

# 先天性左室流出道狭窄的诊断与治疗

殷开敦, 寇龙伟, 马松峰\*

新疆医科大学第一附属医院小儿心胸外科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年2月8日; 录用日期: 2023年3月4日; 发布日期: 2023年3月13日

## 摘要

先天性左室流出道狭窄是出生缺陷中发病率较高的一种疾病,根据狭窄的位置不同,一般分为主动脉瓣、主动脉瓣下、主动脉瓣上狭窄3种。临床症状:主要取决于左室流出道阻塞的程度。严重者在婴儿期即有心力衰竭症状,儿童期常见的症状为活动耐力差,表现为适量活动后气短、乏力,甚至出现心前区疼痛、昏厥等症状。本文通过文献查阅,总结先天性左室流出道狭窄的分类,发病率,临床表现与外科治疗现状,以及不同手术的效果评价。使心脏外科医生从治疗历史中获取新的启发,为进一步研究提供知识背景,并能在治疗过程中针对患者疾病的具体情况选择合适的手术方式,准确掌握手术时机、预防术后并发症。

## 关键词

左室流出道狭窄, 诊断, 外科治疗

# Diagnosis and Treatment of Congenital Left Ventricular Outflow Tract Obstruction

Kaixiao Yin, Longwei Kou, Songfeng Ma\*

Department of Pediatric Cardiothoracic Surgery, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 8<sup>th</sup>, 2023; accepted: Mar. 4<sup>th</sup>, 2023; published: Mar. 13<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

**Congenital Left Ventricular Outflow Tract Obstruction is a disease with a high incidence rate among birth defects. According to the location of the stenosis, it is generally divided into three types: aortic valve, subaortic valve, and supraaortic valve stenosis. Clinical symptoms: mainly depends on the**

\*通讯作者。

degree of left ventricular outflow tract obstruction. The severe patients have heart failure symptoms in infancy. The common symptoms in childhood are poor activity tolerance, shortness of breath, fatigue, and even precordial pain, fainting and other symptoms. Through literature review, this article tries to summarize the classification, incidence rate, clinical manifestations and surgical treatment status of congenital left ventricular outflow tract stenosis, as well as the evaluation of the effects of different operations. To enable cardiac surgeons to obtain new inspiration from the treatment history, provide knowledge background for further research, and select appropriate surgical methods according to the specific conditions of patients' diseases during the treatment process, accurately grasp the surgical opportunity and prevent postoperative complications.

## Keywords

Left Ventricular Outflow Tract Obstruction, Diagnosis, Surgical Treatment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

先天性左室流出道狭窄(Left Ventricular Outflow Tract Obstruction, LVOTO)是一类较常见的心血管畸形,发病率约占先天性心脏病患儿的10%~14% [1]。LVOTO包括一系列的狭窄病变,从解剖上的左心室流出道开始一直延伸到主动脉弓的降段,梗阻可位于瓣膜下、瓣膜或瓣膜上[2]。外科治疗的原则是尽可能疏通狭窄的流出道以减轻左心的负荷。根据患者狭窄部位的不同选择不同的手术治疗方式,改善患者心功能,缓解患者临床症状。本文对该疾病的发病率、病因分型、临床特点、外科治疗方法以及预后进行介绍。

## 2. 发病率

LVOTO狭窄最常发生于主动脉瓣水平,先天性主动脉瓣狭窄(congenital aortic valve stenosis, CAS)的发生率为0.03~0.34/1000存活新生儿,占有先天性心脏病的3%~6%,约占先天性左心室梗阻患儿的60%~75%,男女发病比例为3:1~5:1。主动脉瓣下狭窄(subvalvar aortic stenosis, SAS)的儿童发病率为0.025%,占有左室流出道狭窄患儿的15%~20%。SAS可能与遗传相关,有家族性遗传倾向。先天性主动脉瓣上狭窄(supravalvular aortic stenosis, SVAS)是一种罕见的先天性心脏病,发病率约占先天性心脏病0.1%~0.2%。占有左室流出道狭窄患儿的5%~10%,除此之外还有混合型左心室流出道梗阻[3] [4] [5] [6] [7]。

