

## 婴幼儿室间隔缺损经食管超声引导 微创外科封堵治疗的研究进展

于文波 翟波

(郑州大学附属儿童医院 河南省儿童医院 郑州儿童医院胸心外科, 河南 郑州 450000)

**【摘要】** 室间隔缺损(VSD)是最常见的婴幼儿先天性心脏病之一,其治疗是儿科心脏病、超声影像、麻醉、体外循环和重症监护等多学科协同合作的治疗系统,适时的手术干预是治疗 VSD 最直接有效的方法。目前临床上手术治疗 VSD 的方法主要包括:体外循环下修补术、心导管介入封堵术以及食管超声引导外科微创封堵术等三大类。外科微创封堵术治疗 VSD 是将传统手术、超声辅助和内科介入相结合的一种新型治疗模式,很好地解决了前二者创伤大、风险高、适应证窄、射线辐射和造影剂等诸多顾虑,其疗效确切,安全性高,在临床得到日益关注。现对经食管超声引导下外科微创封堵治疗婴幼儿 VSD 的发展方向、手术路径以及经验策略等做分析总结。

**【关键词】** 室间隔缺损;外科微创封堵;食管超声

**【DOI】**10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.05.011

## Minimally Invasive Surgical Occlusion of Ventricular Septal Defect in Infants under Guidance of Transesophageal Echocardiography

YU Wenbo, ZHAI Bo

(Department of Cardiothoracic Surgery, Zhengzhou Children's Hospital, Henan Children's Hospital, Children's Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, Henan, China)

**【Abstract】** Ventricular septal defect (VSD) is one of the most common congenital heart disease in infants. Its treatment is a multidisciplinary cooperative treatment system, such as pediatric heart disease, ultrasound imaging, anesthesia, cardiopulmonary bypass, and intensive care. Timely surgical intervention is the most direct and effective method to treat VSD. At present, the methods of surgical treatment of VSD mainly include: repair under cardiopulmonary bypass, interventional occlusion of cardiac catheter, and minimally invasive occlusion of esophagus guided by transesophageal echocardiography. Minimally invasive surgical occlusion for VSD is a new treatment mode combining traditional surgery, ultrasound-assisted and medical intervention, which can well solve many concerns of the former two, such as great trauma, high risk, narrow indication, radiation, contrast agent, etc. Its curative effect is exact and its safety is high, which has attracted increasing attention in clinic. Therefore, we analyzed and summarized the development direction, surgical path and experience and skills of minimally invasive surgical occlusion for infants with VSD under the guidance of transesophageal echocardiography.

**【Key words】** Ventricular septal defect; Minimally invasive surgical occlusion; Transesophageal echocardiography

室间隔缺损(ventricular septal defect, VSD)是最常见的婴幼儿先天性心脏病之一,在先天性心脏畸形已确诊的总体人群中占比达 20% 以上<sup>[1]</sup>。自 Lillehei 等<sup>[2]</sup>1955 年报道了第一例直视下 VSD 修补手术后,体外循环下 VSD 直视修补术经过近 70 年的发展,已成为安全和成熟的经典术式。但随着社会进步和人们物质文化生活水平等不断提升,该手术切口明显和创伤大的不良影响越来越显现,微创治疗婴幼儿先天

性心脏病的需求愈加迫切<sup>[3,4]</sup>。自 1988 年 Lock 等<sup>[5]</sup>首次经导管应用双面伞成功封堵 VSD 以来,随着镍钛合金 Amplatzer 封堵器和国产封堵器材的发展,经导管 VSD 介入封堵发展飞速。但其使医护和患儿在 X 射线下暴露,更为关键的是导管介入对 VSD 的大小、位置及患儿的年龄均有严格的限制,同时一旦失败或出现并发症仍需再次外科的干预,因此在临床实际治疗中难以得到大范围的推广和应用。

基金项目:河南省医学科技攻关联合共建项目(LHGJ20190889)

