

· 述评 ·

儿童主动脉瓣病变的外科治疗进展



全文二维码

李守军 何奇或

国家心血管病中心 中国医学科学院阜外医院小儿外科中心, 北京 100037

通信作者: 李守军, Email: drlishoujunfw@163.com

【摘要】 先天性主动脉瓣病变是常见的先天性心脏畸形之一。在儿童期, 主动脉瓣疾病通常表现为主动脉瓣狭窄和(或)反流。针对这些病变, 可采用多种不同的干预方式, 包括介入导管治疗(如球囊扩张术)和手术治疗, 具体治疗方法取决于疾病的类型和严重程度, 以及医疗机构的偏好。儿童主动脉瓣疾病的治疗理念与成人有所不同。在制定治疗策略时, 必须考虑到儿童生长发育的需求, 以实现最佳的血流动力学性能, 并降低与瓣膜相关并发症的发生率。本文对儿童主动脉瓣病变的外科治疗进展进行述评。

【关键词】 主动脉瓣; 外科手术; 儿童

【基金项目】 中央高水平医院临床科研业务(2022-GSP-GG-19)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202406065-001

Advances in surgical treatment of pediatric aortic valve diseases

Li Shoujun, He Qiyu

Pediatric Cardiac Surgery Center, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Beijing 100037, China

Corresponding author: Li Shoujun, Email: drlishoujunfw@163.com

【Abstract】 Congenital aortic valve disease is one of the most common congenital heart defects. In childhood, aortic valve disease usually presents as aortic valve stenosis and/or regurgitation. Various interventions can be used to address these conditions, including catheter-based treatments (such as balloon valvuloplasty) and surgical treatments. The specific treatment approach depends on the type and severity of the disease, as well as the preferences of the medical institution. The treatment concepts for pediatric aortic valve disease differ from those for adults. When formulating treatment strategies, it is crucial to consider the growth and developmental needs of children to achieve optimal hemodynamic performance and reduce the incidence of valve-related complications. This article reviews the advances in the surgical treatment of aortic valve disease in children.

【Key words】 Aortic Valve; Surgical Procedures, Operative; Child

【Fund program】 National High Level Hospital Clinical Research Funding (2022-GSP-GG-19)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202406065-001

先天性主动脉瓣病变是常见的先天性心脏畸形(congenital heart defect, CHD)之一。据不完全统计, 先天性主动脉瓣病变约占所有 CHD 的 6%^[1]。儿童期主动脉瓣疾病主要表现为主动脉瓣狭窄和(或)反流, 可通过多种治疗方式进行干预, 包括介入导管治疗(如球囊扩张术)和手术治疗等, 手术方法取决于疾病类型和严重程度, 以及医疗机构的偏好^[2]。儿童主动脉瓣疾病的治疗理念与成人不同, 理想的治疗策略必须考虑儿童生长发育的需求, 以实现最佳血流动力学性能, 并降低与瓣膜相关并发症的发生率。本文拟对近年来儿童主动脉瓣病变的外科治疗进展进行述评。

一、儿童主动脉瓣病变的解剖特点

在儿童中, 主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS)是最常见的左室流出道畸形, 占所有先天性心脏病(简称先心病)患儿的 71%~86%, 其中超过四分之三的患儿为男性^[3-4]。儿童 AS 最常见的病因是二叶主动脉瓣畸形, 其在正常新生儿和学龄儿童中的患病率约 0.5%, 且具有一定的家族遗传性^[5-6]。约 35% 的二叶主动脉

瓣畸形患儿至少有一名家庭成员患有二叶主动脉瓣畸形^[7]。在二瓣化畸形中,左右冠瓣融合是最常见的类型,占 70%~80%,且常合并主动脉缩窄。因此,诊断为左右冠瓣融合的二瓣化畸形患儿需排除主动脉弓部病变。右无冠瓣融合占 20%~30%,该类畸形易合并中重度主动脉瓣狭窄或继发关闭不全,进而导致瓣叶衰竭。因此,无论该类患儿是否需要手术干预,密切随诊观察瓣膜继发改变是必要的;左无冠瓣融合最少见,占 3%~6%^[8]。此外,较少一部分 AS 患儿合并室间隔缺损、动脉导管未闭、二叶肺动脉瓣以及先天性二尖瓣关闭不全等畸形^[9]。除二叶瓣畸形外,单瓣叶畸形和主动脉瓣环发育不良较为少见,但常合并左室流出道严重狭窄以及婴儿期心力衰竭^[10]。