## 3. 病因与分型

1) 主动脉瓣狭窄(CAS)是由于胚胎发育过程中主动脉瓣形成异常,表现为主动脉瓣膜粘连、融合、瓣叶增厚形成的狭窄,根据主动脉瓣叶形态结构可分为单瓣叶、双瓣叶、三瓣叶、四瓣叶畸形,最常见的CAS为双瓣叶畸形,占健康者的1.0%~2.0%,占动脉瓣病变的65.0% [8]。

2) 主动脉瓣下狭窄(SAS)根据病理解剖特点,可分为局限型(包括隔膜型和纤维肌型)和隧道型(弥漫性肌肉管状狭窄),局限性狭窄约占70%。近年来关于SAS的病因学说提出该病患者在形态学上存在左室的几何构型异常:主动脉-室间隔角度的改变和二尖瓣与主动脉瓣距离延长,长期湍流及异常血流模

式导致了剪应力的改变,若存在潜在的基因易感性,则会诱使细胞增殖,发生主动脉瓣下狭窄,故 SAS 的发生发展也可能是源于获得性损伤[9]。局限性狭窄多属于继发性病变,为进展性疾病,超声心动图显示其主动脉长轴与室间隔夹角减小,这种非正常形态的左室流出道使血流发生涡流,造成心内膜受损后增生导致瓣下狭窄,同时涡流通过瓣下狭窄时形成喷射性血流,直接冲击瓣叶,使瓣叶增厚、变形,最终出现主动脉瓣反流(AR) [10]。根据组织形态及手术策略不同, SAS 也可分为 5 种类型:隔膜型、纤维-肌型、隧道型、肥厚型心肌病型和合并其它畸形的 SAS [11]。

3) 主动脉瓣上狭窄(SVAS)在 1930 年被意大利病理学家首次描述,估计发病率为 1:20,000 活产。SVAS 是一种以累及主动脉瓣上动脉为主的全身性弹力蛋白(ELN)动脉病,ELN 动脉病是一种遗传异质性疾病,是染色体 7q11 上 ELN 基因单倍体缺失的结果。SVAS 是一种由中膜或内膜层增厚引起的动脉壁全身性疾病,与动脉粥样硬化无关,可导致升主动脉或其他动脉管腔狭窄。SVAS 通常影响肺动脉和冠状动脉的分支,而脑循环、降主动脉、肾动脉和其他主动脉分支通常不受影响[12]。SVAS 在临床上分为三种亚型,即单发型、家族型(常染色体显性遗传)及 Williams-Beuren 综合征。Williams-Beuren 综合征还包括智力发育迟缓,特殊面容,牙齿异常,婴儿期高钙血症等等。病理解剖可分为局限型和弥漫型两类。局限型的狭窄病变位于主动脉瓣交界处上方,即窦管交界,腔内有一突出的嵴样结构形成环形狭窄,外观类似沙漏;弥漫型主动脉瓣上狭窄病变除了位于窦管交界处的狭窄外,还有升主动脉发育不良,病变范围可以直达主动脉弓分叉处甚至降主动脉[13]。

#### 4. 诊断方法、临床症状与手术指针

1) 一般心电图及 X 线无特殊表现,病程较长、病情较重者可表现为左室肥大,通常经超声心动图、左心导管及造影检查可明确诊断。超声心动图是评价左室流出道狭窄的首选方法[14]。

