

主动脉缩窄合并少见畸形诊治进展

商爱¹ 董静² 谢小均³ 白娇²

(1. 西南医科大学, 四川 泸州 646000; 2. 西南医科大学附属医院放射科, 四川 泸州 646000; 3. 西南医科大学附属医院心脏大血管外科, 四川 泸州 646000)

【摘要】 主动脉缩窄是一种先天性心脏病, 其可合并其他心脏畸形, 最常见的为室间隔缺损, 早治疗可降低患儿死亡率, 治疗方案的选择有赖于准确诊断。诊断时, 易发现常见畸形而忽略少见畸形, 现对主动脉缩窄合并颅内动脉瘤、心肌致密化不全等少见畸形的诊治进展进行综述。

【关键词】 主动脉缩窄; 少见畸形; 诊治

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.08.015

Diagnosis and Treatment for Rare Complications of Coarctation of Aortic

SHANG Ai¹, DONG Jing², XIE Xiaojun³, BAI Jiao²

(1. Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan, China; 2. Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China; 3. Department of Cardiovascular Surgery, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan, China)

【Abstract】 Coarctation of aorta is a congenital heart disease, always associated with other cardiac malformations. Ventricular septal defect is the most common. Early treatment can reduce the mortality of children. The choice of treatment depends on accurate diagnosis. It is easy to find common malformations while ignoring rare ones. This review aims to describe the advances of diagnosis and treatment of rare malformations, such as intracranial aneurysm, noncompaction of the ventricular myocardium.

【Key words】 Coarctation of aorta; Rare malformations; Diagnosis and treatment

主动脉缩窄 (coarctation of aorta, CoA) 是一种先天性心脏病, 占先天性心脏病 6%~8%^[1]。CoA 是指在动脉导管附近主动脉局限性狭窄, 大多数 CoA 发生在主动脉峡部。许多学者认为 CoA 的发病机制是胎儿期主动脉和肺动脉血流量失衡, 大部分血流经肺动脉和动脉导管, 通过峡部的血流少, 而导致主动脉峡部缩窄。根据是否合并其他心脏或血管畸形, CoA 分为单纯型和复杂型。单纯型较少见, 多发现于成人, 以高血压为主要症状, 血管内介入治疗适合该型^[1]; 复杂型较多见, 常合并其他先天性心脏病。复杂型 CoA 的临床表现主要取决于合并畸形的情况。儿童期后未经治疗的 CoA 患者的平均生存年龄为 34 岁, 死亡原因通常为充血性心力衰竭、主动脉夹层、心内膜炎和颅内出血^[2], 所以早期诊断非常重要。根据患者年龄、CoA 情况及其合并症, 选择合适的手术方式, 治疗预后取决于病情轻重及治疗的早晚, 而早期治疗依赖于早期准确的诊断。国内外关于 CoA 合并常见畸形

的报道较多如动脉导管未闭、室间隔缺损和二尖瓣狭窄等^[3-4]。以下将对一些 CoA 合并少见畸形进行综述。

1 CoA 合并少见畸形

1.1 CoA 合并颅内动脉瘤

CoA 约 10% 合并颅内动脉瘤, 主动脉疾病患者的颅内动脉瘤患病率是普通人群的 4 倍, 提示主动脉疾病患者应考虑早期进行颅内动脉瘤筛查, 以便及时诊断和治疗^[5]。颅内动脉瘤一般无症状, 一旦破裂造成严重后果, 所以提前筛查很有必要。但 Donti 等^[6]用磁共振血管成像 (magnetic resonance angiography, MRA) 检查了 60 例经 CoA 治疗后的儿童, 未发现颅内动脉瘤, 他们表示可能和早期治疗有关, 考虑 CoA 导致颅内动脉瘤的两个可能原因是: (1) 血管发育异常; (2) 可改变的危险因素, 主要是高血压。Cook 等^[7]采用计算机体层血管成像 (computed tomography angiography, CTA) 对患有 CoA 的成年人进行的筛查证

基金项目: 2019 年校级大学生创新创业训练计划项目 (2019432)

