

· 综述 ·

室间隔缺损合并主动脉瓣脱垂的诊断与治疗

张文倩^{1,2} 周玲梅¹ 王超杰^{2,3} 张智伟¹

(1. 广东省心血管病研究所心儿科 广东省人民医院 广东省医学科学院, 广东 广州 510080; 2. 南方医科大学第二临床医学院, 广东 广州 510515; 3. 广东省心血管病研究所心外科 广东省人民医院 广东省医学科学院, 广东 广州 510080)

【摘要】 室间隔缺损在儿童中是常见的先天性心脏病之一, 若不及时闭合可合并主动脉瓣脱垂, 根据右冠瓣脱垂程度可分为轻、中、重三种程度。室间隔缺损合并主动脉瓣脱垂治疗上包括经皮介入封堵、外科手术修补和经胸小切口微创封堵。经皮介入封堵是最常用的治疗方式, 重度脱垂不满足介入封堵指征的室间隔缺损患者可选择外科手术修补, 经胸小切口微创封堵是近年来的新技术, 治疗效果及其并发症仍需进一步验证。现就室间隔缺损合并主动脉瓣脱垂的诊断与治疗进行综述。

【关键词】 室间隔缺损; 主动脉瓣脱垂; 诊断; 治疗

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.08.001

Diagnosis and Treatment of Ventricular Septal Defect with Aortic Valve Prolapse

ZHANG Wenqian^{1,2}, ZHOU Lingmei¹, WANG Chaojie^{2,3}, ZHANG Zhiwei¹

(1. Department of Cardiac Pediatrics, Guangdong Cardiovascular Institute, Guangdong Provincial General Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangzhou 510080, Guangdong, China; 2. Graduate School, The Second School of Clinical Medicine, Southern Medical University, Guangzhou 510515, Guangdong, China; 3. Department of Cardiovascular Surgery, Guangdong Cardiovascular Institute, Guangdong Provincial General Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangzhou 510080, Guangdong, China)

【Abstract】 Ventricular septal defect is one of the common congenital heart disease in children. It can be combined with aortic valve prolapse if it is not closed in time. According to the degree of right coronary valve prolapse, it can be divided into mild, moderate and severe degrees. The treatment of ventricular septal defect with aortic valve prolapse includes percutaneous interventional closure, surgical repair and minimally invasive closure. Percutaneous interventional occlusion is the most commonly method. Patients with severe prolapse or ventricular septal defect who does not meet the indications of interventional occlusion can choose surgical repair. Minimally invasive occlusion is a new technique in recent years. The therapeutic effect and its complications still need further verification. This article reviews the diagnosis and treatment of ventricular septal defect with aortic valve prolapse.

【Key words】 Ventricular septal defect; Aortic valve prolapse; Diagnosis; Treatment

室间隔缺损 (ventricular septal defect, VSD) 是一种常见的先天性心脏病, 约占先天性心脏病患儿的 20%。VSD 若不及时闭合, 容易形成主动脉瓣脱垂 (aortic valve prolapse, AVP), 其发生率在亚洲达 30%^[1], 远高于北美和西欧 (约 5%)^[2]。AVP 可对主动脉瓣功能产生重要影响, 引起主动脉瓣反流 (aortic regurgitation, AR), 必要时需行外科手术修补甚至置换主动脉瓣, 现就 VSD 合并 AVP 的诊断与治疗进行综述。

VSD 合并 AVP, 以右冠瓣脱垂最多见, 脱垂的发生与 VSD 的类型和患儿年龄明显相关。VSD 有自然

闭合的可能, 多发生于生后 1 年内, 因此婴儿时期 VSD 很少合并 AVP, 但随着年龄增长, AVP 及由其产生的 AR 发生率逐渐增加^[3]。Eroglu 等^[3]对 2 283 例患者进行回顾性分析, 发现干下型 VSD 最容易合并 AVP。一项包含 657 例患者的中期回顾性研究表明, 嵴内型 VSD 等高位 VSD 更容易合并 AVP 及反流, 膜周部 VSD 合并 AVP 并不多见, 需要外科手术干预者也比较罕见^[4]。