2) 临床症状。LOVTO 通常产生相应的血流动力学改变,如主动脉瓣下的血流增快、压差增大等,也可继发左室肥厚、主动脉瓣或二尖瓣损害、心肌缺血、急慢性心功能不全、感染性心内膜炎和心律失常等。根据梗阻程度、病变复杂程度不同,轻度狭窄可无明显不适,中重度狭窄的临床表现有气促、胸闷、心悸、胸痛、活动耐量降低、生长发育受限、晕厥、猝死等。

3) 手术指针。LVOTO 病变的位置不同,其体征和临床表现也各不相同。随着梗阻程度的进展,临床症状越来越重,绝大多数患儿都需要手术治疗[15]。

国内一般认为左心室流出道在梗阻部位的压差  $\geq 6.67$  kPa (50 mmHg)应考虑手术治疗;压差  $< 6.67$  kPa 的轻度狭窄应密切随访,发现临床症状明显,心电图示左室肥厚、心肌劳损者为避免左心衰竭以及长期血液动力学异常带来的细菌性心内膜炎、主动脉瓣关闭不全(AI)等并发症的出现 也应尽早手术治疗。

但研究表明,LVOTO 是一组进展性病变,尤其是主动脉瓣下狭窄的患者病程呈进行性发展,主动脉瓣受瓣下狭窄喷射性血流的影响可增厚变形,甚至产生瓣膜狭窄和关闭不全(AI) [16]。因此一经确诊 SAS 应尽早手术,即使左室到主动脉的压差小于 30 mmHg,心电图无左室肥厚及劳损等征象也应手术治疗 [17]。一旦出现 AR,术后虽可解除左室流出道梗阻,但不能减轻 AR 程度[11]。

#### 5. 手术原则与手术方式

##### 5.1. 手术原则

LVOTO 的手术治疗原则是尽可能疏通狭窄的流出道以减轻左心的负荷[18]。

##### 5.2. 手术方式

1) 根据患者主动脉瓣狭窄的不同情况,选择的手术方式主要包括主动脉瓣球囊扩张成形术(balloon

aortic valvuloplasty, BAV)、主动脉瓣成形术(surgical Aortic valvuloplasty, SAV)和瓣膜置换术(aortic valve replacement, AVR)。主动脉瓣成形术包括: a) 融合瓣叶切开术。b) 瓣叶延长扩大。c) 瓣叶置换及重建术。瓣膜置换术包括: a) Ross 手术。b) 人工瓣膜置换术。其他还有主动脉瓣环狭窄和/或窦部发育不良的手术纠治, 心脏移植, 胎儿期干预(不推荐使用) [19]。对于严重瓣膜破坏或修复或介入失败后的患者的最终归宿为主动脉瓣置换手术(AVR) [20]。

2) 根据患者主动脉瓣下狭窄的不同情况, 选择的手术方式主要包括: 主动脉瓣下隔膜切除术, 隔膜加肥厚心肌切除, 改良 Konno 手术, Ross-Konno 手术, Konno 手术、Mini 主动脉根部置换手术, Morrow 手术、改良扩大 Morrow 手术, 左室流出道 - 二尖瓣环加宽术, 左室心尖 - 主动脉瓣管道连接术[11] [21]。

3) 目前主动脉瓣上狭窄通用的手术方式有补片修补术, 包括: “单窦法”, “双窦法”, “三窦法”和主动脉切除、吻合法, 其他手术方式: 如切除纤维增生的狭窄环, 将主动脉行断端吻合。对于一些弥漫型主动脉瓣上狭窄的病例, 无法行解剖矫治, 用人工管道连接心尖与主动脉[13]。