通信作者: 白娇, E-mail: baijiao77@163.com

实了颅内动脉瘤患病率的增加,并表示年龄是成人 CoA 患者患颅内动脉瘤的危险因素。虽然数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是诊断和评估颅内动脉瘤的金标准,但由于难以获得具有复杂颅内动脉瘤的理想图像,并且假阴性率为 5%~10%,发生神经系统并发症的风险为 0.4%~0.5%,穿刺相关并发症风险为 1%,所以并不常用。CTA 是一种快速、无创技术,且可进行三维成像,CTA 的敏感性和特异性分别为 92.2% 和 97.9%^[7]。2008 年 ACC/AHA 制定的《成人先天性心脏病治疗指南》建议^[7],成人 CoA 患者至少要接受一次颅内血管的影像学评估[计算机断层扫描(computed tomography, CT)或磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)]。对于 CoA 合并颅内动脉瘤,虽然 DSA 为金标准,但为有创检查,MRA 对颅内动脉瘤敏感性为 97%,特异性为 100%,且无辐射,诊断颅内动脉瘤更具优势。

Curtis 等^[8]报道的 CoA 患者虽然颅内动脉瘤发病率高,但大多数都很小,而且破裂的风险很低,动脉瘤平均直径为 4.0 mm。Curtis 等^[8]表示对于筛选出的颅内动脉瘤进行介入治疗是否合适,只有进一步的研究才能阐明,其更加强调治疗 CoA 合并颅内动脉瘤危险因素的重要性。Connolly 等^[9]有着不同的观点,其认为 CoA 患者(平均年龄为 25 岁)的颅内动脉瘤破裂发生时间早于无 CoA 患者(平均年龄为 50~54 岁),CoA 合并颅内动脉瘤的患者,动脉瘤破裂导致的死亡率可能比无 CoA 的患者高(50%~75%);但同样对于很小动脉瘤的处理都是保守治疗。颅内动脉瘤患者的最佳治疗是基于对保守治疗的风险和手术夹闭或弹簧圈栓塞风险的仔细比较;对于直径>10 mm 的未破裂颅内动脉瘤进行干预有着较高效益,在初步回顾中,弹簧圈栓塞可能比手术夹闭更有优势。对于 CoA 合并颅内动脉瘤的治疗,颅内动脉瘤的处理可根据动脉瘤大小位置等判断破裂可能性,由于及时筛查的原因,许多动脉瘤较小,可保守治疗,主要治疗高血压。若动脉瘤大则使用介入或手术夹闭治疗,外科治疗虽为颅内动脉瘤治疗的金标准,但手术风险和并发症高于介入治疗。

1.2 CoA 合并部分性肺静脉异位引流

部分性肺静脉异位引流(partial anomalous pulmonary venous connection, PAPVC)是指部分肺静脉未直接引流至左心房,而是直接或间接经体静脉流入右心系统,总体发病率为 0.4%~0.7%,往往合并房间隔缺损^[10]。超声心动图是诊断 PAPVC 的首选方法,且 PAPVC 常合并房间隔缺损,超声心动图对心内畸形更有优势,但由于声窗有限,可能漏诊^[11]。CoA 与 PAPVC 的联系及机制尚未清楚。Mei 等^[12]报道了

1 例 CoA 合并 PAPVC 患者,1 例 5 岁女孩因上肢高血压入院;常规超声心动图显示 CoA,通过 CT 得到证实,并且 CT 显示其左上肺静脉流入垂直静脉。由于超声心动图简便和低成本等优势常为首选检查方法,但 CT 对 CoA 及 PAPVC 的检出率更高,可同时显示体循环和肺循环的血管,对心外血管结构显示更有优势,三维重建可直观血管形态、走向及解剖特点,所以 CoA 合并 PAPVC 的诊断需二者结合。

PAPVC 的治疗方法很多,如单片法和 Warden 手术等,都是在全麻开胸体外循环下行矫治改道引流手术。Mei 等^[12]采用全麻开胸,端端吻合修复 CoA,分离异常连接的左上肺静脉,与左心耳连接缝合。Al Qbandi 等^[13]报道了 1 例介入治疗 CoA 合并 PAPVC 病例,但需满足患者为大龄儿童或成人,异常肺静脉经左心房和体静脉双引流;本病例为 1 例 12 岁男性检查出高血压后,经超声心动图发现 CoA 合并 PAPVC,该患者采用支架治疗 CoA,Amplatzer 封堵器栓塞异常肺静脉。Mamas 等^[14]也有相似报道,对 1 例 26 岁男性患者采用覆膜支架治疗 CoA,Amplatzer 封堵器阻塞部分异位引流的肺静脉。CoA 合并 PAPVC 一般采用外科手术治疗,CoA 矫治术同期行 PAPVC 矫治术,若有房间隔缺损,则同期行房间隔缺损修补术。在满足特定条件下,可采用术后并发症少的介入治疗。

