

## • 心脏介入 Cardiac intervention •

ADO II 封堵器治疗各类室间隔缺损疗效分析和  
远期随访结果

王建铭, 王琦光, 朱鲜阳, 张端珍, 孟立立, 庚靖淞, 赵 明, 肖家旺

**【摘要】 目的** 观察应用第二代 Amplatzer 动脉导管未闭封堵器 ADO II 治疗各类室间隔缺损(VSD)的安全性、有效性和远期随访结果。**方法** 根据纳入标准筛选 2011 年 1 月至 2019 年 6 月北部战区总医院采用 ADO II 封堵器封堵治疗的 VSD 患者。采用心电图和经胸壁超声心动图(TTE)评价术后即刻、1 d, 术后 1、3、6、12 个月及每年随访的封堵效果和并发症发生情况。**结果** 共入选 93 例 VSD 患者,其中膜周部室间隔缺损(pmVSD)81 例,嵴内型 VSD 4 例,VSD 外科修补术后残余瘘 7 例,VSD 封堵术后残余瘘 1 例。93 例患者 VSD 封堵术均获成功。造影下缺损出口大小为 $(0.3\pm 0.1)$  mm。1 例(1.1%)患者术后 1 d 出现脑血管意外,转神经专科治疗。中位随访时间 49 个月(12~107 个月),未发生感染性心内膜炎、完全房室传导阻滞(CAVB)和死亡并发症。术后轻度残余分流发生率为 16.1%(15/93),第 12 个月随访时已降至 3.2%(3/93)。心脏传导阻滞发生率为 6.5%(6/93),其中 1 例 pmVSD 患儿随访 28 个月仍有间歇完全左束支传导阻滞。术后新发三尖瓣轻度反流 2 例,随访期反流程度无变化,未见新发主动脉瓣反流。**结论** 经严格筛选的 pmVSD、嵴内型 VSD、VSD 外科修补/介入封堵术后残余瘘患者接受 ADO II 封堵器封堵治疗安全有效,远期随访结果良好。

**【关键词】** 室间隔缺损;导管插入术;心间隔封堵装置

中图分类号:R541.1 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2022)-04-0333-06

**Transcatheter closure by using Amplatzer duct occluder II for various types of ventricular septal defects: efficacy analysis and long-term follow-up results** WANG Jianming, WANG Qiguang, ZHU Xianyang, ZHANG Duanzhen, MENG Lili, GENG Jingsong, ZHAO Ming, XIAO Jiaowang. Department of Congenital Heart Disease, General Hospital of Northern Theater Command, Shenyang, Liaoning Province 110016, China

Corresponding author: WANG Qiguang, E-mail: wqg1993@163.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the safety, efficacy and long-term outcomes of transcatheter closure by using Amplatzer duct occluder II (ADO II) in treating various types of ventricular septal defect (VSD). **Methods** According to the inclusion criteria, VSD patients who received closure therapy by using ADO II at the General Hospital of Northern Theater Command of China between January 2011 and June 2019 were screened. Electrocardiography and transthoracic echocardiography (TTE) were adopted to evaluate the postoperative instant, one-day, and one-, 3-, 6-, 12-month, as well as yearly thereafter septum-closure effect and complications. **Results** A total of 93 VSD patients were enrolled in this study, including 81 patients with perimembranous ventricular septal defect (pmVSD), 4 patients with intracristal type VSD, 7 patients with post-surgery residual shunt, and one patient with post-closure residual shunt. Successful closure of VSD was achieved in all the 93 patients. Cardiovascular angiography showed that the diameter of defect outlet was  $(0.3\pm 0.1)$  mm. One patient (1.1%) developed cerebrovascular accident one day after surgery and had to be transferred to neurology department. During a median follow-up period of 49 months (12-107 months), no infective endocarditis, complete atrioventricular block (CAVB), or death occurred. The incidence of mild postoperative residual shunt was 16.1% (15/93), which was decreased to 3.2% (3/93) at the time of 12-month follow-up examination. The incidence of cardiac conduction block was 6.5% (6/93), in one ill-child with pmVSD among these 6 patients