1 发生机制

VSD 的解剖位置使主动脉瓣叶和主动脉环之间连续性支持结构消失, 主动脉瓣叶易变形, 发生

AVP, 严重者可合并主动脉窦瘤破裂^[5]。

另一个重要的机制是 Venturi 效应。根据 Venturi 原理, 血流通过 VSD 时, 血流速度增快, 压力降低; 主动脉瓣的瓣尖作为主动脉瓣的有效组成部分, 是一个薄、易移动的帆状结构, 因此当血液通过限制性的 VSD 形成从左向右的高速分流时, 主动脉瓣尖极易被吸入高速低压射流。随着时间的推移, 邻近 VSD 的主动脉瓣尖的最低点逐渐被拉长导致 AVP, 并最终出现 AR^[6], 但 AVP 程度与 AR 程度不成正比, 即使轻度 AVP 也可引起 AR。还有部分 VSD 患儿, 生后即可发现 AVP, 这类患儿系主动脉瓣先天性疾患, 非 Venturi 效应引起。

2 诊断

2.1 经胸超声心动图

通过胸骨旁左心室长轴切面、大动脉短轴切面和心尖部四腔心切面可判断 VSD 大小、VSD 位置、主动脉瓣形态和 AVP 程度等, 彩色多普勒还可判断 AR 及各房室瓣反流, 评估右心室及肺动脉压。同时经胸超声心动图有着方便、经济、无创的优点, 是诊断 VSD 及 AVP 最常用的方法。

根据主动脉右冠瓣瓣尖的形态及与 VSD 的距离, 将 AVP 分为轻、中、重三种程度^[7-9]: (1) 轻度脱垂: VSD 到右冠瓣瓣尖的距离/VSD>0, 对 VSD 的左室面无遮挡作用, 右冠窦扩大, 与无名冠窦和左冠窦不对称; (2) 中度脱垂: $-0.3 < \text{VSD 到右冠瓣瓣尖的距离} / \text{VSD} \leq 0$, 右冠瓣明显脱垂, 右冠瓣脱入左室流出道, 部分遮挡 VSD 左室面, 遮挡面积<30%, 伴或不伴轻度的 AR; (3) 重度脱垂: $\text{VSD 到右冠瓣瓣尖的距离} / \text{VSD} < 0$ 且 < -0.3 , 即脱垂的右冠瓣遮挡 VSD 的大部分或全部, 遮挡面积>30%, 可导致中度及以上的 AR。

2.2 心导管检查

心导管检查是诊断的金标准, 但由于操作的有创性, 一般不作为常规检查。心导管检查时于左前斜体位(左侧 60°+头位 20°)行主动脉瓣上及左心室造影, 可显示 VSD 的位置、大小、形态和 VSD 与主动脉瓣的关系, 同时还可显示 AVP 及反流的程度^[9]。(1) 轻度脱垂: 右冠窦扩大, 右冠瓣形成一鹰嘴样的突起, 脱垂的瓣叶在心室舒张期可基本恢复, 无 AR 或仅有轻度 AR; (2) 中度脱垂: 右冠瓣下移并形成一乳头样突起, 突入 VSD 左室面, 部分遮挡 VSD, 脱垂的瓣叶在心室舒张期不可恢复, 伴轻度 AR; (3) 重度脱垂: 右冠瓣向下移位形成囊袋样突起, 突入 VSD 左室面甚至脱入 VSD 至右室流出道, 遮挡大部分 VSD 血流, 脱垂的瓣叶在心室舒张期不可恢复, 伴不同程度 AR。

3 治疗

治疗方式包括药物、介入手术和外科手术治疗。

关于 VSD 合并 AVP 的手术治疗时机一直存在争

议。有学者认为 VSD 合并 AVP 是进行性发展的, 无论有无充血性心力衰竭、生长发育迟缓、左心房和左心室明显扩大等临床表现, 均应尽早关闭 VSD, 以防止 AVP 进行性加重及并发 AR^[10]。也有学者认为膜周部 VSD 合并轻度脱垂的患儿, 出现 AR 和左心室进行性扩大才需手术治疗^[6]。