## 6. 手术方式评价

### 6.1. 主动脉瓣狭窄的手术治疗评价

#### 1) 主动脉瓣膜切开成形术与球囊扩张成形术

1956 年 LILLEHEI AND CO LLEAGUES 开始第 1 次使用外科手术治疗 CAS, 至 20 世纪 80 年代外科瓣膜切开术是治疗 CAS 的唯一有效手段。经过多年的发展此术式已成为最常用的成形方式, 目前我国治疗婴幼儿期和儿童期 CAS 的主要外科手段, 术中检查瓣叶形态及活动性, 选择不同方式切开粘连的主动脉瓣而达到治疗的目的, 而对结构较复杂的 CAS 患者术中往往需自体或异体材料延长、修补瓣叶[22]。1984 年 LABABIDI 及其同事引入经导管球囊主动脉瓣成形术后且随着导管技术的不断发展, 从经典的放射线引导下 BAV 治疗逐渐发展为放射结合超声引导的 BAV 治疗, 至单纯超声引导的 BAV 治疗, 以降低辐射量, 为不适合放射线引导的患儿提供了新的治疗手段[23]。儿童先天性主动脉瓣狭窄的最佳初始治疗仍然存在争议。理想情况下, 初始干预可在不引起明显反流的情况下充分缓解梗阻。球囊主动脉瓣成形术(BAV)和外科主动脉瓣切开术(SAV)是两种相互竞争的策略, 均能有效地解除梗阻并保证生存率 [24]。

2012 年 Brown 等学者[25]总结了 89 例 CAS 外科治疗患者 20 年的随访结果, 其中 SAV 69 例和 BAV 20 例。结果显示 SAV 初始跨瓣压差梯度降低几乎是 BAV 的两倍, 显著主动脉瓣反流(AR)的产生是 BAV 的一半。更重要的是, SAV 再干预的时间间隔是 BAV 的近 4 倍。这种比较应该提示儿科心脏专家考虑 SAV 的选择, 以便尽可能长时间延迟再介入和 AVR, 而不损害左心室功能。这一比较所证明的证据显然支持 SAV 作为更好、更持久的姑息性技术。

2020 年 Zaban 和同事[26]报告了接受球囊主动脉瓣成形术 15 例和主动脉瓣膜切开成形术 40 例患者, 术后超声提示平均压差梯度无差异, 球囊主动脉瓣成形术为 25.8 mmHg, 外科瓣膜切开术为 26.2 mmHg,  $P = 0.87$ 。15%球囊主动脉瓣成形术患者术后出现中度主动脉瓣关闭不全, 2.5%患者出现重度主动脉瓣关闭不全, 而瓣膜切开术患者中未出现中度或重度主动脉瓣关闭不全。在术后随访的第 1 年和第 5 年, 球囊主动脉瓣成形术和外科瓣膜切开术的再干预率分别为 69%和 67%, 43%和 67%。BAV 和 SAV 提供了类似的短期瓣膜梯度降低。1 年内免于再次干预的情况类似。

2021 年我国学者朱奕帆等[27]总结了 116 例接受 SAV, 64 例接受 BAV 患者。SAV 组术后下降的跨瓣峰值压差和远期免于再手术率均优于 BAV 组。随访 SAV 组和 BAV 组 10 年生存率两组无明显差异( $P = 0.51$ ), 10 年免于再手术率差异有统计学意义(SAV 组 59.6% BAV 组 49.7%,  $P = 0.01$ )。SAV 和 BAV 均



能有效地解除梗阻并保证生存率。SAV 术后跨瓣峰值压差的降低和远期免于再手术率均优于 BAV。

## 2) 瓣膜置换术

在成人患者中, 主动脉瓣置换术(AVR)通常使用机械瓣膜, 也有多种其他替代物, 如生物瓣膜, 包括同种主动脉、自体肺移植(Ross 手术), 自体心包重建主动脉瓣(Duran 技术)。机械瓣膜更容易植入, 然而, 由于其体积小、缺乏生长潜力以及抗凝相关问题, 它们不是儿童的理想替代品。1967 年 Ross 首次使用自体肺动脉瓣移植代替病变的主动脉瓣, 已证明其具有良好的血流动力学和生长潜力, 并具有重塑能力。同种主动脉瓣置换术(HAVR)也被证明是主动脉瓣疾病需要手术的患者们的合适选择。这种替代物的优点包括良好的血流动力学、较少的血栓栓塞并发症发生率、避免抗凝以及在感染情况下的适用性。Duran 手术包括在特殊模具的帮助下, 用自体戊二醛固定的心包组织重建主动脉瓣尖。也具有以上优点, 但不确定的耐久性是一个主要缺点[20] [28]。