1.3 永存第五主动脉弓缩窄

永存第五主动脉弓是一种十分罕见的先天性心脏畸形,由 1969 年 van Praagh 等^[15]首次报道。而永存第五主动脉弓缩窄更加罕见,据相关报道,永存第五主动脉弓患者中 38% 的病例合并 CoA^[16]。Kim 等^[16]报道了 1 例婴儿永存第五主动脉弓伴缩窄,该病例还合并动脉导管未闭、房间隔缺损和室间隔缺损,为复杂先天性心脏病;其超声心动图和 CT 三维重建都显示永存第五主动脉弓缩窄。Tittel 等^[17]报道了 1 例更加罕见的永存第五主动脉弓缩窄伴第四主动脉弓离断,超声心动图显示“上”主动脉弓分支正常,末端为盲端,“下”主动脉弓与降主动脉相连,并伴有缩窄,CT 证实永存第五主动脉弓缩窄伴第四主动脉弓离断。由于该病可合并其他心内畸形,首选超声心动图,诊断时应注意到双弓的存在,再仔细筛查心内畸形和缩窄情况;CT 不易漏诊,后处理后可直观显示缩窄和离断情况。

Kim 等^[16]选择的手术方式是将第五主动脉弓缩窄段切除,降主动脉与第五主动脉弓直接端端吻合,术后 CTA 显示吻合口通畅。Tittel 等^[17]采用的手术方式为切除缩窄,扩大端端吻合,也表明成人可考虑介入治疗。秦广宁等^[18]的病例为 Weinberg 分型中的 B 型,采用的是心包补片主动脉弓成形术。准确分型有

助于治疗方案的选择,手术方式选择将第五主动脉弓缩窄段切除,降主动脉与第五主动脉弓直接吻合或行主动脉弓成形术,介入治疗对于成人患者也可考虑,对于缩窄段的处理和常规 CoA 相似,但该病多为复杂畸形,处理多复杂,尽量一期处理各心脏畸形。

1.4 CoA 合并左心室心肌致密化不全

心肌致密化不全是一种病因不明的心肌异常,以心室内异常粗大的肌小梁和交错的深隐窝为特征,最常见于左心室心尖部^[19]。CoA 患者中左心室心肌致密化不全(left ventricular noncompaction, LVNC)的患病率为 3%^[20]。CoA 合并 LVNC 可能机制是压力超负荷作为一种诱发因素,使具有 LVNC 遗传易感的患者出现征象^[21]。Myers 等^[22]报道了 1 例 15 岁女性患者因心力衰竭发现 CoA 合并 LVNC,超声心动图显示左室扩张,心尖部有肌小梁形成且小梁间充满血流信号,主动脉弓发育不良并伴有峡部缩窄,MRI 证实 LVNC 及 CoA。Bonou 等^[21]报道了 1 例 33 岁女性患者,超声心动图和心脏 MRI 显示左室心肌双层,致密层薄,非致密层厚,心尖可见粗大的小梁,MRI 显示主动脉峡部缩窄。超声心动图是 CoA 合并 LVNC 的首选检查方式,可特异性地显示心肌结构特点,也可发现 CoA,但 MRI 对心肌致密化不全有更好的敏感性(86%)和特异性(99%),可用于超声诊断不明确的情况,在鉴别心肌致密化不全和其他心肌病时 MRI 也更有优势^[23],且 MRI 对 CoA 的准确性也更高。