通信作者:翟波, E-mail: zhaiibo3000@163.com

心脏外科的工作者们借助心脏超声技术特别是经食管超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE) 的大力发展,进行了积极探索,于是外科微创封堵术应运而生<sup>[6]</sup>。外科微创封堵术很好地解决了内科导管介入适应证窄、射线辐射和造影剂等诸多缺点,并且有体外循环直视手术这一强大后盾,使其在 VSD 的治疗中得到了很大的应用,取得了良好的临床效果<sup>[7-9]</sup>。但目前较少有文章能全面而详细地阐述该术式的相关问题,现以此为契机,从适应证、手术路径、并发症及未来进展等多角度对 TEE 引导下 VSD 外科微创封堵治疗进行综述。

## 1 TEE 引导下 VSD 微创封堵治疗的发展概况

### 1.1 经胸外科微创封堵术在 VSD 中的应用

外科微创封堵技术最早应用于肌部 VSD 的治疗。Amin 等<sup>[10]</sup>于 1998 年首次报道了经胸封堵技术运用于 VSD 动物模型,在非体外循环下,经右心室路径成功封堵 1 例肌部 VSD,提示了经胸微创封堵肌部 VSD 封堵术的可行性和有效性。Bacha 等<sup>[11]</sup>于 2003 年报道了 TEE 引导经剑下小切口封堵治疗肌部 VSD,结果显示该技术不受年龄和体重的限制,且适合同时合并其他心内畸形的镶嵌治疗,全部病例手术效果及随访结果良好<sup>[11]</sup>。此后,多中心临床研究结果证实经胸外科封堵肌部 VSD 安全而有效,该技术在先天性心脏病的镶嵌治疗,尤其是封堵肌部单发或多发 VSD 中得到较多的应用<sup>[12]</sup>。

基于中国较多的患者数量,经胸微创 VSD 封堵术具有无辐射、创伤小、效果佳和学习曲线短等优点,一经引进就在国内发展迅速。2007 年青岛儿童医院邢泉生等应用自行改良的新型输送系统,在 TEE 引导下经右心室穿刺封堵膜周部 VSD 取得巨大成功,近中期效果良好,得到了国内外学者的一致认可,VSD 微创治疗进入了新时代<sup>[13]</sup>。干下型 VSD 由于其特殊的结构,一直以来是封堵的禁忌,随着对偏心封堵器的研制和认识,结合经胸封堵角度垂直和距离直接的特点,偏心封堵器成功地应用于干下型 VSD 的微创封堵治疗,具有较高的成功率及较低的并发症发生率,拓展了经胸微创封堵术的适应证<sup>[14]</sup>。至此,经胸微创封堵术可应用于各种类型的 VSD 治疗,同时一旦封堵失败可立即延长切口改为体外循环修补术,得到了广大医患的青睐,在目前的临床工作中得到极大的应用,取得了良好的临床效果<sup>[7-8]</sup>。

### 1.2 TEE 引导下经皮 VSD 封堵术的发展

近十年中,随着 TEE 引导下经胸封堵术的不断开展,先天性心脏病介入治疗技术的提高和介入器材的改进,摒弃了内科经导管介入封堵放射和造影剂等缺点,在不断探索和改进后,开展了单纯 TEE 引导下经

皮介入治疗先天性心脏病技术,率先在房间隔缺损的治疗中实现<sup>[15]</sup>,实现了“不开刀、不用放射线”治疗心脏病的目标。而后 TEE 引导下经皮封堵应用于 VSD 的治疗中,进一步扩展 TEE 引导下经皮封堵技术的适应证,该技术不需建立环形轨道,无需手术切口,并且有心脏外科手术技术的保障,不但有效地完成了 VSD 的封堵,而且未出现严重并发症,显示出良好的安全性和有效性<sup>[16-17]</sup>。至此,TEE 引导下的外科封堵形成了多重微创途径,满足了各年龄段、不同缺损类型甚至复合畸形的 VSD 治疗。