## 6.2. 主动脉瓣下狭窄的手术治疗评价

### 1) 主动脉瓣下隔膜切除术, 隔膜加肥厚心肌切除

主动脉瓣下狭窄的切除术已经从纤维膜切除术发展到更广泛的纤维肌切除术, 已成为治疗固定性主动脉瓣下狭窄的公认方法, 但关于手术方法和主动脉瓣下梗阻复发及修复后主动脉瓣关闭不全的不确定性仍存在争议[29] [30]。

### 2) Ross-Konno 手术

Ross-Konno 手术是治疗复杂多节段左室流出道梗阻伴严重环状发育不全和主动脉瓣发育不良的一项优秀技术。手术可以在生命早期进行, 从而避免重复的手术再干预, 但这只能提供短期缓解, 并可能加剧心室负荷。Ross-Konno 手术增加了我们对患有严重主动脉瓣狭窄的新生儿或婴儿的治疗选择。自体肺移植具有持久性, 不会发生主动脉狭窄或进行性扩张, 且主动脉瓣关闭不全的发生率较低。Ross-Konno 手术是治疗多节段型左心室流出道梗阻的首选方法, 尤其是新生儿和婴儿[31]。但是 Ross-Konno 手术后死亡和术后并发症的风险高于 Ross 手术。在严重异常或二叶式主动脉瓣解剖的情况下, 应该考虑放弃 Ross-Konno 手术, 并用机械瓣膜进行 Konno 手术[32]。

### 3) 改良 Konno 手术和改良扩大 Morrow 手术

室间隔成形术(单纯室间隔切开和应用补片加宽成形术)又称改良 Konno 手术。无需主动脉瓣置换术就可缓解左心室流出道弥漫性梗阻的新技术。进行左室间隔成形术, 保留主动脉瓣。通过该技术可获得左心室高血压的显著缓解[33]。扩大间隔肌切除术(改良扩大 Morrow 手术)治疗儿童和青少年肥厚性心肌病 HOCM 是安全有效的, 在早期随访时具有良好的临床和超声心动图结果[34]。

## 6.3. 主动脉瓣上狭窄的手术治疗评价

### 补片修补术

Brom 三片修补术可对称重建主动脉瓣上狭窄患者的主动脉根部。在缓解梗阻和主动脉瓣关闭不全的发生率方面具有良好的中期结果[35]。采用单补片技术进行 SVAS 的外科修复, 具有良好的长期疗效。单补片修复 SVAS 是一种可重复、有效的外科矫正 SVAS 的技术。长期生存良好, 而复发 SVAS 的再手术率较低[36]。2010 年 Sunjay 等[37]学者认为: 与传统的单片技术相比, Doty 双补片法和 Brom 三补片法主动脉成形术修复 SVAS 可恢复正常血流动力学, 并减少再次手术的需要。目前对 SVAS 修复的偏好是 Brom 三片对称主动脉成形术。2014 年 Kramer 等[38]学者认为双窦和三窦重建对主动脉瓣上狭窄的修复效果同样好。没有证据表明三窦重建技术具有更好的结果。对于弥漫性升主动脉受累的较小患者, 在进行自体心包主动脉成形术时需要补片随时间扩张排除了该手术在这些患者中的主要优势, 不推荐自体