Myers 等^[22]表示考虑到致密化不全的心肌更易缺血的风险,所以在修复 CoA,进行体外循环时,尽量减少体外循环时间和心肌损伤;病例采用升主动脉-降主动脉旁路术,对于复杂缩窄并伴有心血管或心肌疾病的患者,解剖外转流是一种良好的单阶段方法,可缩短缺血时间,并提供更好的成功退出体外循环的机会。Karatza 等^[24]在患儿出生后第 4 天进行 CoA 手术矫正,术后开始服用卡托普利和速尿;3 个月大时,患儿出现了心力衰竭的症状,治疗改为卡托普利、卡维地洛、速尿和螺内酯,主动脉峡部再狭窄,球囊血管成形术成功解除,卡维地洛和卡托普利维持治疗。Parra-Ordóñez 等^[25]由于患者为成人,所以采用的 CoA 治疗方法为 Palmaz 支架进行介入治疗。对于 CoA 合并 LVNC 的患者,应先治疗 CoA,在治疗 CoA 时,应考虑心肌致密化不全对于手术的风险及预后不良,对于 CoA 合并 LVNC 的相关性需进一步研究,两者是否会加快病情进展还需探讨,但心血管异常的修复似乎可改善左心室功能,修复 CoA 后,密切监测血压和心室功能,进行血压的控制和心力衰竭、心率失常等的对症治疗。

1.5 CoA 合并三尖瓣下移畸形

三尖瓣下移畸形是一种罕见的先天性心脏畸形,1866 年 Ebstein 首次报道,故也称 Ebstein 畸形,患病率为 0.5%,该畸形的特征为三尖瓣向右心室移位,形成“房化右心室”,CoA 合并三尖瓣下移畸形十分罕见,大多发生于心室与大动脉连接一致的情况,可能机制是胎儿期升主动脉顺行血流较低^[26]。Ebaid 等^[26]报道了 3 例 CoA 合并 Ebstein 畸形患者。1 例 7 月龄婴儿既往有呼吸困难史,出生后 10 d 发现心脏杂音,超声心动图显示 Ebstein 畸形及 CoA。1 例 4 岁男性患者,超声心动图显示 CoA 及三尖瓣中度反流。1 例 14 岁男性青少年,在 2 个月大时发现心脏杂音,被诊断为 CoA,血管造影显示降主动脉起始部中度缩窄,6 岁时采用端端吻合术修复 CoA;现超声心动图显示 Ebstein 畸形伴中度三尖瓣反流,主动脉成形术有效,缩窄矫正部位无压力梯度,血管造影证实 Ebstein 畸形。Mishra 等^[27]报道了 1 例 24 岁年轻男性患者,表现为进行性呼吸困难,超声心动图显示三尖瓣隔瓣下移,三尖瓣重度反流,CTA 证实存在严重 CoA。三尖瓣下移畸形为心内畸形,超声心动图可很好地显示病变,具有较低的成本以及高时间、空间分辨率的实时评价,使其成为最常用的方法;心脏 MRI 可更准确量化右心大小和功能,有助于确定特定患者的治疗策略^[28],且显示 CoA 优于超声心动图,作为补充检查方式。

Ebaid 等^[26]报道的 3 例 CoA 合并 Ebstein 畸形都进行了 CoA 的矫治,其中 2 例由于纠正 CoA 后,心脏功能障碍轻微,所以对 Ebstein 畸形采用保守治疗,只有那例 14 岁男性采用 DeVega 三尖瓣成形术,因为单纯手术治疗缩窄无法有效改善心脏功能。Mishra 等^[27]报道的患者由于存在明显的心内异常,需进行胸骨正中切开术对 CoA 及 Ebstein 畸形进行矫治,采用升主动脉-降主动脉旁路移植术修复 CoA,同期行三尖瓣成形术,这种手术的优点包括同时修复 CoA 及 Ebstein 畸形,避免对缩窄段进行操作。对于 CoA 合并 Ebstein 畸形的治疗可采用各自的手术方式结合使用,手术方式的选择不仅取决于缩窄的类型,还取决于一些其他因素,如是否合并多种畸形、患者年龄及外科医生的偏好等,因此,很难找到一种理想的外科手术方式,应采用个体化治疗,选择适宜的术式,也可根据心脏功能影响情况对 Ebstein 畸形进行保守治疗。

2 总结与展望

CoA 合并少见并发症可分为心外畸形及心内畸形,多篇报道^[29]表示 CTA 在显示 CoA 等心外畸形及侧支循环方面均优于超声心动图,而对于一些心内畸形及心瓣膜显示不如超声心动图。但无论 CoA 合并