## 2 TEE 引导下 VSD 微创封堵治疗实施要点

### 2.1 适应证的掌握

中国医师协会心血管外科医师分会于 2011 年 9 月发布了《经胸微创室间隔缺损封堵术中国专家共识》<sup>[18]</sup>,经过近十年的发展,目前 VSD 经胸封堵治疗已超出这部指南所建议的适应证。主要表现在:共识对患儿的年龄大小提出了限制,但目前临床中常以体重作为选择依据;缺损大小在实际工作中选择标准更加宽泛;主动脉瓣轻、中度脱垂已不再是封堵的绝对禁忌证等<sup>[19]</sup>。TEE 引导下经皮封堵是内科导管介入封堵的发展,适应证和禁忌证的把握在临床中主要还是依据 2015 年版《儿童常见先天性心脏病介入治疗专家共识》<sup>[20]</sup>,然而随着经颈静脉和股静脉等封堵路径的选择,手术年龄和缺损大小等适应证也在扩大<sup>[16-17]</sup>。然而,TEE 引导下 VSD 外科微创封堵得到认可和应用,不单单是其微创性,更离不开其有效性和安全性,应以严谨科学的态度促进其良性发展,实践中应在专家共识的基础上,选择个体化的微创策略,防止将适应证盲目扩大。

### 2.2 封堵器的选择

合理的封堵器选择是手术成功和是否有并发症的关键。首先对 VSD 的认识应不仅是一个二维平面上的缺口,而是一个三维立体结构,应多次准确地进行超声检查,提供精确的 VSD 大小、位置、周围结构、是否膜部瘤形成、分流情况和主动脉瓣距离等信息。同时,封堵器的决策不应只是外科医师,而是和超声医师从各自专业角度共同商讨的结果,最终选择个体化的封堵器。一般来讲,缺损的类型是封堵器选择的重要依据,但在实际工作中,对于缺损距主动脉瓣 $<2$  mm 的膜周型 VSD 要选用偏心型封堵器<sup>[19,21]</sup>;对于心尖肌部 VSD,有的因右心室空间局限,伞盘右心室侧展开受限,可使用动脉导管封堵器<sup>[20]</sup>;对于多分流口缺损,常选择中间位置或较大分流口封堵,甚至有报道使用双封堵器治疗间距 $>5$  mm 多发孔膜周部 VSD 安全有效<sup>[22]</sup>。另一方面,封堵器的大小选择,不应简单地在

缺损直径基础上增加 1~2 mm,要有综合评估,甚至可在手术操作的过程中根据是否出现残余分流、主动脉瓣反流、心律失常和流出道梗阻等相关情况去调整封堵器。

### 2.3 封堵路径的选择

#### 2.3.1 经胸封堵路径的选择

目前经胸封堵路径有腋下小切口、胸骨下段小切口、胸骨旁小切口和左腋下小切口等<sup>[22-24]</sup>,各种路径的优缺点及适应证目前众说纷纭。缺损的部位是选择封堵路径的重要依据,如胸骨旁小切口和左腋下小切口用于封堵干下型 VSD。

胸骨下段小切口路径是经胸封堵的经典路径,也是最简单和最直接的路径,几乎适用于所有类型的 VSD,特别是高位 VSD 和肌部 VSD 等,对于年龄的限制也大大放宽,同时最为关键的是,一旦操作困难,无法封堵或术后出现瓣膜反流、心律失常和封堵器脱落等并发症,可延长切口行传统正中开胸体外循环修补手术,无需另外切口,这是胸骨旁小切口和左腋下小切口等路径无法代替的。

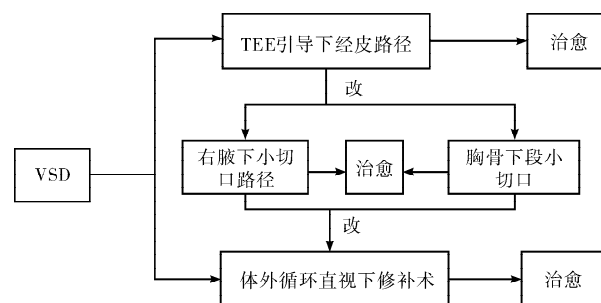
右腋下小切口微创封堵术是在胸骨下段小切口封堵术基础上的改良路径,是建立在成熟开展右腋下切口体外循环下行 VSD 修补术的基础上,其操作难度并无过多增加,除肌部 VSD 外,此路径完全能胜任其他有 VSD 封堵适应证的操作。且右腋下小切口路径比胸骨下段路径创伤更小,不需损伤胸骨,切口更加隐蔽。更为重要的是,当此路径封堵不成功时,可延长切口行右腋下体外循环修补术,降低患儿正中手术的痛苦,减轻患儿家属不能达预期微创封堵的失落,一定程度缓和紧张的医患关系,极大地体现微创手术的理念。