心包主动脉成形术[39]。对于一些弥漫型主动脉瓣上狭窄的病例,无法行解剖矫治,可用人工管道连接心尖与主动脉治疗。

## 7. 总结

综上所述, LVOTO 的治疗中 BAV 和 SAV 均是非危重性 CAS 患者的姑息性手术治疗方法。瓣膜置换适用于年长儿更为复杂的主动脉狭窄的治疗。主动脉瓣下隔膜加肥厚心肌切除是治疗固定性主动脉瓣下狭窄的公认方法, Ross-Konno 手术是治疗复杂多节段左室流出道梗阻伴严重环状发育不全和主动脉瓣发育不良的一项优秀技术, 改良 Konno 手术无需主动脉瓣置换术就可缓解左心室流出道弥漫性梗阻的新技术。进行左室间隔成形术, 保留主动脉瓣。通过该技术可获得左心室高血压的显著缓解, 改良扩大 Morrow 手术治疗儿童和青少年肥厚性心肌病(HOCM)是安全有效的, 在早期随访时具有良好的临床和超声心动图结果。对于主动脉瓣上狭窄的患者自体心包主动脉成形术具有良好的长期疗效。对于一些弥漫型主动脉瓣上狭窄的病例, 无法行解剖矫治, 可用人工管道连接心尖与主动脉治疗。因此, 临床医生在诊疗过程中根据患者临床症状、辅助检查诊断结果选择合适的治疗方式对患者的治疗及预后均具有非常重要的意义。

## 参考文献

- [1] McBride, K.L., Pignatelli, R., Lewin, M., Ho, T., Fernbach, S., Menesses, A., Lam, W., Leal, S.M., Kaplan, N., Schliekelman, P., Towbin, J.A. and Belmont, J.W. (2005) Inheritance Analysis of Congenital Left Ventricular Outflow Tract Obstruction Malformations: Segregation, Multiplex Relative Risk, and Heritability. *American Journal of Medical Genetics. Part A*, **134A**, 180-186. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.30602>
- [2] Aboulhosn, J. and Child, J.S. (2006) Left Ventricular Outflow Obstruction: Subaortic Stenosis, Bicuspid Aortic Valve, Supravalvar Aortic Stenosis, and Coarctation of the Aorta. *Circulation*, **114**, 2412-2422. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.592089>
- [3] van der Linde, D., Konings, E.E., Slager, M.A., et al. (2011) Birth Prevalence of Congenital Heart Disease Worldwide: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Cardiology*, **58**, 2241-2247. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.08.025>
- [4] Maron, B.J., Redwood, D.R., Roberts, W.C., et al. (1976) Tunnel Subaortic Stenosis: Left Ventricular Outflow Tract Obstruction Produced by Fibromuscular Tubular Narrowing. *Circulation*, **54**, 404-416. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.54.3.404>
- [5] 顾燕, 金梅, 郑可, 等. 先天性主动脉瓣上狭窄 26 例临床分析[J]. 中国实用儿科杂志, 2014, 29(9): 696-699.
- [6] Kitchiner, D., Jackson, M., Malaiya, N., et al. (1994) Incidence and Prognosis of Obstruction of the Left Ventricular Outflow Tract in Liverpool (1960-91): A Study of 313 Patients. *Heart*, **71**, 588-595. <https://doi.org/10.1136/hrt.71.6.588>
- [7] Šamánek, M., Slavík, Z., Zbořilová, B., et al. (1989) Prevalence, Treatment, and Outcome of Heart Disease in Live-Born Children: A Prospective Analysis of 91,823 Live-Born Children. *Pediatric Cardiology*, **10**, 205-211. <https://doi.org/10.1007/BF02083294>
- [8] Toutouzias, K., Stathogiannis, K., Latsios, G., et al. (2019) Biomarkers in Aortic Valve Stenosis and Their Clinical Significance in Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Current Medicinal Chemistry*, **26**, 864-872. <https://doi.org/10.2174/0929867324666170727110241>
- [9] 武彧, 吕清, 王新房, 等. 超声心动图对主动脉瓣下狭窄的诊断价值[J]. 临床超声医学杂志, 2012, 14(2): 104-107.
- [10] 石卓, 朱雄凯, 邱芸香, 等. 小儿主动脉瓣下狭窄的外科治疗及疗效观察[J]. 中华小儿外科杂志, 2012, 33(8): 569-571.
- [11] 董硕, 闫军, 李守军. 先天性心脏病外科治疗中国专家共识(九): 主动脉瓣下狭窄[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(10): 1113-1118.
- [12] Merla, G., Brunetti-Pierri, N., Piccolo, P., Micale, L. and Loviglio, M.N. (2012) Supravalvular Aortic Stenosis: Elastin Arteriopathy. *Circulation: Cardiovascular Genetics*, **5**, 692-696. <https://doi.org/10.1161/CIRCGENETICS.112.962860>
- [13] 解衍博(综述), 吴信(审校). 先天性主动脉瓣上狭窄的外科治疗[J]. 中国循环杂志, 2015, 30(7): 710-713.