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2022.04.003

基金项目:辽宁省博士科研启动基金计划项目(2019-BS-266)

作者单位:110016 沈阳 北部战区总医院先心病内科、全军心血管病研究所

通信作者:王琦光 E-mail: wqg1993@163.com

the intermittent complete left bundle branch block always existed during the whole follow-up period lasting for 28 months. After treatment, newly-developed mild tricuspid valve reflux was detected in 2 patients, the degree of reflux showed no change during the follow-up period, and no newly-developed aortic valve reflux was observed. **Conclusion** For the treatment of strictly-selected patients with pmVSD, intracristal type VSD, post-surgery residual shunt, or post-intervention residual shunt, transcatheter closure treatment by using ADO II is clinically safe and effective with excellent long-term results. (J Intervent Radiol, 2022, 31: 333-338)

【Key words】 ventricular septal defect; catheterization; cardiac septal closure device

室间隔缺损(ventricular septal defect, VSD)是常见的先天性心脏病。对于严格筛选的膜周部室间隔缺损(perimembranous ventricular septal defect, pmVSD),经导管 VSD 封堵术已成为外科修补术的替代治疗<sup>[1]</sup>。随着封堵器及其相关介入器材发展,不仅 pmVSD,部分伴有主动脉瓣脱垂和主动脉瓣轻度反流的嵴内型 VSD 以及 VSD 术后残余瘘成功介入封堵的报道逐渐增多<sup>[25]</sup>。近期有研究报道超说明书应用第二代 Amplatzer 动脉导管未闭封堵器(ADO II)治疗 VSD,在降低心律失常并发症方面展示出良好的应用前景<sup>[6]</sup>。然而大多数报道是基于小样本近中期随访研究<sup>[7]</sup>,ADO II 封堵器治疗 VSD 适应证选择及远期随访结果尚未阐明。本研究探讨应用 ADO II 封堵器治疗 VSD 的安全性和有效性,并报道远期随访结果。

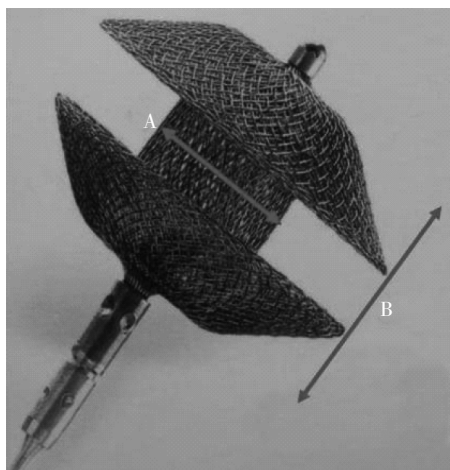
## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

筛选 2011 年 1 月至 2019 年 6 月北部战区总医院收治的 VSD 患者 93 例。入选标准:①存在血流动力学异常,左心容量负荷过大,或充血性心力衰竭,活动耐力下降,反复感染,生长发育受限等症状和体征;②经胸壁超声心动图(TTE)测量 VSD $\leq 6.5$  mm;③主动脉瓣至缺损上缘距离 $\geq 1$  mm;④TTE 测量肺动脉压力 $< 70$  mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);⑤伴有轻度主动脉瓣脱垂;⑥部分 VSD 外科修补术后或介入封堵术后残余瘘;⑦签署知情同意书。排除标准:①病理性主动脉瓣反流;②活动性感染性心内膜炎;③缺损边缘三尖瓣腱索明显覆盖。

### 1.2 VSD 封堵手术

采用二代动脉导管未闭型封堵器 ADO II(美国 AGA 医药公司),属“超使用说明书”应用。ADO II 封堵器框架由自膨式、超细镍钛合金丝编织而成,无聚酯纤维补片设计,双盘剖面凹陷较小,有更突出的腰部结构(图 1)。



A:腰部直径(共有 3、4、5、6 mm 4 种规格);B:2 个圆盘状结构间距离,即封堵器长度(共有 4、6 mm 2 种规格)