#### 2.3.2 经皮封堵路径的选择

TEE 引导下经皮外科微创封堵路径来源于经心导管介入路径的借鉴,起初为经股动脉-主动脉-主动脉瓣-左心室-缺损的路径,但其需足够粗的血管,操作路程长,封堵角度大,因此接受此路径的患儿年龄往往偏大,并且要求缺损的直径不能偏大或偏小,另外对于特殊类型的 VSD,其完全不能胜任。虽然解决了射线这一危害,但同导管介入封堵一样,应用仍受到极大限制。为进一步扩展经皮封堵在临床的应用,在完成 TEE 引导下经股动脉 VSD 封堵术的基础上,利用婴幼儿颈静脉和股静脉直径比股动脉粗的特点,开展了超声引导下经静脉 VSD 封堵术<sup>[16-17]</sup>。其为颈/股静脉-右心房-三尖瓣-右心室-缺损的路径,和动脉路径相比,路程有所缩短,避免了主动脉瓣的影响,克服了年龄及体重的限制,进一步扩展了 TEE

引导下经皮封堵技术的适应证。

总之,经皮路径虽创伤最小但需更为严苛的条件。右腋下小切口路径及胸骨下段小切口路径有更宽泛的适应证,右腋下路径的切口更加隐蔽,符合微创理念。据此,总结婴幼儿 VSD 微创封堵术治疗策略如图 1 所示。个体化地选择外科微创封堵路径,从而使患儿利益最大化。



注:“改”表示前一路径难以实施改下一路径。

图1 TEE 引导下 VSD 外科封堵路径思路

### 3 TEE 引导下 VSD 微创封堵效果

目前 TEE 引导下 VSD 封堵术无论是在手术例数还是方式改进和技术推广等方面,均取得了突飞猛进的发展,国内的各大中心均有不同程度的开展,并且相关的封堵装置及操作技术逐渐向国外输出,位居国际先进水平,较多的成果经验也已发表在较高学术水平的杂志上(见表 1)。更为关键的是,与心导管介入相比,外科途径封堵治疗操作路程短,角度小,可控性高。只要适应证把握得当,操作规范,出现并发症的概率就低且可补救性强。如在操作过程中出现心律失常时暂停操作,适当处理,恢复正常后可继续手术。若心律失常反复,或出现严重心律失常事件时,可及时延长切口改体外循环修补术。同样的处理可应对瓣膜反流、残余分流、流出道梗阻甚至封堵器脱落等并发症情况。同时,多方的研究结果也显示,该类技术在大大降低围手术期创伤的基础上,优于内科导管介入和传统修补手术的中远期效果<sup>[8]</sup>。美中不足的是目前缺乏大规模的多中心随机对照研究,对于该项技术的不良事件,尚无明确的可供参考的危险因素预测及评估,未来仍有必要继续开展大样本和高质量的临床随机对照研究。

### 4 TEE 引导下 VSD 微创封堵展望

TEE 引导下 VSD 微创封堵治疗经过近 20 年的发展和实践,该技术经历了从质疑到认可、推广和普及应用,实施路径从单一到多元、简便和更加微创,器械材料从欠缺到多样、务实和科学先进<sup>[25-26]</sup>,这些深刻变化必将推动婴幼儿 VSD 治疗的微创进程。

表 1 TEE 引导下 VSD 外科封堵临床效果报告

文献	病例数(n)	年龄	体重/kg	缺损大小/mm	成功率/%	严重并发症	死亡	随访时间/月
Xing 等 <sup>[6]</sup>	441	(26.4±11.7)月	15.8±8.8	5.1±2.1	96.2	无	0	47.3±19.6
潘等 <sup>[16]</sup>	28	(9.5±3.1)岁	31.3±7.7	4.6±0.9	96.4	无	0	6.2±3.4
Yu 等 <sup>[19]</sup>	35	(14.8±5.9)月	10.8±5.8	3.5±0.7	100	无	0	17.0±10.5
Zhu 等 <sup>[21]</sup>	49	(5.8±4.2)岁	20.3±11.2	4.8±1.3	90.7	无	0	36
Omelchenko 等 <sup>[24]</sup>	51	(8.0±2.5)月	7.9±3.4	5.7±1.6	96.1	无	0	18.7±10.1