何种畸形,考虑先天性心脏病都应首选超声心动图,尤其适用于婴儿,其胸壁薄,成像较好,且无辐射;而对于并发心外大血管异常为主的 CoA,如 PAPVC 等,需行 CTA 以降低漏诊率。部分畸形还可采用 MRI 作为补充检查手段,如 LVNC 等。所以在诊断复杂 CoA 时应多种影像诊断方法结合,才不易发生漏诊和误诊,这对指导临床制定合理的手术方案及随访具有重要的意义。实现低漏诊率,首先应想到各种可能合并的畸形,即使少见也应考虑,各医院需积极培养诊断医师的能力,尤其是超声医师技术对诊断有很大影响。

对于 CoA 的治疗方法可有多种^[30]。目前,外科手术策略已从以往的分期手术转变为经胸骨正中切口完全一期手术。解剖外旁路术是一种可通过胸骨正中切口对缩窄伴随心脏畸形进行一期修复的策略^[31]。随着介入技术的发展,由于其并发症少,死亡率低的优势,血管内治疗被逐渐应用,尤其适用于成人。即使有多种心脏病变的患者,在决定手术治疗方法之前,也应与外科医生讨论考虑介入治疗方案,并且应考虑其合并畸形对手术的影响及预后。未来还需医务工作者不断探索,采用术后并发症少、死亡率低、狭窄率低和远期疗效好的治疗方案。