若 VSD 合并 AVP 患儿出现肺动脉高压, 手术关闭 VSD 前需评估肺动脉压力、肺血管阻力 (pulmonary vascular resistance, PVR) 的情况。当 PVR 指数 < 6 Wood, 或肺血管-全身血管阻力比 < 0.35, 同时肺循环-体循环血流比 > 1.5, 可直接关闭 VSD; 6 Wood \leq PVR < 8 Wood 的患者, 应进行氧、一氧化氮肺血管反应性试验, 如果肺血管反应试验阳性, 仍有关闭 VSD 的可能^[11]; 若患儿肺血管反应试验阴性或 PVR \geq 8 Wood, 则考虑肺血管发生不可逆改变, 丧失关闭 VSD 的机会。

3.1 药物治疗

VSD 合并 AVP 的患儿, 若出现气促、点头呼吸、鼻翼扇动、尿少、吃奶费力、拒乳、呛奶、面色苍白和浮肿等心力衰竭症状, 应积极行抗心力衰竭治疗, 包括口服地高辛、利尿剂 (呋塞米、螺内酯和氢氯噻嗪) 和血管紧张素转化酶抑制剂 (卡托普利/依那普利) 等, 酌情静脉应用多巴胺、多巴酚丁胺等血管活性药。

3.2 介入治疗

1988 年, Lock 等^[12]就对介入封堵 VSD 进行了报道, 后来经过国内外不断的研究和实践, 经皮介入封堵 VSD 凭借着创伤小、术后恢复快和并发症少等优势, 已经普遍应用于临床, 并取得良好效果, 但介入手术多适用于膜周部和肌部 VSD, 位置较高的 VSD 尤其是合并 AVP 或 AR 的患者并不是介入手术的 I 类适应证^[13]。因此 VSD 合并 AVP 行介入治疗的可行性及封堵器的选择仍具有争议, 且该方面的文献仍然很少。

Chen 等^[14]认为早期封堵 VSD 可预防 AR 的加重, 减少外科手术的必要, 且 VSD 合并 AVP 及 AR 不是介入手术的禁忌证。他们对 65 例 VSD 合并 AVP 及轻度 AR 的患者行介入封堵并随访, 其中 18 例是膜周部 VSD, 47 例是嵴内型 VSD, 取得了满意的效果, 术后大部分患者 AR 得以减轻。而国外关于 VSD 合并 AVP 行介入手术的文献很少。

介入封堵一般在透视引导下释放封堵器, 手术过程中需辅以经胸超声心动图评估封堵器的位置、形态及对 VSD 周围组织和瓣膜的影响, 实时监测是否封堵器移位和栓塞等并发症。值得注意的是, 由于脱垂的主动脉瓣有时会部分遮挡 VSD, 形成功能性的限制性分流, VSD 的真实大小会被明显低估, 导致介入封堵时选取的 VSD 封堵器偏小, 引起介入封堵的失败。近年来有学者尝试了食管超声引导下经皮介入封堵

VSD 并取得了良好的效果,从而避免了放射线及造影剂的损害,但该操作对患者的依从性及主刀医师的技能要求较高,尚未得到广泛应用^[15-16]。

关于封堵器大小的选择,一般是选择封堵器腰部直径比 VSD 直径大 1~3 mm^[13],但关于封堵器的类型,目前尚无统一意见,没有依据说明哪种封堵器更具有优势,不过已有很多学者对不同封堵器进行了探索。

3.2.1 对称型 VSD 封堵器

陈智等^[17]对 VSD 合并 AVP 的 51 例介入手术患者随访发现,对于 VSD 合并轻度 AVP 的患者,对称型封堵器可取得良好效果,手术成功率高,并发症少。

3.2.2 偏心型 VSD 封堵器

偏心型封堵器有两种型号,左心室伞盘的上缘比封堵器腰部高出 0 或 0.5 mm,下缘比腰部高出 4 mm 或 3.5 mm,右心室伞盘各边缘均比腰部高出 2 mm,因此可以减少封堵器上缘对主动脉瓣和肺动脉瓣的影响。Chen 等^[14,18]使用偏心封堵器封堵 VSD 并随术后效果,合并 AVP 的患者介入封堵成功率高,术后无严重并发症发生,中远期随访显示患儿术后 AVP 改善,AR 得以减轻或消除。