#### 4.1 技术理论更加完善

基于医疗技术水平地域发展差异,未来必将在不断临床实践的基础上实时完善制定符合国情的技术治疗指南,规范手术适应证和禁忌证,规范操作技术。在行业层面,必将出台一整套的质量监督控制体系,实现该技术科学、健康和快速的发展。同时,对于微创封堵技术的临床研究,将会获得多中心、大样本和长远期的随访结果,为实施个性化治疗方案提供理论依据和经验支持。

#### 4.2 先进技术材料的结合

微创治疗技术的发展与微创手术的实现,离不开先进诊疗设备和高科技材料的结合与使用。心脏 3D 打印技术能完整和个体化地建立心脏的空间解剖结构关系,从而使临床医师对畸形能有更透彻的三维认识,进而制定出最佳的治疗方案。目前心脏 3D 打印已较多应用于复杂先天性心脏病的诊断和治疗方案评估中<sup>[27-28]</sup>,若其解决了价格较高和地域分布不均等问题后,对每一位 VSD 患儿术前应用该技术,将能更加精准地实施微创封堵治疗。“达芬奇”机器人手术系统因设备的先进及操作更精细等优势,目前在外科手术应用比较火热,在心血管系统手术主要应用于成人<sup>[29]</sup>。随着科技的改善与进步,应用于儿童的机器人手术系统也必将研发应用。VSD 封堵器的发展经历了从最早的以 Rashkind 封堵器为代表的非镍钛合金封堵器,但因其并发症的发生率高且不能调整位置,未能在临床上推广;随后出现了 Amplatzer 镍钛合金封堵器,因其独特的输送装置使其可调整封堵器位置并可回收而广泛地应用于 VSD 的封堵治疗;而今国产封堵器在前人基础上进行了大量的改进和创新,因并发症少而广泛地应用于临床<sup>[25-26]</sup>。近年来,材料学和先天性心脏病学者联合研制的生物可降解心脏间隔类缺损封堵器经历了研制成型到动物实验,目前有可吸收房间隔缺损封堵器已进入多中心临床研究阶段<sup>[30]</sup>。可以想象,借助于机器人手术系统放置,基于生物可吸收材料的 3D 打印封堵器应用于 VSD 的治疗,将是未来医学科技努力的方向。

综上所述,TEE 引导下的外科微创封堵技术在

婴幼儿 VSD 的治疗中已获得良好的临床疗效,有着极广阔的发展前景。在临床工作中,应在食管超声医师的默契配合下,在丰富的体外循环直视手术经验保障下,个体化地选择微创封堵策略,从而使患儿利益最大化。