- [14] 沈继红, 严军. 超声心动图评价左室流出道狭窄[J]. 中国医药指南, 2009, 7(5): 103-104.
- [15] Collis, R.A., Rahman, M.S., *et al.* (2018) Outcomes Following the Surgical Management of Left Ventricular Outflow Tract Obstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Cardiology*, **15**, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.01.130>
- [16] Parry, A.J., *et al.* (1999) Resection of Subaortic Stenosis: Can a More Aggressive Approach Be Justified? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **15**, 631-638. [https://doi.org/10.1016/S1010-7940\(99\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S1010-7940(99)00060-3)
- [17] 于伟, 姜胜利, 任崇雷, 等. 主动脉瓣下狭窄的外科治疗[J]. 中国体外循环杂志, 2015, 13(1): 37-39.
- [18] 殷强, 韩跃虎, 朱海龙, 等. 先天性左心室流出道梗阻的手术治疗[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26(3): 290-293.
- [19] 贾兵, 李守军. 先天性心脏病外科治疗中国专家共识(二): 小儿先天性主动脉瓣狭窄[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(3): 246-250.
- [20] Alsoufi, B., Al-Halees, Z., Manlihot, C., *et al.* (2009) Mechanical Valves versus the Ross Procedure for Aortic Valve Replacement in Children: Propensity-Adjusted Comparison of Long-Term Outcomes. *Journal of Thoracic & Cardiovascular Surgery*, **137**, 362-370. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2008.10.010>
- [21] 方骏, 陈林, 肖颖彬. 21例先天性主动脉瓣下狭窄的外科治疗效果[J]. 第三军医大学学报, 2004, 26(10): 908-909.
- [22] 卢思, 陈永茜, 李谧. 先天性主动脉瓣狭窄临床诊治研究进展[J]. 现代医药卫生, 2020, 36(23): 3819-3821.
- [23] 谢涌泉, 赵广智, 李慕子, 等. 单纯超声心动图引导下经皮球囊主动脉瓣成形术治疗先天性主动脉瓣狭窄的中期结果[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2018, 25(10): 829-833.
- [24] Hill, G.D., Ginde, S., Rios, R., Frommelt, P.C. and Hill, K.D. (2016) Surgical Valvotomy versus Balloon Valvuloplasty for Congenital Aortic Valve Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Heart Association*, **5**, e003931. <https://doi.org/10.1161/JAHA.116.003931>
- [25] Brown, J.W., Rodefeld, M.D., Ruzmetov, M., *et al.* (2012) Surgical Valvuloplasty versus Balloon Aortic Dilation for Congenital Aortic Stenosis: Are Evidence-Based Outcomes Relevant? *The Annals of Thoracic Surgery*, **94**, 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.02.054>
- [26] Zaban, N.B., Herrmann, J.L., Hoyer, M.H., Brown, J.W. and Alexy, R.D. (2020) Short- and Intermediate-Term Results of Balloon Aortic Valvuloplasty and Surgical Aortic Valvotomy in Neonates. *Cardiology in the Young*, **30**, 489-492. <https://doi.org/10.1017/S1047951120000372>
- [27] 朱奕帆, 蒋琪, 张文, 等. 先天性主动脉瓣狭窄外科手术和介入治疗的对比研究[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2021, 37(10): 586-590.
- [28] Talwar, S., Malankar, D., Garg, S., *et al.* (2012) Aortic Valve Replacement with Biological Substitutes in Children. *Asian Cardiovascular and Thoracic Annals*, **20**, 518-524. <https://doi.org/10.1177/0218492312439400>