图 1 ADO II 封堵器

穿刺右侧股动脉、静脉,经股动脉送入猪尾导管至左心室,左侧位 50°头位 20°投照体位下行左心室造影,测量 VSD 缺损大小、至主动脉瓣距离,测量左心室至主动脉连续压力曲线,再行主动脉瓣上造影观察主动脉反流和主动脉瓣脱垂情况;沿股动脉送入 JR4 造影导管或切过的猪尾导管至左心室,经 VSD 达右心室,沿同一径路送入 260 cm 泥鳅导丝至右心室、至肺动脉;另取端孔导管经右股静脉、右心房、右心室、肺动脉,记录肺动脉至右心室连续压力曲线;送入网套导管至肺动脉,抓取泥鳅导丝,经右心室、右心房、下腔静脉、右股静脉至体外,建立轨道钢丝;在 TTE 和 X 线监测下将输送鞘经 VSD 导入左心室,如伴发膨出瘤结构,测量膜部瘤直径和 VSD 右心室面出口和左心室面入口距离,封堵器腰部直径应较膜部瘤直径大 0~1 mm,封堵器长度应较 VSD 右心室面出口和左心室面入口距离小 0~2 mm,据此选择合适型号 ADO II 封堵器,经传统顺行途径植入 ADO II 封堵器(也可根据需求简化操作,通过逆行途径植入:经股动脉送入 JR4 造影导管或切过的猪尾导管至左心室,经 VSD 达右心

室,沿同一径路送入 260 cm 泥鳅导丝至右心室、至肺动脉或上腔静脉,交换输送鞘至右心室,根据 TTE 和造影结果选择合适型号 ADO II 封堵器,经输送鞘管送封堵器推出远端的右心盘状结构,然后轻轻回撤输送鞘管和封堵器推送钢缆,直至圆盘覆盖右心室面出口并产生轻度形变,此时固定输送钢缆,继续后撤输送鞘管直至感到阻力,确保封堵器的腰部和左心盘状结构在膜部瘤内或左心室面);左心室造影观察 VSD 处有无分流,主动脉造影观察有无主动脉瓣反流,最后释放封堵器。术中应用肝素 100 U/kg。术后预防性应用抗生素,常规静脉注射甲泼尼龙(40 mg/d),3~5 d 后停用。

### 1.3 术后随访

围术期和随访期记录 TTE 数据,如左心室舒张末容积(EDV)、左心室舒张末内径(LVEDD)Z 值等基线信息。术后至出院每日行心电图检查。术后通过 TTE 即刻评价封堵疗效,术后第 1 日复查 TTE。术后 1、3、6、12 个月及每年进行体格检查,复查心电图、TTE。随访记录并发症发生情况。严重并发症包括死亡、感染性心内膜炎、脑血管意外、完全房室传导阻滞(CAVB)需外科或植入永久心脏起搏器、封堵器栓塞、需外科手术处理的新发瓣膜反流等;轻微并发症包括仅需药物治疗的心律失常、轻度新发瓣膜反流、轻度残余分流、血管穿刺并发症、溶血、发热、皮疹和心力衰竭等。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 16.0 软件进行数据统计分析。连续变量以  $\bar{x} \pm s$  或  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,离散变量以频数或百分比表示。计数资料用  $\chi^2$  检验和 Fisher 精确检验,计量资料用单尾或双尾  $t$  检验、方差分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

共筛选 93 例 VSD 患者纳入回顾性研究。患者中位年龄 4.5 岁,中位体重 18.7 kg,其中儿童患者 68 例,年龄为(4.9±1.9)岁,体重为(20.4±7.0) kg;pmVSD 81 例(膜部膨出瘤 43 例,管型 28 例,漏斗型 10 例),嵴内型 VSD 4 例,外科修补术后残余瘘 7 例,VSD 封堵术后残余瘘 1 例;14 例患者为复合先天性心血管畸形,其中房间隔缺损(ASD)8 例,动脉导管未闭(PDA)5 例,主动脉弓缩窄 1 例,见表 1。