#### 参考文献

- [1] Zhao QM, Liu F, Wu L, et al. Prevalence of congenital heart disease at live birth in China[J]. *J Pediatr*, 2019, 204: 53-58.
- [2] Lillehei CW, Cohen M, Warden HE, et al. The direct-vision intracardiac correction of congenital anomalies by controlled cross circulation; results in thirty-two patients with ventricular septal defects, tetralogy of Fallot, and atrioventricularis communis defects[J]. *Surgery*, 1955, 38(1): 11-29.
- [3] Hong ZN, Chen Q, Lin ZW, et al. Surgical repair via submammary thoracotomy, right axillary thoracotomy and median sternotomy for ventricular septal defects[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2018, 13(1): 47.
- [4] Braila DM, Evora P. The “rebirth” of the right anterolateral thoracotomy approach in cardiac surgery[J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2018, 33(2): I-II.
- [5] Lock JE, Block PC, McKay RG. Transcatheter closure of ventricular septal defects[J]. *Circulation*, 1988, 78(2): 361-368.
- [6] Xing Q, Wu Q, Shi L, et al. Minimally invasive transthoracic device closure of isolated ventricular septal defects without cardiopulmonary bypass: long-term follow-up results[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(1): 257-264.
- [7] Liu HG, Wang Z, Xia J, et al. Evaluation of different minimally invasive techniques in surgical treatment for ventricular septal defect[J]. *Heart Lung Circ*, 2018, 27(3): 365-370.
- [8] Hu XS, Peng B, Zhang Y, et al. Short-term and mid-term results of minimally invasive occlusion of ventricular septal defects via a subaxillary approach in a single center[J]. *Pediatr Cardiol*, 2019, 40(1): 198-203.
- [9] Liu H, Lu FX, Zhou J, et al. Minimally invasive percutaneous versus open surgical ventricular septal defect closure in infants and children: a randomised clinical trial[J]. *Heart*, 2018, 104(24): 2035-2043.
- [10] Amin Z, Berry JM, Foker JE, et al. Intraoperative closure of muscular ventricular septal defects in a canine model and application of the technique in a baby[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1998, 115(6): 1374-1376.
- [11] Bacha EA, Cao QL, Galantowicz ME, et al. Multicenter experience with percutaneous device closure of muscular ventricular septal defects[J]. *Pediatr Cardiol*, 2005, 26(2): 169-175.
- [12] Bacha EA, Hijazi ZM, Cao QL, et al. Hybrid pediatric cardiac surgery[J]. *Pediatr Cardiol*, 2005, 26(4): 315-322.
- [13] Quansheng X, Silin P, Zhongyun Z, et al. Minimally invasive percutaneous device closure of an isolated perimembranous ventricular septal defect with a newly designed delivery system: preliminary experience[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2009, 137(3): 556-559.

(下转第 441 页)

- the assessment of coronary collateral circulation by 192-slice third-generation dual-source computed tomography [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98 (38): e17014.
- [25] 孟爽,石襄,毋建,等.舒张早期整体纵向应变率指数评估单支冠状动脉慢性完全闭塞病变患者侧支循环的代偿功能[J].中国超声医学杂志,2019,35(11):985-987.
- [26] Kaul S. Assessment of myocardial collateral blood flow with contrast echocardiography [J]. *Korean Circ J*, 2015, 45 (5): 351-356.
- [27] 李树恒,方伟,孙晓昕,等.冠状动脉左前降支慢性完全闭塞病变中侧支循环与心肌存活的心肌放射性核素显像研究[J].中国循环杂志,2017,32(4):343-347.
- [28] Huntzinger E, Izaurralde E. Gene silencing by microRNAs: contributions of translational repression and mRNA decay [J]. *Nat Rev Genet*, 2011, 12 (2): 99-110.
- [29] Zampetaki A, Willeit P, Drozdov I, et al. Profiling of circulating microRNAs: from single biomarkers to re-wired networks [J]. *Cardiovasc Res*, 2012, 93 (4): 555-562.
- [30] Hakimzadeh N, Nossent AY, van der Laan AM, et al. Circulating microRNAs characterizing patients with insufficient coronary collateral artery function [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (9): e0137035.
- [31] 郑颖,李强,阳慧,等.冠状动脉严重狭窄患者血浆 miRNA-195 表达及其与侧支循环形成的关系[J].实用医学杂志,2018,34(2):265-268.
- [32] 安丰慧,李岚,郭靖,等.分析不同民族和 VEGF 与冠心病侧支循环情况的关系[J].当代医学,2020,26(5):9-11.
- [33] Zhao X, Meng L, Jiang J, et al. Vascular endothelial growth factor gene polymorphisms and coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis [J]. *Growth Factors*, 2018, 36 (3-4): 153-163.
- [34] Shabani F, Farasat A, Mahdavi M, et al. Calprotectin (S100A8/S100A9): a key protein between inflammation and cancer [J]. *Inflamm Res*, 2018, 67 (10): 801-812.
- [35] Demir V, Ede H, Ercan M, et al. Relationship of serum calprotectin, angiopoietin-1, and angiopoietin-2 levels with coronary collateral circulation in patients with stable coronary artery disease [J]. *Kardiol Pol*, 2019, 77 (12): 1155-1162.
- [36] Kolettis TM, Barton M, Langleben D, et al. Endothelin in coronary artery disease and myocardial infarction [J]. *Cardiol Rev*, 2013, 21 (5): 249-256.
- [37] Fan Y, Li S, Li XL, et al. Plasma endothelin-1 level as a predictor for poor collaterals in patients with  $\geq 95\%$  coronary chronic occlusion [J]. *Thromb Res*, 2016, 142: 21-25.
- [38] Akboga MK, Yalcin R, Sahinarslan A, et al. Effect of serum YKL-40 on coronary collateral development and SYNTAX score in stable coronary artery disease [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 224: 323-327.
- [39] Zhou JP, Tong XY, Zhu LP, et al. Plasma omentin-1 level as a predictor of good coronary collateral circulation [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2017, 24 (9): 940-948.
- [40] 刘存存,杨国杰,李栋博,等.冠心病患者血浆 Jagged1 蛋白与冠状动脉侧支循环形成的关系[J].中国循环杂志,2018,33(1):50-53.

