

DOI:10.3969/j.issn.1673-5501.2009.01.004

完全性大动脉错位动脉转位术后新主肺动脉发育的随访

孙 勇¹ 谈卫强² 贾 兵² 黄国英²

摘要 目的 报道应用动脉转位术(ASO)治疗完全性大动脉错位(TGA)术后超声心动图的随访结果,评价TGA术后主、肺动脉的发育情况。**方法** 以2001年3月至2007年3月于复旦大学附属儿科医院心血管中心实施ASO治疗TGA术后存活患儿作为研究对象,于2008年8~9月进行随访,行超声心动图检查,测定新主动脉根部内径、新主动脉瓣环内径、新肺动脉内径和新肺动脉瓣环内径,获取的数据与正常参考值做比较。**结果** 研究期间ASO治疗TGA患儿共72例,术中死亡6/72例(8.3%),存活率为91.7%。失访10/66例,有效数据56例,其中室间隔完整的完全性TGA(TGA/IVS)32例,完全性TGA合并室间隔缺损(TGA/VSD)24例。随访距手术18~168(86.46±23.51)个月。新主动脉根部内径为(16.97±2.71)mm($t=6.936, P<0.001$),12/56例(21.4%)>正常参考值90%CI的上限,44/56例(78.6%)在正常参考值90%CI内,平均Z值为1.10±0.70。新主动脉瓣环内径为(16.27±2.38)mm($t=4.52, P<0.001$),56例均在正常参考值90%CI内,平均Z值为0.66±0.65。新肺动脉内径为(14.29±1.92)mm($t=-3.2, P=0.005$),40/56例(71.4%)在正常参考值90%CI内,16/56例(28.6%)<正常参考值90%CI的下限,平均Z值为-0.95±1.33。新肺动脉瓣环内径为(14.00±1.92)mm($t=0.132, P=0.897$),42/56例(75.0%)在正常参考值90%CI内,14/56例(25.0%)<正常参考值90%CI的下限,平均Z值为0.05±1.85。16/56例(28.6%)存有主动脉瓣轻度反流,均为TGA/VSD病例,平均随访(46.0±22.2)个月;40/56例(71.4%)未见主动脉瓣反流,平均随访(46.8±25.3)个月,两组随访时间差异无统计学意义($P=0.899$)。随访中未见主动脉狭窄病例。肺动脉瓣上狭窄7/56例(12.5%),2/56例(3.6%)为轻度狭窄,5/56例(8.9%)为极轻度狭窄。**结论** 目前在复旦大学附属儿科医院心血管中心开展ASO治疗TGA术后新主动脉根部和瓣环内径均有所扩张,新肺动脉根部内径有所缩减,但其瓣环发育良好。主动脉瓣反流常见于TGA/VSD病例,但其反流程度较轻。肺动脉瓣上狭窄是TGA术后常见的并发症,但大多数病例狭窄程度极轻。

关键词 完全性大动脉错位; 动脉转位术; 超声心动图; 随访

Mid-term follow-up outcome of the neo-aorta and neo-pulmonary artery in patients after arterial switch operation for transposition of the great arteries

SUN Yong¹, TAN Wei-qiang², JIA Bing², HUANG Guo-ying² (1 Department of Cardiovascular Center, Affiliated Hospital of Ocean University of China, Qingdao 266071, China; 2 Department of Cardiovascular Center, Children's Hospital of Fudan University, Shanghai 201102, China)

Corresponding Author: JIA Bing, E-mail: jiabing26@hotmail.com

Abstract Objective To evaluate the development of the great arteries after arterial switch operation (ASO) for transposition of the great arteries (TGA). **Methods** From March 2001 to March 2007, we carried out ASO for 72 cases with TGA or Taussig-Bing anomaly in the cardiovascular center of Children's Hospital of Fudan University. Patients were follow-up by using echocardiography after ASO. The size of the great arteries in TGA patients after ASO was compared with normals. **Results** 72 cases diagnosed as TGA were undergoing ASO, 6 cases were death during the ASO, 10 cases were loss of follow-up, 32 cases of TGA with intact ventricular septum (TGA/IVS) and 24 cases of TGA with ventricular septum defect (TGA/VSD) ($n=24$) were evaluated at (86.46±23.51)m (from 18 to 168 months) after ASO by using echocardiography. The diameter of neo-aortic root was from 13.8 mm to 26.4 mm (16.97±2.71) and the mean Z score of it was 1.10±0.70 ($t=6.936, P<0.001$). There were 12 cases (21.4%) with diameter of neo-aortic root beyond 90% confidence interval for controls and 44 cases (78.6%) within 90% confidence interval for controls. The diameter of neo-aortic valve annulus was from 12.9 mm to 23.3 mm (16.27±2.38) mm and