93 例患者 VSD 封堵术均获成功(图 2)。造影下缺损出口大小为(0.3±0.1) mm,ADO II 封堵器腰部直径为(5.3±0.8) mm,封堵器长度为(4.6±0.9) mm,

表 1 93 例患者一般临床资料

参数	数值(n=93)
性别/n(%)	
男	43(46.2)
女	50(53.8)
中位年龄/岁	4.5(2.8, 47.0)
中位体重/kg	18.7(13, 85.0)
VSD 封堵指征/n(%)	
症状(体力下降,生长发育受限)	54(58.0)
体征(X 线胸片、TTE 示左心增大)	85(91.4)
VSD 分型/n(%)	
pmVSD	81(87.1)
嵴内型	4(4.3)
外科修补术后残余瘘	7(7.5)
VSD 封堵术后残余瘘	1(1.1)
复合心血管畸形/n(%)	
ASD	8(8.6)
PDA	5(5.4)
主动脉弓缩窄	1(1.1)
TTE 数据	
EF 值/%	61.5(44.0, 76.0)
缺损大小/mm	0.3±0.1
EDV/mL	74.9±23.2
LAD/mm	25.9±9.7
LVEDD/mm	39.4±7.1
伴膜部膨出瘤/n(%)	43(46.2)
多个出口	23(24.7)

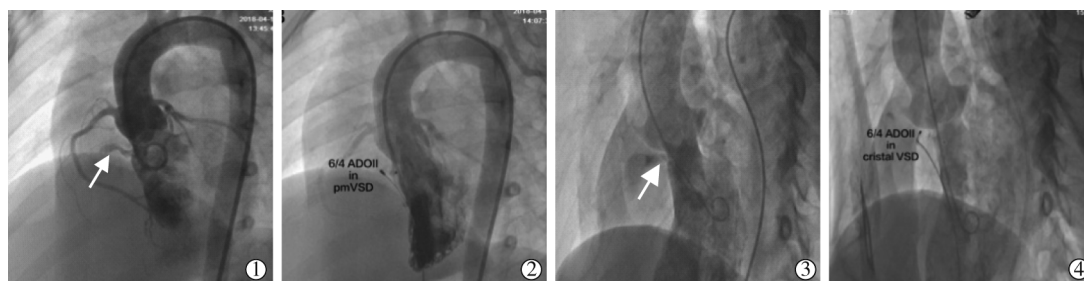
EF:射血分数;LAD:左心房直径

VSD 完全封堵率为 83.9%(78/93),术中相关数据见表 2。所有复合先天性心血管畸形均同期成功封堵,1 例嵴内型 VSD 伴主动脉瓣轻度脱垂的主动脉弓缩窄患者成功植入封堵器,再同期接受主动脉弓缩窄支架植入术。对于缺损局部结构复杂、路径迂曲的外科或封堵术后残余瘘,封堵器和输送系统均可顺利通过并成功植入(图 3)。3 例因初始植入对称型封堵器后出现 CAVB,更换封堵器植入后恢复正常心律。造影示 VSD 伴主动脉轻度脱垂 7 例,植入封堵器后即刻 TTE 复查均无新发主动脉瓣反流。

93 例患者随访 12 个月以上,其中 33 例随访 > 60 个月,随访中位时间为 49 个月(12~107 个月)。术后 6 个月随访显示患者 LVEDD Z 值由术前 1.8±1.4 降至术后 0.7±0.6,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );EF 值与术前相比,差异无统计学意义( $P = 0.326$ ),见图 4。