儿童主动脉瓣反流(aortic regurgitation, AR)常在超声心动图检查中被发现,但其很少单独出现,常合并其他畸形。AS 是儿童 AR 的常见病因,其中右无冠瓣融合类型的二叶主动脉瓣畸形常导致严重主动脉瓣关闭不全,关闭不全也常见于 AS 手术后患儿,约 15% 的 AS 患儿在接受主动脉瓣球囊扩张术后可能出现 AR^[11-12]。约 20% 的 AR 患儿同时合并膜部或肺动脉瓣下室间隔缺损,其中 14%~30% 的患儿合并主动脉瓣瓣叶脱垂,进而导致 20%~30% 的患儿发生主动脉瓣关闭不全^[13-15]。因此,对于诊断为室间隔缺损合并主动脉瓣脱垂的患儿应密切观察主动脉瓣功能,必要时尽早修补室间隔缺损。此外,法洛四联症、永存动脉干和结缔组织病变也可导致 AR 的发生。

二、儿童主动脉瓣的外科治疗

儿童主动脉瓣手术是一项技术难度很高的手术。近年来,通过本领域内各位学者多年的研究与经验积累,开始出现一些多中心研究报道^[1-2,16]。然而,由于儿童主动脉瓣病变的复杂性,目前仍然没有一个标准的治疗方案。在过去几十年里,儿童主动脉瓣病变的外科治疗经历了不断的变化与发展,包括从最初的单纯外科成形到 Ross 手术的应用。近年来的趋势是在低龄儿童中采用外科成形手术,在大龄儿童中则推荐使用 Ross 手术。这种变化是基于对不同年龄段患儿特点和需求的理解。儿童主动脉瓣疾病外科治疗策略的选择受多种因素的影响,包括患儿年龄、术者经验和个人偏好等。

(一) 年龄对儿童主动脉瓣病变外科治疗策略的影响

近年,一篇综述总结了不同年龄段儿童主动脉瓣手术的早、中、晚期结局^[16]。在新生儿与婴儿中,主动脉瓣成形的早期死亡率为 3%~4%,晚期存活率为 94%,晚期免于再干预率为 66%;Ross 手术的早期死亡率为 10%~17%,晚期存活率为 79%,晚期免于再干预率为 62%。儿童主动脉瓣成形的早期死亡率为 0.4%~1.8%,晚期存活率为 94%,晚期免于再干预率为 70%;Ross 手术的早期死亡率低于 4%,晚期存活率为 96%,10 年免于再干预率为 90%;瓣膜置换早期的死亡率为 0.5%~13%,晚期存活率为 82%~85%,晚期免于再干预率为 50%~78%。由此可见,在新生儿和婴儿中,主动脉瓣成形的早、晚期存活率优于 Ross 手术,两种手术在晚期再干预率方面持平,提示在这类患儿群体中选择主动脉瓣外科成形术更为合理;而在儿童中,两种手术的早期存活率和再干预率持平,但在远期再干预率上 Ross 手术更佳,提示在儿童中,术者可以在综合评估患儿主动脉瓣病变情况以及个人经验后,选择 Ross 手术治疗儿童主动脉瓣病变。

在新生儿和婴儿中,AS 为主要的主动脉瓣病变类型,以主动脉瓣根部小、瓣叶增厚和交界粘连为主要表现,常见的干预方法包括球囊扩张和外科成形。目前普遍认为,主动脉瓣外科直视下成形术的远期效果优于球囊扩张,而接受球囊扩张的患儿远期再干预率较高^[17-18]。外科成形可以根据患儿主动脉瓣狭窄的形式及位置选择个性化治疗方案,以避免造成其他组织损伤,进而降低远期再干预率,多数情况下以瓣叶交界切开或削薄为主。瓣膜置换(包括生物瓣、机械瓣和 Ross 手术)会增加死亡率及再干预率,其风险程度随着年龄的降低而显著上升,尤其在新生儿和婴儿中,应避免过早进行主动脉瓣置换^[19]。当出现广泛狭窄或成形效果不佳时,可考虑 Ross 手术。在左室流出道狭窄仅限于主动脉瓣水平时,Ross 手术效果较好;当患儿年龄小于 3 个月,合并 Shone 综合征、主动脉弓中断或室间隔缺损时,应优先考虑其他治疗方式;如果左室流出道狭窄不严重,可考虑 3 月龄后再行 Ross 手术^[20]。需要注意的是,远期再干预(包括左室流出道和右室流出道再干预)是 Ross 手术无法避免的问题^[21-22]。目前 Ross 手术在 1 岁以下患儿的治疗结果主要来自单中心、小样本研究,亟需多中心、大样本研究来验证 Ross 手术在新生儿和婴儿群体中的疗效。