作者单位 1 中国海洋大学附属医院心血管中心 青岛,266071;2 复旦大学附属儿科医院心血管中心 上海,201102

通讯作者 贾兵, E-mail: jiabing26@hotmail.com

the mean Z score of diameter of it was 0.66 ± 0.65 ($t = 4.52, P < 0.001$). All of these 56 cases with diameter of neo-aortic valve annulus were within 90% confidence interval for controls. The diameter of pulmonary artery was from 10.6 mm to 17.0 mm (14.29 ± 1.92) mm and the mean Z score of it was -0.95 ± 1.33 ($t = -3.2, P = 0.005$). There were 16 cases (28.6%) with diameter of pulmonary artery below 90% confidence interval for controls and 40 cases (71.4%) within 90% confidence interval for controls. The diameter of pulmonary valve annulus was from 10.5 mm to 16.0 mm (14.00 ± 1.92) mm and the mean Z score of it was 0.05 ± 1.85 ($t = 0.132, P = 0.897$). There were 14 cases (25.0%) with diameter of pulmonary valve annulus below 90% confidence interval for controls and 42 cases (75.0%) within 90% confidence interval for controls. Mild aortic regurgitation was observed in 16 cases (28.6%) and there was no relation with the interval time of follow-up ($P = 0.899$). Neo-aortic stenosis was not found. Trivial mild and mild supravalvular pulmonary stenosis occurred in 5 cases (8.9%) and 2 cases (3.6%) respectively.

Conclusions Mid-term follow-up outcome after ASO for TGA showed the dilation of neo-aortic root and valve annulus and the reduction of pulmonary artery while satisfactory size of pulmonary valve annulus. Mild aortic regurgitation and supravalvular pulmonary stenosis were frequent complications though with low grade.

Key words Transposition of the great arteries; Arterial switch operation; Echocardiography; Follow-up

大动脉错位(transposition of the great arteries, TGA)是婴儿期最为常见的发绀型先天性心脏病,其发病率占先天性心脏病的7%~9%。TGA的外科根治性手术方式分为两类,即生理纠治术和解剖纠治术。1975年,Jatene等^[1]首次实施大动脉转位术(arterial switch operation, ASO)获得成功;1981年,Lecompte等^[2]对ASO进行了改良;1984年,Castaneda等^[3]对新生儿实施ASO获得成功;1988年,Quaagebeur等^[4]应用自体心包片重建肺动脉根部,这些均使ASO的应用得到了迅速发展;1992年,国内丁文祥等^[5]首次报道应用ASO治疗TGA。目前,该术式已成为治疗TGA的首选手术方式。与生理纠治术(Mustard术和Senning术)相比,ASO具有避免房性心律失常,保留左心室和二尖瓣作为体循环的心室和瓣膜,从而避免左心室功能不全和瓣膜反流的优点。

尽管随着冠状动脉(冠脉)移植和心肌保护技术的改进,TGA术后病死率有所降低,特殊类型的冠脉、合并室间隔缺损、主动脉弓部异常、右位心、合并房室瓣骑跨、右室发育不良和长时间的体外循环,导致的心肌缺血及长时间的深低温停循环等仍是与患儿死亡相关的高危因素。而且移植冠脉的通畅程度,左心室的功能,新主动脉瓣、新肺动脉瓣的功能,主动脉、肺动脉吻合口的生长情况以及新肺动脉的发育情况等均可影响ASO术后的效果。

在国内由于开展ASO术较晚,2006年,徐志伟等^[6]报道了67例TGA手术的早期效果和围术期处理要点,对影响ASO病死率的危险因素进行分析。TGA术后随访研究报道少见,仅复旦大学附属儿科医院心血管中心2005年报道了16例TGA患儿术后早、中期超声心动图的随访结果^[7]。本研究收集晚近6年中实施ASO的TGA患儿,通过超声心动图进行随访,旨在评价术后主动脉和肺动脉的发育情况,对指导国内开展ASO治疗TGA等复杂先天性心脏病的现状和前景进行客观的评价和预测有重要的临床参考价值。

1 方法

1.1 对象 查阅2001年3月至2007年3月复旦大学附属儿科医院心血管中心术前通过超声心动图检查确诊:肺动脉后位,由左心室发出并分支左、右肺动脉;主动脉前位,由右心室发出;多普勒技术检测室间隔缺损等心内分流。根据漏斗部间隔判定室间隔缺损(VSD)的大小和位置,证实的TGA患儿,剔除术中死亡病例,以术后存活患儿作为研究对象。

1.2 手术方法 所有TGA患儿均在气管插管全身麻醉、深低温停循环及深低温低流量体外循环下实施ASO,以改良Lecompte技术建立右室与肺动脉的连接,以自体心包片重建新肺动脉(原主动脉)根部,合并VSD病例术中均行VSD修补术。同时术中给予正性肌力药物和血管活性药物支持。

1.3 随访 对术后存活的TGA病例于2008年9~10月进行随访,随访观察的内容包括经皮血氧饱和度测定、心功能评估、生长发育评价、12导联ECG和超声心动图检查等。