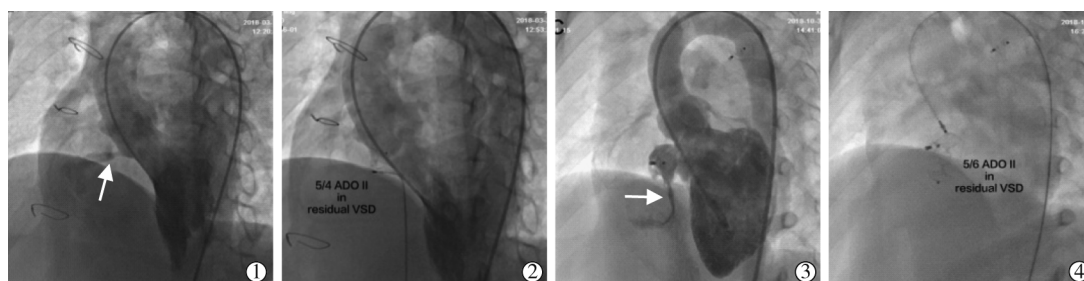
随访期间严重并发症发生率为 1.1%,1 例 47 岁女性术后 1 d 出现脑血管意外(脑栓塞),转专科对症治疗 11 d 后恢复出院;未发生感染性心内膜炎、CAVB、封堵器栓塞、需外科手术处理的新发瓣膜反流、死亡等。心律失常发生率为 15.1%(14/93),均出现在 pmVSD 或嵴内型 VSD 患者,外科或封堵后残余瘘患者中未见。1 例 8 岁 pmVSD 患儿术后 8 d





①术前左心室造影示 pmVSD,呈管型,无膨出瘤;②ADO II 封堵器成功植入后左心室造影未见分流;③术前左心室造影示嵴内型 VSD 伴主动脉瓣轻度脱垂;④ADO II 封堵器成功植入后左心室造影未见分流,舒张期未见主动脉瓣反流

图 2 ADO II 封堵器成功封堵 VSD 影像



①术前左心室造影示 VSD 外科修补术后残余瘘;②ADO II 封堵器成功植入后左心室造影未见分流;③术前左心室造影示 VSD 介入封堵术后残余瘘;④ADO II 封堵器成功逆行途径植入

图 3 VSD 术后残余瘘封堵术影像

表 2 93 例患者 VSD 封堵术结果

参数	数值(n=93)
右心导管	
肺循环血量(Qp)/体循环血量(Qs)	2.0±0.4
右心房平均压/mmHg	6.3±1.6
肺动脉收缩压/mmHg	37.1±6.6
肺动脉舒张压/mmHg	15.9±5.7
肺动脉平均压/mmHg	22.9±6.1
造影下缺损出口大小/mm	0.3±0.1
ADO II 封堵器尺寸/mm	
腰部直径	5.3±0.8
长度	4.6±0.9
即刻完全封堵率/n(%)	78(83.9)
X 线辐射时间/min	11.2±4.9
手术时间/min	43.3±20.5

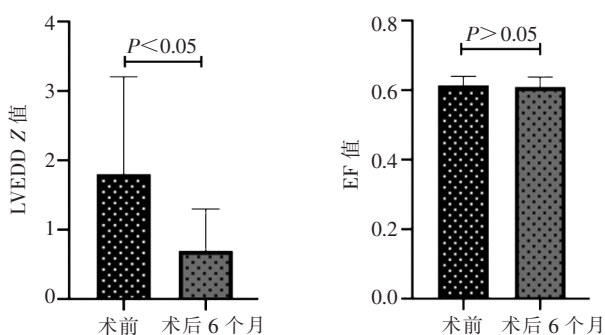


图 4 术后 6 个月 LVEDD Z 值和 EF 值变化

出现左束支传导阻滞,激素减轻心肌水肿等药物对症

治疗后仍反复间歇发作,已随访 28 个月,因左心无明显扩大和不适症状予以进一步随访观察;1 例 3 岁 pmVSD 患儿术后出现 II 度 2 型房室传导阻滞,药物对症治疗后 11 d 恢复正常心律;1 例术后 5 d 出现室内传导延迟,3 d 后恢复正常心律;3 例右束支传导阻滞患者随访期未恢复正常;8 例出现加速性交界性心律,术后 7 d 出院时均恢复正常心律。术后轻度残余分流发生率为 16.1%(15/93),于 6、12 个月随访时分别减少至 6 例(6.5%)、3 例(3.2%);三尖瓣反流发生率为 2.2%(2/93),其中 1 例已随访 5 年多,瓣膜反流程度无明显变化。所有患者随访期间未见新发主动脉瓣反流。除 1 例 46 岁既往外科术后残余瘘患者术后 43 个月时出现心力衰竭加重再住院治疗外,其他所有患者中远期随访美国纽约心脏病协会(NYHA)分级为 I ~ II 级,心功能良好。见表 3。