在儿童中,随着年龄增长,瓣膜、瓣环及其他器官条件支持多样化的干预方法,包括主动脉瓣成形、Ross 手术和主动脉瓣瓣膜置换等,但仍应以外科主动脉瓣瓣膜成形为主要干预手段,可避免长期服用抗凝药,满

足患儿生长发育需求,延迟换瓣时间^[16,23]。儿童主动脉瓣成形策略需要考虑以下因素:瓣膜耐久性、血液动力学、瓣膜相关并发症以及团队技术熟练度等。目前尚无主动脉瓣的标准化成形方法,不同医疗机构存在选择偏好,常选择团队技术熟练度较高的方法。因此,团队的熟练度是决定主动脉瓣成形效果的关键因素之一^[1,24-25]。除传统的成形方法以外,最近有研究表明,可以使用成形环来对之前接受过主动脉瓣手术的主动脉瓣反流患儿进行瓣膜成形,可有效避免二次手术行瓣膜置换^[26]。此外,还有团队指出,应关注主动脉瓣成形的瓣窦有效高度,应根据患儿体表面积考虑瓣膜成形的有效高度^[27]。总的来说,对于儿童主动脉瓣病变,应避免过早进行瓣膜置换手术。主动脉瓣成形的远期效果通常较为满意,然而,由于主动脉瓣反流患儿常合并其他畸形,病变较为复杂,因此远期需要再次干预的可能性较大。

(二) 主动脉瓣成形与 Ross 手术

在儿童主动脉瓣病变中,主动脉瓣成形和 Ross 手术在远期存活率和再手术率方面没有显著差异。然而,主动脉瓣成形患儿的远期左室流出道再干预率明显高于 Ross 手术患儿。尽管如此,主动脉瓣成形患儿早期并发症、感染性心内膜炎的发生率较低^[28]。

年龄是影响主动脉瓣成形或 Ross 手术决策的一个重要因素。基于儿童的生长发育需求,对于年龄小于 1 岁的患儿,许多中心更倾向于选择瓣膜成形手术;而对于年龄较大的儿童,开展 Ross 手术的比例相对较高^[29]。在小于 1 岁的患儿中,Ross 手术效果在各中心之间存在较大差异,在有经验的医疗中心,10 年存活率可达 97%^[30]。由于在年龄 3 个月以下的患儿中进行 Ross 手术存在较高的死亡率和技术难度,因此可以考虑首先进行主动脉瓣成形手术,以维持左心室功能,并在未来需要二次手术时再进行 Ross 手术。这种策略有助于推迟同种瓣的植入时间,从而降低再次干预的风险。总的来说,对于有经验的医疗中心和外科医师而言,可以尝试在小于 1 岁的患儿中采取 Ross 手术治疗主动脉瓣病变,但仍然推荐外科成形手术作为首选方案^[31-32]。

主动脉瓣病变类型是影响治疗策略的另一个重要因素。对于以狭窄为主的病变,在患儿瓣环相对较小、与肺动脉瓣环相匹配的情况下,Ross 手术可以取得良好的中远期效果^[33-34];然而,当合并二叶主动脉瓣畸形(不包括二叶瓣融合的功能性二瓣化畸形)和关闭不全时,Ross 手术的远期主动脉瓣反流风险明显增加,尽管一些研究表明,在该类患儿行 Ross 手术时对主动脉进行额外加固可以有效降低远期主动脉瓣反流风险,但其效果仍需通过多中心、大样本研究来验证^[34-36]。因此,对于合并二叶主动脉瓣和关闭不全的患儿,可优先考虑主动脉瓣外科成形,延迟主动脉瓣置换时间。