- [29] Darcin, O.T., Yagdi, T., Atay, Y., *et al.* (2003) Discrete Subaortic Stenosis: Surgical Outcomes and Follow-Up Results. *Texas Heart Institute Journal*, **30**, 286-292.
- [30] Mavroudis, C., Mavroudis, C.D. and Jacobs, J.P. (2014) The Ross, Konno, and Ross-Konno Operations for Congenital Left Ventricular Outflow Tract Abnormalities. *Cardiology in the Young*, **24**, 1121-1133. <https://doi.org/10.1017/S1047951114002042>
- [31] Hraska, V., Photiadis, J., Poruban, R., Murin, P. and Asfour, B. (2008) Ross-Konno Operation in Children. *Multimedia Manual of Cardiothoracic Surgery*, **915**. <https://doi.org/10.1510/mmcts.2008.003160>
- [32] Ruzmetov, M., Geiss, D.M., Shah, J.J., *et al.* (2013) The Ross-Konno Is a High-Risk Procedure When Compared with the Ross Operation in Children. *The Annals of Thoracic Surgery*, **95**, 670-675. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.08.041>
- [33] Cooley, D.A. and Garrett, J.R. (1986) Septoplasty for Left Ventricular Outflow Obstruction without Aortic Valve Replacement: A New Technique. *The Annals of Thoracic Surgery*, **42**, 445-448. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(10\)60556-5](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(10)60556-5)
- [34] Xu, H., Yan, J., Wang, Q., *et al.* (2016) Extended Septal Myectomy for Hypertrophic Obstructive Cardiomyopathy in Children and Adolescents. *Pediatric Cardiology*, **37**, 1091-1097. <https://doi.org/10.1007/s00246-016-1396-5>
- [35] Metton, O., Ali, W.B., Calvaruso, D., *et al.* (2009) Surgical Management of Supravalvular Aortic Stenosis: Does Brom Three-Patch Technique Provide Superior Results? *The Annals of Thoracic Surgery*, **88**, 588-593. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.04.107>
- [36] Deo, S.V., Burkhart, H.M., Schaff, H.V., *et al.* (2012) Late Outcomes for Surgical Repair of Supravalvular Aortic Stenosis. *The Annals of Thoracic Surgery*, **94**, 854-859. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.04.022>
- [37] Kaushal, S., Backer, C.L., Patel, S., Gossett, J.G. and Mavroudis, C. (2010) Midterm Outcomes in Supravalvular Aor-

- 
- tic Stenosis Demonstrate the Superiority of Multisinus Aortoplasty. *The Annals of Thoracic Surgery*, **89**, 1371-1377. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.02.019>
- [38] Kramer, P., Absi, D., Hetzer, R., *et al.* (2014) Outcome of Surgical Correction of Congenital Supravalvular Aortic Stenosis with Two- and Three-Sinus Reconstruction Techniques. *The Annals of Thoracic Surgery*, **97**, 634-640. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.09.083>
- [39] Scott, D.J., Campbell, D.N., Clarke, D.R., *et al.* (2009) Twenty-Year Surgical Experience with Congenital Supravalvar Aortic Stenosis. *The Annals of Thoracic Surgery*, **87**, 1501-1508. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.01.070>