### 3 讨论

VSD 解剖结构多变,与其他单纯先心病相比,经导管 VSD 封堵术操作复杂,更具挑战性[8-10]。输送鞘有时很难通过相对较小缺损或指向左心室心尖,介入操作失败通常归因于最小尺寸输送鞘也难以通过缺损。ADO II 封堵器是一种由极细镍钛合金丝编织制成的双圆盘封堵器,无织物材料填充,原本设计用于封堵小型动脉导管未闭。其外形设计比传

表 3 随访期并发症发生情况

参数	n(%)
严重并发症	
脑栓塞	1(1.1)
轻微并发症	
轻度残余分流	15(16.1)
心律失常	14(15.1)
心脏传导阻滞	6(6.5)
左束支传导阻滞	1(1.1)
右束支传导阻滞	3(3.2)
Ⅱ°2 型房室传导阻滞或其他	2(2.2)
加速交界性心律	8(8.6)
三尖瓣反流(微量或少量)	2(2.2)
其他(发热、穿刺并发症、皮疹、心力衰竭等)	5(5.4)

统封堵器更灵活,输送鞘尺寸仅需 4 F 或 5 F。封堵器直径为 3~6 mm,腰部长度为 4 mm 或 6 mm,可分别延伸至 8 mm 和 12 mm。ADO II 封堵器超柔软和输送系统内径较小特征,可使之通过逆行入路(动脉侧)或顺行入路(静脉侧)释放展开<sup>[11-12]</sup>。某些局部解剖无法完成输送鞘经静脉侧植入封堵器时,可通过逆行途径植入。本组 1 例既往 VSD 封堵术后残余瘘患者在左心室造影提示残余分流朝下、预判局部组织坚硬、传统输送鞘无法通过缺损压向左心室心尖情况下,成功通过逆行途径将 ADO II 封堵器植入瘘口、术后造影提示无分流。采用逆行途径理论上可简化建立动静脉轨道等手术操作步骤,降低 X 线辐射时间和手术时间。本研究大多采用传统顺行途径植入封堵器,因此未与逆行途径进行统计对比。同样如果局部解剖不适合逆行途径,也灵活采用传统顺行途径。ADO II 封堵器输送系统的小内径超柔顺性,配合其超弹性,使封堵器更顺应局部解剖条件,给更多具有挑战性 VSD 封堵带来可能。

本研究纳入的 VSD 患者共同特点是缺损较小,血流动力学变化较小,没有明显的肺动脉高压或心力衰竭症状,但大部分均可闻及 2/6 级以上心脏杂音及影像学检查提示左心扩大体征。即使缺损较小,但未来出现感染性心内膜炎风险较高。一项研究报道 VSD 小型缺损患者修复术后随访 6 年,结果显示约 4% 患者发生感染性心内膜炎,且心脏杂音存在影响患儿身心健康<sup>[13]</sup>。应用 ADO II 封堵器介入封堵缺损较小 VSD 患者成功率高,创伤较小,因此建议对小型缺损学龄前 VSD 患儿予以积极治疗。

既往 VSD 封堵术研究显示心脏传导阻滞是最常见并发症<sup>[14-15]</sup>,CAVB 发生率约为 1.1%<sup>[9]</sup>。虽然确切机制还不是很清楚,其中一潜在原因可能与传统封堵器较硬的盘面对传导系统损伤有关,手术时间长也可能增加传导系统损伤概率。本研究远期随访