(三) 大龄儿童主动脉瓣病变的治疗策略

在大龄儿童中,主动脉瓣病变的主要类型由狭窄转变为关闭不全或混合畸形。随着年龄的增加,大龄儿童瓣膜发育较婴幼儿期好,生理条件更佳,因此主动脉瓣病变的治疗策略逐渐多样化。Ross 手术在大龄儿童主动脉瓣病变中效果较好,成为多数中心的主要治疗策略^[29]。然而,一项大样本、单中心研究指出,高质量的成形可以显著提高存活率、降低再手术率,达到与 Ross 手术近似的结果^[29]。一项研究指出,对于初次进行主动脉瓣干预的患儿,选择先行 Ross 手术的方案相比于初次成形后再进行 Ross 手术的方案,效果较差;相反,采用先行主动脉瓣成形手术,然后再进行 Ross 手术的方案具有更低的远期死亡率和再干预率^[37]。总的来说,对于有经验的医疗中心,可以选择考虑全生命周期的综合治疗方案,即“先主动脉瓣成形、后 Ross 手术以及最终的瓣膜置换”。然而,对于经验欠缺的医疗中心,可以根据实际情况考虑直接进行 Ross 手术,这样可以简化手术方案,并且在有限的资源和专业技能下提供合适的治疗选择。

(四) 主动脉瓣成形方法的探讨

在 AS 中,对于瓣环和瓣窦发育较好的患儿,交界切开和瓣叶削薄是一种可行的治疗方法,可以获得满意的结果^[17-18]。然而,对于少数主动脉窦管交界和窦发育不良的患儿,需要在交界切开和瓣叶削薄的基础上对一个或两个瓣叶/瓣窦进行加宽,以达到较好的近中期效果^[38]。但这类患儿容易较早出现主动脉瓣关闭不全的问题,需要进行二次手术。在少数合并瓣环发育不良的患儿中,一些中心报道了瓣环加宽和瓣叶成形技术的尝试,但这些结果仍然需要多中心、大样本研究的验证,以评估其远期效果^[39]。

在 AR 中,不同中心采用的成形方法存在较大差异。有些中心采用瓣叶加高的方法,而有些中心则采用 Ozaki 成形技术^[40-41]。然而,在儿童中,瓣膜成形所使用的材料可能是影响手术效果的最关键因素,自体心

包材料被认为优于其他组织材料^[42]。对于儿童而言,目前尚未显示出 Ozaki 技术在瓣叶成形中的明显优势,部分患儿可能会较早出现主动脉瓣关闭不全的问题,因此需要较早进行二次手术。在中国医学科学院阜外医院,单瓣叶或双瓣叶的 Ozaki 成形技术目前取得了较为满意的近中期结果,但远期结果仍需进一步验证。