3.2.3 ADO II 封堵器

长期以来大家认为 VSD 合并明显 AVP 患者解剖结构不适合放置封堵器,不适合行介入手术。ADO II 封堵器设计的初衷是封堵动脉导管未闭,但因其独特的柔软性及所使用输送鞘比常规 VSD 封堵器小而越来越广泛地应用于 VSD 封堵,介入封堵有顺行释放和逆行释放两种方法。Ghosh 等^[19-20]发现 ADO II 适合与主动脉瓣距离为零的 VSD 介入封堵,其特有的柔软性可很好地避免封堵器对主动脉瓣的影响及房室传导阻滞的发生,且腰部可为主动脉瓣提供一定的支撑力;陈智等^[17]的研究表明,ADO II 封堵器能满足重度 AVP 的特殊解剖结构,尤其是高位嵴内型 VSD,封堵短期随访结果满意,不过该类封堵器的释放难度高,远期效果仍需更多数据支持。

3.2.4 动脉导管封堵器

动脉导管封堵器一般不用于封堵 VSD,Shyu 等^[21-22]对 VSD 合并 AVP 的患者随访发现,超说明书使用该封堵器治疗 VSD 合并 AVP 成功率高,并发症少,可作为一种新选择。陈智等^[17]也有着相似的经验,不过远期并发症及封堵效果仍有待观察。

3.3 外科手术治疗

AVP 严重、无介入封堵指征的 VSD 患者,可行外科手术治疗,尤其干下型 VSD,因其解剖位置紧邻主动脉瓣和肺动脉瓣,自发闭合可能性很小,且 AVP、AR 出现早,虽已有介入封堵成功的报道,但成功率较低^[21]。外科手术修补 VSD 是该类缺损的主要治疗方式,必要时还需要行主动脉瓣修复甚至主动脉瓣置

换,不过 VSD 修补的理想时间仍然存在争议。

Jung 等^[10]认为,干下型 VSD 患者,术前发生 AVP 或 AR 是术后 AR 加重的危险因素,因此患儿一旦发生确诊干下型 VSD 合并 AVP 或 AR,即使无心力衰竭、生长发育受限等症状,均应尽早行外科手术。

Ugan 等^[23]则认为,VSD 直径<5 mm 的无症状小缺损患者可保守治疗,建议每 6 个月超声心动图评估 AVP 和 AR 的发展以评估外科手术时机;VSD 直径≥5 mm 的干下型 VSD,不管是否合并 AVP 和轻度 AR,一旦确诊应尽早行外科手术治疗,以防止 AVP 和 AR 的发生。

外科手术方式包括体外循环直视下行 VSD 修补和非体外循环下经胸小切口微创封堵。

3.3.1 体外循环

传统外科手术一般在全身麻醉下行胸骨正中切口,直视状态下行 VSD 修补,伴或不伴主动脉瓣成形或置换术,手术需要经主动脉和腔静脉插管在体外循环下进行。(1)VSD 修补术:VSD 类型不同,手术入路不同。大多数膜周部 VSD 行右心房或右心室切口,干下型 VSD 可行肺动脉根部切口。修补方法包括直接缝闭、人工补片或心包补片修补。Jian-Jun 等^[24]对比补片修补和直接缝闭,直接缝闭可能会由于对主动脉瓣下结构的牵拉引起 AR 加重,补片修补由于人工或心包补片为主动脉瓣提供结构支持,术后 AR 消除或减轻的比例明显增加。(2)主动脉瓣成形术和主动脉瓣置换术:VSD 合并 AVP,若术前出现中度或严重 AR 时,应同时手术修复主动脉瓣或行主动脉瓣置换;单纯 VSD 修补术后的患儿,若术前有明显的 AVP、AR 或手术时机迟等相关危险因素,术后 AR 逐渐加重、再次外科手术修复或置换主动脉瓣等风险明显增加^[10]。

3.3.2 非体外循环

近年来,经胸小切口微创封堵 VSD 成为一种治疗新策略,获得了越来越多的重视。手术入路包括胸骨下缘 3~4 cm 小切口、左侧胸骨旁肋间 1~3 cm 小切口。通过心包悬吊暴露右室游离壁后,在与 VSD 垂直的右室游离壁上穿刺并置入鞘管,以“荷包缝合”固定鞘管与右心室壁避免右心室出血,在导丝引导下将封堵器装置置入左心室,在室间隔两侧分别释放封堵器的两个伞盘,VSD 封堵器型号及大小的选择同介入相同,手术全程在食管超声引导下进行^[25-26]。