收稿日期:2020-10-25

## (上接第 432 页)

- [14] Chen Q, Chen LW, Wang QM, et al. Intraoperative device closure of doubly committed subarterial ventricular septal defects: initial experience [J]. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90 (3): 869-873.
- [15] Schubert S, Kainz S, Peters B, et al. Interventional closure of atrial septal defects without fluoroscopy in adult and pediatric patients [J]. *Clin Res Cardiol*, 2012, 101 (9): 691-700.
- [16] 潘湘斌,逢坤静,欧阳文斌,等.单纯超声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(8):774-776.
- [17] 潘湘斌,欧阳文斌,王守正,等.单纯超声引导下经颈静脉室间隔缺损封堵术的探索研究[J].中国循环杂志,2015,30(12):1204-1207.
- [18] 中国医师协会心血管外科医师分会.经胸微创室间隔缺损封堵术中国专家共识[J].中华胸心血管外科杂志,2011,27(9):516-518.
- [19] Yu J, Ma L, Ye J, et al. Doubly committed ventricular septal defect closure using eccentric occluder via ultraminimal incision [J]. *Eur J Eur Cardiothorac Surg*, 2017, 52 (4): 805-809.
- [20] 中国医师协会儿科医师分会先天性心脏病专家委员会.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):17-23.
- [21] Zhu D, Lin K, Tang ML, et al. Midterm results of hybrid periventricular closure of doubly committed subarterial ventricular septal defects in pediatric patients [J]. *J Card Surg*, 2014, 29 (4): 546-553.
- [22] 梁飞,李红昕,王正军,等.经胸双伞封堵器置入治疗宽间距多发孔膜周部室间隔缺损[J].中华胸心血管外科杂志,2017,33(1):28-31.
- [23] Hong ZN, Chen Q, Huang LQ. A meta-analysis of periventricular device closure of perimembranous ventricular septal defect [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2019, 14 (1): 119.
- [24] Omelchenko A, Gorbatykh Y, Voitov A, et al. Periventricular device closure of ventricular septal defects: results in patients less than 1 year of age [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2016, 22 (1): 53-56.
- [25] 周勇,蒋逸风,秦永文.室间隔缺损封堵器的研制与临床应用现状和进展[J].心血管病学进展,2013,34(4):558-561.
- [26] 章伟,陈亮,秦永文.室间隔缺损封堵器的研制和临床应用进展[J].心血管病学进展,2015,36(3):238-241.
- [27] Bhatla P, Tretter JT, Ludomirsky A, et al. Utility and scope of rapid prototyping in patients with complex muscular ventricular septal defects or double-outlet right ventricle: does it alter management decisions? [J]. *Pediatr Cardiol*, 2017, 38 (1): 103-114.
- [28] Hadeed K, Acar P, Dulac Y, et al. Cardiac 3D printing for better understanding of congenital heart disease [J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2018, 111 (1): 14.
- [29] Gao C, Yang M, Xiao C, et al. Novel totally robotic repair of right ventricular outflow tract obstruction [J]. *Innovations (Phila)*, 2015, 10 (4): 285-287.
- [30] Li YF, Xie YM, Chen J, et al. Initial experiences with a novel biodegradable device for percutaneous closure of atrial septal defects: from preclinical study to first-in-human experience [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019, 95 (2): 282-293.

收稿日期:2020-10-18