参考文献

- [1] Kim YY, Andrade L, Cook SC. Aortic Coarctation [J]. *Cardiol Clin*, 2020, 38 (3):337-351.
- [2] Alkashkari W, Albugami S, Hijazi ZM. Management of coarctation of the aorta in adult patients: state of the art [J]. *Korean Circ J*, 2019, 49 (4):298-313.
- [3] Lu CW, Wang JK, Chang CI, et al. Noninvasive diagnosis of aortic coarctation in neonates with patent ductus arteriosus [J]. *J Pediatr*, 2006, 148 (2):217-221.
- [4] 张凯, 邓喜成, 罗金文, 等. 新生儿主动脉缩窄合并室间隔缺损 27 例一期手术矫治效果分析 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2020, 19 (1):69-73.
- [5] Yu X, Xia L, Jiang Q, et al. Prevalence of intracranial aneurysm in patients with aortopathy: a systematic review with meta-analyses [J]. *J Stroke*, 2020, 22 (1):76-86.
- [6] Donti A, Spinardi L, Brighenti M, et al. Frequency of intracranial aneurysms determined by magnetic resonance angiography in children (mean age 16) having operative or endovascular treatment of coarctation of the aorta (mean age 3) [J]. *Am J Cardiol*, 2015, 116 (4):630-633.
- [7] Cook SC, Hickey J, Maul TM, et al. Assessment of the cerebral circulation in adults with coarctation of the aorta [J]. *Congenit Heart Dis*, 2012, 8 (4):289-295.
- [8] Curtis SL, Bradley M, Wilde P, et al. Results of screening for intracranial aneurysms in patients with coarctation of the aorta [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2012, 33 (6):1182-1186.
- [9] Connolly HM, Huston J, Brown RD, et al. Intracranial aneurysms in patients with coarctation of the aorta: a prospective magnetic resonance angiographic study of 100 patients [J]. *Mayo Clin Proc*, 2003, 78 (12):1491-1499.
- [10] Pisola D, Bifulco V. Left partial anomalous pulmonary venous connection (PAPVC), a rare pulmonary venous variant [J]. *Radiol Case Rep*, 2020, 15 (12):2515-2518.
- [11] Morishita A, Hagino I, Tomioka H, et al. Novel technique of repairing right partial anomalous pulmonary venous connection with intact atrial septum using in situ interatrial septum as a flap in a 68-year-old woman: a case report [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2020, 15 (1):269.
- [12] Mei FY, Bai ZX, Hu ZB, et al. Rare association of two cardiovascular malformations successfully corrected in a single surgery: a case report [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2017, 12 (1):58.
- [13] Al Qbandi M, Thinakar Vel M. Transcatheter therapy of partial anomalous pulmonary venous connection with dual drainage and coarctation of the aorta in a single patient [J]. *J Saudi Heart Assoc*, 2018, 30 (4):311-315.
- [14] Mamas MA, Clarke B, Mahadevan VS. Percutaneous treatment of dual pulmonary venous drainage and coarctation of the aorta in a single patient [J]. *Exp Clin Cardiol*, 2010, 15 (1):11-13.
- [15] van Praagh R, van Praagh S. Persistent fifth arterial arch in man: congenital double-lumen aortic arch [J]. *Am J Cardiol*, 1969, 24 (2):279-282.
- [16] Kim SH, Choi ES, Cho S, et al. Persistent fifth aortic arch with coarctation [J]. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 49 (1):39-41.
- [17] Tittel P, Kaldararova M, Olejnik P, et al. Interruption of the fourth aortic arch and a persistent fifth aortic arch with coarctation: a rare morphological finding [J]. *Kardiol Pol*, 2015, 73 (2):131.
- [18] 秦广宁, 吴涛, 魏丹, 等. 婴儿永存第五主动脉弓伴缩窄合并第四动脉弓离断一例 [J]. *中华小儿外科杂志*, 2018, 39 (8):624-626.
- [19] Finsterer J, Stöllberger C, Towbin JA. Left ventricular noncompaction cardiomyopathy: cardiac, neuromuscular, and genetic factors [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2017, 14 (4):224-237.
- [20] Stöhli BE, Gebhard C, Biaggi P, et al. Left ventricular non-compaction: prevalence in congenital heart disease [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 167 (6):2477-2481.
- [21] Bonou M, Papadimitraki ED, Alexopoulos N, et al. Late appearance of left ventricular non-compaction in a patient with aortic coarctation and bicuspid aortic valve [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2016, 32 (5):741-742.
- [22] Myers PO, Tissot C, Cikirikcioglu M, et al. Complex aortic coarctation, regurgitant bicuspid aortic valve with VSD and ventricular non-compaction: a challenging combination [J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 59 (5):313-316.
- [23] Bavishi A, Lima K, Choudhury L. A new diagnosis of left ventricular non-compaction in a patient presenting with acute heart failure [J]. *J Radiol Case Rep*, 2018, 12 (7):10-15.
- [24] Karatza A, Mylonas KS, Tzifa A. Left ventricular non-compaction in a child with bicuspid aortic valve and aortic coarctation [J]. *Cardiol Young*, 2019, 29 (9):1208-1210.
- [25] Parra-Ordoñez NA, Avila-Vanzini N, Espinola-Zavaleta N. Left ventricular non-compaction associated with bicuspid aortic valve and aortic coarctation [J]. *Arch Cardiol Mex*, 2018, 88 (5):507-508.
- [26] Ebaid M, Azeka E, Ikari NM, et al. Ebstein's anomaly with coarctation of the aorta. An unusual association [J]. *Arq Bras Cardiol*, 1999, 73 (2):219-224.
- [27] Mishra AK, Barwad P, Bansal V, et al. Ebstein's anomaly of tricuspid valve with aortic stenosis and coarctation of aorta: successful single-stage repair of a rare adult congenital heart disease [J]. *J Card Surg* 2020, 35 (11):3160-3165.
- [28] Lianza AC, Rodrigues ACT, Mercer-Rosa L, et al. Right ventricular systolic function after the cone procedure for Ebstein's anomaly: comparison between echocardiography and cardiac magnetic resonance [J]. *Pediatr Cardiol*, 2020, 41 (5):985-995.
- [29] Sebastià C, Quiroga S, Boyé R, et al. Aortic stenosis: spectrum of diseases depicted at multisession CT [J]. *Radiographics*, 2003, 23:S79-S91.
- [30] Torok RD, Campbell MJ, Fleming GA, et al. Coarctation of the aorta: management from infancy to adulthood [J]. *World J Cardiol*, 2015, 7 (11):765-775.
- [31] Ge YP, Li CN, Cheng LJ, et al. One-stage repair of adult aortic coarctation and concomitant cardiac diseases: ascending to abdominal aorta extra-anatomical bypass combined with cardiac surgery [J]. *Heart Lung Circ*, 2019, 28 (11):1740-1746.

收稿日期:2021-01-20