中国医师协会儿科医师分会先天性心脏病专家委员会, 中华医学会儿科学分会心血管学组, 《中华儿科杂志》编辑委员会. 儿童常见先天性心脏病介入治疗专家共识 [J]. 中华儿科杂志, 2015, 53: 17-24.
- [35] 中华医学会心血管病学分会结构性心脏病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病专业委员会. 中国动脉导管未闭介入治疗指南 2017 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2017, 25: 241-248.
- [36] 张玉顺, 蒋世良, 朱鲜阳, 等. 卵圆孔未闭相关卒中预防中国专家指南 [J]. 心脏杂志, 2021, 33: 1-10.
- [37] Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease [J]. Eur Heart J, 2021, 42: 563-645.
- [38] 中华人民共和国卫生部医政司. 心血管疾病介入诊疗技术管理规范 (2011 年版) [J]. 中国医学前沿杂志 (电子版), 2012, 4: 76-78.
- [39] 谢育梅, 邱庆欢, 张智伟, 等. 生物陶瓷镀膜封堵器治疗儿童左向右分流型先天性心脏病的中远期随访研究 [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2015, 30: 818-822.
- [40] 潘湘斌, 逢坤静, 欧阳文斌, 等. 单纯超声心动图引导下经皮室间隔缺损封堵术的应用研究 [J]. 中国循环杂志, 2015, 30: 774-776.
- [41] 潘湘斌, 胡盛寿, 欧阳文斌, 等. 单纯超声引导下经皮肺动脉瓣球囊成形术的应用研究 [J]. 中华小儿外科杂志, 2015, 36: 286-288.
- [42] 潘湘斌, 欧阳文斌, 李守军, 等. 单纯超声心动图引导下行动脉导管未闭封堵术的安全性和有效性 [J]. 中华心血管病杂志, 2015, 43: 31-33.
- [43] 杨帆, 郑宏, 吕建华, 等. 3D 打印技术指导下采用动脉导管未闭封堵器治疗下腔型房间隔缺损一例 [J]. 中华心血管病杂志, 2015, 43: 631-633.
- [44] 周达新, 潘文志, 管丽华, 等. 经皮肺动脉瓣置入二例报道 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2013, 21: 332-334.
- [45] 中华医学会心血管病学分会结构性心脏病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病专业委员会. 经皮肺动脉瓣置入术中国专家建议 [J]. 中国医学前沿杂志 (电子版), 2016, 8: 20-24.
- [46] 谢育梅, 陈军. 可降解封堵器治疗先天性心脏病的研究进展 [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2020, 35: 2-6.
- [47] 洪思林. 我国胎儿先天性心脏病介入治疗的探索和展望 [J]. 介入放射学杂志, 2019, 28: 917-922.
- [48] 罗刚, 刘娜, 刘爱, 等. 胎儿介入治疗肺动脉瓣闭锁伴室间隔完整 (附 10 例报告) [J]. 中国实用儿科杂志, 2020, 35: 132-136.
- [49] Xing QS, Wu Q, Shi L, et al. Minimally invasive transthoracic device closure of isolated ventricular septal defect without cardiopulmonary bypass: long-term follow-up results [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2015, 149: 257-264.

(收稿: 2021-02-04 录用: 2021-03-23)

(本文编辑: 李 娜)