已有多个临床中心进行微创经胸小切口封堵的尝试,其中 Zhao 等^[27]对干下型 VSD 分别行介入治疗、外科修补和经胸小切口微创封堵三种手术方式进行随访并对比分析,发现介入手术成功率最低,因此干下型 VSD 不推荐介入手术;外科修补手术成功率高,但手术创伤大,术后住院时间久,机械辅助通气时间长,输血多;经胸小切口封堵术与传统外科手术相比,有相似的高手术成功率,且创伤小,无需体外循环,并发症少,术后恢复时间明显缩短,手术切口美观,一旦

手术出现严重并发症,可立即转为体外循环下修补 VSD;与介入手术相比,经胸小切口手术输送距离短,可根据 VSD 位置及大小及时调整封堵器的位置及角度,且无放射线,无血管通路限制等,因此是一种新的治疗选择^[27-30]。

虽然干下型 VSD 行经胸小切口封堵是可行的,但干下型 VSD 患者术前需要仔细评估、严格筛查,否则会导致手术失败率高,手术相关的并发症高发。该手术目前尚无统一的筛选标准,Zhang 等^[25]根据自己的随访研究及分析提出相应的适应证及禁忌证,推荐的适应证包括:干下型 VSD ≤ 10 mm、无 AVP、无 AR 或仅有局限 AR、预估的封堵器大小与体重比值 <0.4 、无肺动脉高压及其他先天性心脏疾患;禁忌证包括:VSD >10 mm、AVP、轻度及以上 AR 和肺动脉高压。不过该研究纳入病例少,随访时间短,其有效性及并发症等尚需要多中心、多病例数、随机双盲对照试验的进一步研究及认证。

外科手术闭合 VSD 总体是安全的,但仍有残余分流、肺动脉高压、三度房室传导阻滞、窦房结功能障碍及 AR 等并发症;即使非体外循环状态下的经胸小切口微创手术,也有出血、漏斗胸和切口瘢痕等缺陷,其并不是理想的微创手术。

因此,VSD 的患儿术前均应仔细评估 AVP 及反流情况以评估干预时机,根据患儿 VSD 类型、体重、主动脉瓣情况和临床表现等制定个体化治疗方案,且治疗后的密切观察及定期随访同样不容忽视。