三、总结

年龄和病变类型是儿童主动脉瓣病变治疗策略的关键因素。对于小于 1 岁的患儿,首选瓣膜外科成形,避免过早换瓣,有经验的中心可在部分患儿中尝试 Ross 手术。在儿童中,主动脉瓣关闭不全在主动脉瓣病变中所占比例上升,瓣膜成形可以取得较为满意的效果,应选择团队技术熟练的成形方法。对于单纯狭窄患儿,Ross 手术可以取得较为满意的中远期效果;对于主动脉瓣关闭不全患儿,可优先考虑外科成形,延迟瓣膜置换的时间。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Kulshrestha K, Greenberg JW, Kennedy JT, et al. National experience with pediatric surgical aortic valve repair: a Pediatric Health Information System analysis[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2024, 167(2): 422-430. DOI: 10.1016/j.jtcvs. 2023. 06. 011.
- [2] Bouhout I, Ba PS, El-Hamamsy I, et al. Aortic valve interventions in pediatric patients[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 31(2): 277-287. DOI: 10.1053/j. semtcvs. 2018. 10. 009.
- [3] Liu CW, Hwang B, Lee BC, et al. Aortic stenosis in children: 19-year experience[J]. Chin Med J, 1997, 59(2): 107-113.
- [4] Dedication[M]//Walsh EP, Mayer JE Jr, Teele SA, et al. Nadas' Pediatric Cardiology. 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 2006; v. DOI: 10.1016/B978-1-4160-2390-6. 50002-7.
- [5] Tutar E, Ekici F, Atalay S, et al. The prevalence of bicuspid aortic valve in newborns by echocardiographic screening[J]. Am Heart J, 2005, 150(3): 513-515. DOI: 10.1016/j. ahj. 2004. 10. 036.
- [6] Basso C, Boschello M, Perrone C, et al. An echocardiographic survey of primary school children for bicuspid aortic valve[J]. Am J Cardiol, 2004, 93(5): 661-663. DOI: 10.1016/j. amjcard. 2003. 11. 031.
- [7] Huntington K, Hunter AG, Chan KL. A prospective study to assess the frequency of familial clustering of congenital bicuspid aortic valve[J]. J Am Coll Cardiol, 1997, 30(7): 1809-1812. DOI: 10.1016/s0735-1097(97)00372-0.
- [8] Michelena HI, Della Corte A, Evangelista A, et al. International consensus statement on nomenclature and classification of the congenital bicuspid aortic valve and its aortopathy, for clinical, surgical, interventional and research purposes[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 162(3): e383-e414. DOI: 10.1016/j. jtcvs. 2021. 06. 019.
- [9] Roberts WC. The congenitally bicuspid aortic valve. A study of 85 autopsy cases[J]. Am J Cardiol, 1970, 26(1): 72-83. DOI: 10.1016/0002-9149(70)90761-7.
- [10] Thota VR, Mookadam F. Unicuspid aortic valve[Z]. 2011.
- [11] Donofrio MT, Engle MA, O'Loughlin JE, et al. Congenital aortic regurgitation: natural history and management[J]. J Am Coll Cardiol, 1992, 20(2): 366-372. DOI: 10.1016/0735-1097(92)90104-u.
- [12] Moore P, Egito E, Mowrey H, et al. Midterm results of balloon dilation of congenital aortic stenosis: predictors of success[J]. J Am Coll Cardiol, 1996, 27(5): 1257-1263. DOI: 10.1016/0735-1097(95)00608-7.
- [13] Saleeb SF, Solowiejczyk DE, Glickstein JS, et al. Frequency of development of aortic cuspal prolapse and aortic regurgitation in patients with sub-aortic ventricular septal defect diagnosed at <1 year of age[J]. Am J Cardiol, 2007, 99(11): 1588-1592. DOI: 10.1016/j. amjcard. 2007. 01. 034.
- [14] Layangool T, Kirawittaya T, Sangtawesin C. Aortic valve prolapse in subpulmonic ventricular septal defect[J]. J Med Assoc Thai, 2003, 86(Suppl 3): S549-S555.
- [15] Mori K, Matsuoka S, Tatara K, et al. Echocardiographic evaluation of the development of aortic valve prolapse in supracristal ventricular septal defect[J]. Eur J Pediatr, 1995, 154(3): 176-181. DOI: 10.1007/BF01954266.
- [16] Buratto E, Konstantinov IE. Aortic valve surgery in children[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 161(1): 244-250. DOI: 10.1016/j. jtcvs. 2020. 06. 145.
- [17] Siddiqui J, Brizard CP, Galati JC, et al. Surgical valvotomy and repair for neonatal and infant congenital aortic stenosis achieves better results than interventional catheterization[J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 62(22): 2134-2140. DOI: 10.1016/j. jacc. 2013. 07. 052.
- [18] Vergnat M, Asfour B, Arenz C, et al. Aortic stenosis of the neonate: a single-center experience[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 157(1): 318-326. e1. DOI: 10.1016/j. jtcvs. 2018. 08. 089.
- [19] Sharabiani MTA, Dorobantu DM, Mahani AS, et al. Aortic valve replacement and the Ross operation in children and young adults[J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 67(24): 2858-2870. DOI: 10.1016/j. jacc. 2016. 04. 021.
- [20] Cleveland JD, Bansal N, Wells WJ, et al. Ross procedure in neonates and infants: a valuable operation with defined limits[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2023, 165(1): 262-272. e3. DOI: 10.1016/j. jtcvs. 2022. 04. 015.
- [21] Mookhoek A, Charitos EI, Hazekamp MG, et al. Ross procedure in neonates and infants: a European multicenter experience[J]. Ann Thorac Surg, 2015, 100(6): 2278-2284. DOI: 10.1016/j. athoracsur. 2015. 08. 008.