显示,心律失常发病率低于术后残余分流发生率,且随访期未见 CAVB 等严重心律失常发生,说明 ADO II 封堵器对传导系统影响较小,可能会进一步降低 CAVB 发生率。本研究中 1 例术后间歇完全性左束支传导病例需引起高度警惕,已有文献报道应用 ADO II 封堵器出现 CAVB 个案报道<sup>[16]</sup>,说明 ADO II 封堵器治疗 VSD 仍需严密随访观察。本研究发现外科修补术后或封堵术后残余瘘患者术后均无明显心律失常发生,考虑与局部组织增生机化、残余瘘远离传导组织有关,但仍需更大样本量相关研究。

术后残余分流是本研究中最常见的并发症,发生率高达 16.1%,明显高于早期应用 Amplatzer 膜型 VSD 封堵器术后残余分流发生率<sup>[17]</sup>。既往研究显示残余分流在 pmVSD 封堵术后也较常见,有多个出口的膜部瘤型缺损中更常见<sup>[18]</sup>。ADO II 封堵器是为封堵小型动脉导管专门设计(按照使用说明 < 5.5 mm),内无织物填充可能是术后易出现残余分流的机制,因此超说明书应用于 VSD 封堵时应特别注意术后残余分流并发症<sup>[19]</sup>。本组 15 例患者术后出现微量至少量残余分流,随访 12 个月时仅剩 3 例仍有残余分流,无继续增大,对血流动力学几乎无影响,也无机械性溶血并发症,无需特殊处理,予继续随访观察。

pmVSD 局部解剖复杂,毗邻三尖瓣和主动脉瓣;嵴内型 VSD 位置较高,易伴发主动脉瓣脱垂。对于主动脉瓣脱垂所致主动脉瓣关闭不全、主动脉瓣反流量较大患者,目前仍视为封堵禁忌证;对于未出现主动脉瓣明显反流患者,仍有可能行介入封堵术<sup>[3]</sup>,但应用偏心型封堵器封堵术后主动脉瓣损伤和完全性左束支传导阻滞等严重并发症发生率高<sup>[20]</sup>。虽然根据目前研究报道提示缺损至主动脉瓣的理想距离是 > 3 mm,但本研究认为对于伴有膨出瘤型 pmVSD 缺损至主动脉瓣距离 ≥ 1 mm 即可尝试封堵,对于嵴内型伴轻度主动脉瓣脱垂也可尝试。本研究远期随访表明 ADO II 封堵器对所纳入研究患者的主动脉瓣几乎无影响。已有应用 ADO II 封堵器远期三尖瓣反流并发症的报道,但研究中 2 例患者均为新发三尖瓣轻度反流,远期随访瓣膜反流程度无明显变化,ADO II 封堵器较传统对称或小腰大边型封堵器长度更长,硬度更小,对伴发膜部膨出瘤和周围组织结构影响小,瓣膜损伤可能性也会降低<sup>[21]</sup>。因此,由经验丰富的 TTE 专家在围术期进行筛选和监测,严格选择合适患者至关重要。

本研究局限性在于单中心回顾性研究。患者选择标准较严格,主要基于专家经验,且 ADO II 封堵器用于 VSD 封堵仍属“超使用说明书”应用,仅在不选择专用封堵器情况下酌情应用,尚需更大样本量随机对照研究进一步证实其治疗 VSD 安全性和有效性。

综上所述,经过筛选的部分 pmVSD、伴有轻度主动脉瓣脱垂的嵴内型 VSD 和 VSD 外科修补/介入封堵术后残余瘘患者,接受 ADO II 封堵器封堵治疗安全有效,远期随访结果良好。ADO II 封堵器可应对部分局部解剖条件具挑战性的 VSD 患者,有望进一步扩大介入封堵适应证,并降低并发症发生率。