参考文献

- [1] Ando M, Takao A. Pathological anatomy of ventricular septal defect associated with aortic valve prolapse and regurgitation [J]. *Heart Vessels*, 1986, 2 (2): 117-126.
- [2] Soto B, Becker AE, Moulart AJ, et al. Classification of ventricular septal defects [J]. *Br Heart J*, 1980, 43 (3): 332-343.
- [3] Eroglu AG, Atik SU, Sengenc E, et al. Evaluation of ventricular septal defect with special reference to the spontaneous closure rate, subaortic ridge, and aortic valve prolapse II [J]. *Pediatr Cardiol*, 2017, 38 (5): 915-921.
- [4] Padiyath A, Makil ES, Braley KT, et al. Frequency of development of aortic valve disease in unrepaired perimembranous ventricular septal defects [J]. *Am J Cardiol*, 2017, 119 (10): 1670-1674.
- [5] Shamsuddin AM, Chen YC, Wong AR, et al. Surgery for doubly committed ventricular septal defects [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2016, 23 (2): 231-234.
- [6] Tweddell JS, Pelech AN, Frommelt PC. Ventricular septal defect and aortic valve regurgitation: pathophysiology and indications for surgery [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*, 2006, 9 (1): 147-152.
- [7] Leung MP, Chau KT, Chiu C, et al. Intraoperative TEE assessment of ventricular septal defect with aortic regurgitation [J]. *Ann Thorac Surg*, 1996, 61 (3): 854-860.
- [8] 王树杰, 谢兆丰, 李珊, 等. 超声心动图诊断膜周部室间隔缺损伴右冠瓣脱垂的可行性 [J]. *实用医学杂志*, 2016, 32 (13): 2142-2145.
- [9] Lin HC, Lin MT, Chen CA, et al. Safety and efficacy of transcatheter closure of outlet-type ventricular septal defects in children and adults with Amplatzer Duct Occluder II [J]. *J Formos Med Assoc*, 2021, 120 (1 Pt 1): 180-188.
- [10] Jung H, Cho JY, Lee Y. Progression of aortic regurgitation after subarterial ventricular septal defect repair: optimal timing of the operation [J]. *Pediatr Cardiol*, 2019, 40 (8): 1696-1702.
- [11] Rao PS, Harris AD. Recent advances in managing septal defects: ventricular septal defects and atrioventricular septal defects [J]. *F1000Res*, 2018, 7: F1000 Faculty Rev-498.
- [12] Lock JE, Block PC, McKay RG, et al. Transcatheter closure of ventricular septal defects [J]. *Circulation*, 1988, 78 (2): 361-368.
- [13] 中国医师协会儿科医师分会先天性心脏病专业委员会, 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 (1): 17-24.
- [14] Chen GL, Li HT, Li HR, et al. Transcatheter closure of ventricular septal defect in patients with aortic valve prolapse and mild aortic regurgitation: feasibility and preliminary outcome [J]. *Asian Pac J Trop Med*, 2015, 8 (4): 315-318.
- [15] 韩宇, 高传玉, 徐红党, 等. 单纯食管超声引导经股动脉逆行封堵室间隔缺损的可行性 [J]. *中华医学杂志*, 2016, 96 (14): 1131-1133.
- [16] 吴澄, 钟小梅. 超声引导下经皮介入治疗室间隔缺损的研究 [J]. *江西医药*, 2019, 54 (3): 275-277.
- [17] 陈智, 杨舟, 肖云彬, 等. 儿童室间隔缺损并主动脉瓣脱垂 51 例精准介入治疗的效果 [J]. *精准医学杂志*, 2018, 33 (5): 380-384.
- [18] 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 (10): 2162-2168.
- [19] 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 (5): 921-924.
- [20] Narin N, Baykan A, Pamukcu O, et al. ADO II in percutaneous VSD closure in pediatric patients [J]. *J Interv Cardiol*, 2015, 28 (5): 479-484.
- [21] Shyu TC, Lin MC, Quek YW, et al. Initial experience of transcatheter closure of subarterial VSD with the Amplatzer duct occluder [J]. *J Chin Med Assoc*, 2017, 80 (8): 487-491.
- [22] Udink Ten Cate FEA, Sobhy R, Kalantre A, et al. Off-label use of duct occluder devices to close hemodynamically significant perimembranous ventricular septal defects: a multicenter experience [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019, 93 (1): 82-88.
- [23] Ugan Atik S, Guler Eroglu A. Aortic valve prolapse and aortic regurgitation during long-term follow up in children with ventricular septal defect [J]. *J Heart Valve Dis*, 2017, 26 (6): 616-623.
- [24] Jian-Jun G, Xue-Gong S, Ru-Yuan Z, et al. Ventricular septal defect closure in right coronary cusp prolapse and aortic regurgitation complicating VSD in the outlet septum; which treatment is most appropriate? [J]. *Heart Lung Circ*, 2006, 15 (3): 168-171.
- [25] Zhang S, Zhu D, An Q, et al. Minimally invasive perventricular device closure of doubly committed sub-arterial ventricular septal defects: single center long-term follow-up results [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2015, 10: 119.
- [26] Yu J, Ma L, Ye J, et al. Doubly committed ventricular septal defect closure using eccentric occluder via ultramini-mal incision [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52: 805-809.
- [27] Zhao Yang C, Hua C, Yuan Ji M, et al. Transfemoral and perventricular device occlusions and surgical repair for doubly committed subarterial ventricular septal defects [J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99 (5): 1664-1670.
- [28] Lin K, Zhu D, Tao K, et al. Hybrid perventricular device closure of doubly committed subarterial ventricular septal defects: mid-term results [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013, 82 (3): E225-E232.
- [29] Pan S, Xing Q, Cao Q, et al. Perventricular device closure of doubly committed subarterial ventral septal defect through left anterior minithoracotomy on beating hearts [J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 94 (6): 2070-2075.
- [30] Chen Q, Hong ZN, Zhang GC, et al. Intraoperative device closure of isolated ventricular septal defects: experience on 1,090 cases [J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105 (6): 1797-1802.

收稿日期: 2020-12-21