- [22] Bansal N, Kumar SR, Baker CJ, et al. Age-related outcomes of the Ross procedure over 20 years[J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99(6):2077-2085. DOI:10.1016/j.athoracsur.2015.02.066.
- [23] Notenboom ML, Rhellab R, Etnel JRG, et al. Aortic valve repair in neonates, infants and children; a systematic review, meta-analysis and microsimulation study[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2023, 64(3):ezad284. DOI:10.1093/ejcts/ezad284.
- [24] Zhu YJ, Woo YJ. Cusp repair techniques in bicuspid and tricuspid aortic valves[J]. *JTCVS Tech*, 2021, 7:109-116. DOI:10.1016/j.xjtc.2021.01.029.
- [25] Svensson LG. The art of aortic valve repair[J]. *JTCVS Tech*, 2021, 7:121-125. DOI:10.1016/j.xjtc.2021.01.030.
- [26] Lancaster TS, Romano JC, Si MS, et al. Aortic valve repair using geometric ring annuloplasty in pediatric and congenital heart disease patients[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 166(2):294-303. DOI:10.1016/j.jtcvs.2022.10.017.
- [27] Bouhout I, Chauvette V, Rong W, et al. The normal aortic valve leaflets effective height in pediatric patients; a guide to aortic valve repair[J]. *JTCVS Tech*, 2021, 8:135-137. DOI:10.1016/j.xjtc.2021.05.010.
- [28] Danial P, Neily A, Pontallier M, et al. Ross procedure or complex aortic valve repair using pericardium in children; a real dilemma[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 163(3):1180-1191. e6. DOI:10.1016/j.jtcvs.2021.02.093.
- [29] Zhu MZL, Konstantinov IE, Wu DM, et al. Aortic valve repair versus the Ross procedure in children[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 166(5):1279-1288. e1. DOI:10.1016/j.jtcvs.2023.03.028.
- [30] Luxford JC, Ayer JG, Betts K, et al. The Ross/Ross-Konno procedure in infancy is a safe and durable solution for aortic stenosis[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 163(2):365-375. DOI:10.1016/j.jtcvs.2021.06.066.
- [31] Buratto E, Konstantinov IE. Commentary: aortic valve surgery in children; repair now, Ross procedure later[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 163(3):1193-1194. DOI:10.1016/j.jtcvs.2021.03.064.
- [32] Chen JM. Commentary: Ross for all and all for Ross? [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 165(1):273-274. DOI:10.1016/j.jtcvs.2022.04.020.
- [33] Ivanov Y, Drury NE, Stickley J, et al. Strategies to minimise need for prosthetic aortic valve replacement in congenital aortic stenosis-value of the Ross procedure[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 32(3):509-519. DOI:10.1053/j.semtcvs.2020.02.015.
- [34] David TE, David C, Woo A, et al. The Ross procedure; outcomes at 20 years[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(1):85-93. DOI:10.1016/j.jtcvs.2013.08.007.
- [35] Skillington PD, Mokhles MM, Takkenberg JJM, et al. The Ross procedure using autologous support of the pulmonary autograft: techniques and late results[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(2 Suppl):S46-S52. DOI:10.1016/j.jtcvs.2014.08.068.
- [36] Riggs KW, Colohan DB, Beachler DR, et al. Mid-term outcomes of the supported Ross procedure in children, teenagers, and young adults[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 32(3):498-504. DOI:10.1053/j.semtcvs.2019.10.020.
- [37] Buratto E, Wallace FRO, Fricke TA, et al. Ross procedures in children with previous aortic valve surgery[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76(13):1564-1573. DOI:10.1016/j.jacc.2020.07.058.
- [38] Chiu P, Chávez M, Zubair MM, et al. Symmetric bicuspidizing repair for patients with congenital aortic or truncal valve disease[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 166(2):283-291. DOI:10.1016/j.jtcvs.2022.10.015.
- [39] Marathe SP, Chávez M, Sleeper LA, et al. Modified Ozaki procedure including annular enlargement for small aortic annuli in young patients[J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110(4):1364-1371. DOI:10.1016/j.athoracsur.2020.04.025.
- [40] d'Udekem Y, Siddiqui J, Seaman CS, et al. Long-term results of a strategy of aortic valve repair in the pediatric population[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 145(2):461-469. DOI:10.1016/j.jtcvs.2012.11.033.
- [41] Baird CW, Cooney B, Chávez M, et al. Congenital aortic and truncal valve reconstruction using the Ozaki technique; short-term clinical results[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 161(5):1567-1577. DOI:10.1016/j.jtcvs.2020.01.087.
- [42] Konstantinov IE, Naimo PS, Buratto E. Commentary: Ozaki valve reconstruction in children; is it still a valve replacement? [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 161(5):1579-1581. DOI:10.1016/j.jtcvs.2020.02.030.

(收稿日期:2024-04-19)

本文引用格式: 李守军, 何奇彧. 儿童主动脉瓣病变的外科治疗进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2024, 23(7):601-605. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202406065-001.

Citing this article as: Li SJ, He QY. Advances in surgical treatment of pediatric aortic valve diseases[J]. *J Clin Ped Sur*, 2024, 23(7):601-605. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202406065-001.