#### [参考文献]

- [1] Hoffman JL. Incidence of congenital heart disease: I. postnatal incidence.[J]. *Pediatr Cardiol*, 1995, 16: 103-113.
- [2] Wang J, Zuo J, Yu S, et al. Effectiveness and safety of transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects in adults[J]. *Am J Cardiol*, 2016, 117: 980-987.
- [3] Ghosh S, Sridhar A, Solomon N, et al. Transcatheter closure of ventricular septal defect in aortic valve prolapse and aortic regurgitation[J]. *Indian Heart J*, 2018, 70: 528-532.
- [4] Shao S, Luo C, Zhou K, et al. What is the best management option for non-significant residual shunt after device closure of perimembranous ventricular septal defect: a case report based on the lessons from post-procedure endocarditis[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2019, 98:e17347.
- [5] Ji W, Zhang ZF, Zhao WC, et al. Clinical study of transcatheter occlusion in treating ventricular septal defect combined with right coronary cusp bulge[J]. *J Interv Med*, 2018, 1:205-211.
- [6] Zhao LJ, Han B, Zhang JJ, et al. Transcatheter closure of congenital perimembranous ventricular septal defect using the Amplatzer duct occluder 2[J]. *Cardiol Young*, 2018, 28: 447-453.
- [7] Lin MT, Chen CA, Hsu JY, et al. Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects with amplatzer duct occluders[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2017, 10: 2227-2228.
- [8] Yang J, Yang L, Yu S, et al. Transcatheter versus surgical closure of perimembranous ventricular septal defects in children: a randomized controlled trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63: 1159-1168.
- [9] Santhanam H, Yang L, Chen Z, et al. A meta-analysis of transcatheter device closure of perimembranous ventricular septal defect[J]. *Int J Cardiol*, 2018, 254: 75-83.
- [10] Shrestha M, Promphan W, Layangool T, et al. Feasibility and 1-year outcome of transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects with different devices[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019, 93: E30-E37.
- [11] Narin N, Baykan A, Pamukcu O, et al. ADO II in percutaneous VSD closure in pediatric patients[J]. *J Interv Cardiol*, 2015, 28: 479-484.
- [12] Haddad RN, Daou L, Saliba Z. Device closure of perimembranous ventricular septal defect: choosing between Amplatzer occluders[J]. *Front Pediatr*, 2019, 7:300.
- [13] Soufflet V, Van de Bruaene A, Troost E, et al. Behavior of unrepaired perimembranous ventricular septal defect in young adults[J]. *Am J Cardiol*, 2010, 105:404-407.
- [14] Zhou D, Pan W, Guan L, et al. Transcatheter closure of perimembranous and intracristal ventricular septal defects with the SHSMA occluder[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012, 79: 666-674.
- [15] Li Y, Zhou K, Hua Y. Whether heart blocks post perimembranous ventricular septal defect device closure remain threatening: how could Chinese experiences impact the world? [J]. *J Evid Based Med*, 2017, 10:5-10.
- [16] Ghosh S, Sridhar A, Sivaprakasam M. Complete heart block following transcatheter closure of perimembranous VSD using amplatzer duct occluder II [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2018, 92: 921-924.
- [17] 何健峰, 高伟, 周爱卿, 等. 应用新型 Amplatzer 膜部室缺封堵器关闭儿童膜周室间隔缺损的临床研究[J]. *介入放射学杂志*, 2004, 13:120-123.
- [18] Yang L, Tai BC, Khin LW, et al. A systematic review on the efficacy and safety of transcatheter device closure of ventricular septal defects(VSD)[J]. *J Interv Cardiol*, 2014, 27:260-272.
- [19] El-Sisi A, Sobhy R, Jaccoub V, et al. Perimembranous ventricular septal defect device closure: choosing between Amplatzer duct occluder I and II [J]. *Pediatr Cardiol*, 2017, 38: 596-602.
- [20] Chen F, Li P, Liu S, et al. Transcatheter closure of intracristal ventricular septal defect with mild aortic cusp prolapse using zero eccentricity ventricular septal defect occluder[J]. *Circ J*, 2015, 79: 2162-2168.
- [21] 赵鹏军, 余志庆, 高伟, 等. 新型动脉导管未闭封堵器治疗室间隔缺损的效果[J]. *中华心血管病杂志*, 2012, 40:817-820.

(收稿日期:2021-01-01)

(本文编辑:边 皓)