1.4 超声心动图观察指标 应用HP/sonos7500心脏超声仪(超声频率4~6 Hz)对患儿行超声心动图检查并记录相关数据。主要应用以下方法观察大动脉的发育情况:标准的左心室长轴切面和二维超声,测量新主动脉(原肺动脉)和新肺动脉(原主动脉)的根部、瓣窦、瓣环和吻合口的直径,并叠加彩色多普勒判定有无狭窄或反流。

1.5 结果判断

1.5.1 主动脉、肺动脉根部内径和瓣环直径的测定值 分别运用公式计算:

$$Z = \frac{(\text{测得值} - \text{正常参考值})}{\text{正常参考值标准差}} \times 100\%$$

查阅国内文献未见儿童主、肺动脉根部内径和瓣环直径正常值的报道,故参考德国儿童相关数据^[8]作为上述公式中的正常参考值。 $Z < -2$ 或 > 2 时判定为异常。

1.5.2 肺动脉瓣狭窄的标准^[9] 无肺动脉瓣狭窄(右室

肺动脉收缩期压差 < 17 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa); 极轻度狭窄(压差 ~ 24 mmHg); 轻度狭窄(压差 ~ 39 mmHg); 中度狭窄(压差 ~ 60 mmHg); 重度狭窄(压差 > 60 mmHg)。

1.5.3 主动脉狭窄标准 主动脉峰值流速 > 1.845 m · s⁻¹。

1.6 统计学方法 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 均数的比较采用 *t* 检验, 采用 SPSS 11.0 软件进行数据分析, *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的一般情况 2001年3月至2007年3月实施 ASO 治疗 TGA 患儿共 72 例, 术中死亡 6/72 例, 存活率为 91.7% (66/72 例)。存活的 66 例 TGA 患儿进入随访, 失访 10 例 (15.2%), 有效数据 56 例。其中室间隔完整的完全性 TGA (TGA/IVS) 32/56 例 (57.1%), 完全性 TGA 合并室间隔缺损 (TGA/VSD) 24/56 例 (42.9%); 男 42 例, 女 14 例; 出生体重为 (3.4 ± 0.4) kg; 手术时体重为 (5.1 ± 3.3) kg; 手术时年龄为 11 d 至 8 岁; 随访时年龄为 19 ~ 180 个月; 随访距手术 18 ~ 168 个月, 平均 (86.5 ± 23.5) 个月。

术前合并严重肺动脉高压 10 例, 术前肺动脉环缩术 (PAB) 2 例; 术前行经导管房间隔撕开术 (Rashkind 术) 12 例。术中体外循环时间为 (171 ± 35) min (135 ~ 251 min); 主动脉阻断时间为 (114 ± 25) min (91 ~ 172 min); 深低温停循环时间为 (25 ± 18) min (7 ~ 65 min); 测直肠体温, 最低体温为 17.0 ~ 25.0℃。术后机械通气时间为 (61.0 ± 11.6) h (44 ~ 720 h)。10 例合并严重肺动脉高压患儿均予吸入一氧化氮治疗。

2.2 新主动脉根部内径 新主动脉根部内径为 (16.97 ± 2.71) mm (13.8 ~ 26.4 mm); 与相同 (近) 体重儿童正常值^[8]相比, 根部直径较正常参考值平均增大 (1.12 ± 0.70) mm (-0.1 ~ 3.1 mm), 与正常参考值差异有显著统计学意义 (*t* = 6.936, *P* < 0.001)。12/56 例 (21.4%) > 正常参考值 90% CI 上限, 44/56 例 (78.6%) 在正常参考值 90% CI 内, 平均 *Z* 值为 1.10 ± 0.70, 95% CI: 0.76 ~ 1.42 (表 1)。

2.3 新主动脉瓣环内径 新主动脉瓣环内径为 (16.27 ± 2.38) mm (12.9 ~ 23.3 mm), 瓣环直径较正常参考值^[8]平均增大 (0.66 ± 0.77) mm (-2.1 ~ 1.5 mm), 与正常参考值差异有统计学意义 (*t* = 4.52, *P* < 0.001)。56 例均在正常参考值 90% CI 内, 平均 *Z* 值为 0.66 ± 0.65, 95% CI: 0.35 ~ 0.96 (表 1)。

2.4 新肺动脉内径 新肺动脉内径为 (14.29 ± 1.92) mm (10.6 ~ 17.0 mm), 与相同 (近) 体重儿童正常参考值^[8]相比, 肺动脉直径较正常参考值平均减小 (1.41 ± 2.11) mm (-1.1 ~ 5.9 mm), 与正常参考值差异有统计学意义 (*t* = -3.2, *P* = 0.005)。40/56 例 (71.4%) 在正常参考值 90% CI 内, 16/56 例 (28.6%) < 正常参考值 90% CI 的下限, 平均 *Z* 值为 -0.95 ± 1.33, 95% CI: -1.57 ~ -0.33 (表 1)。

2.5 新肺动脉瓣环内径 新肺动脉瓣环内径为 (14.00 ± 1.92) mm (10.5 ~ 16.0 mm), 瓣环直径较正常参考值^[8]平均减小 (0.21 ± 2.46) mm (-2.1 ~ 6.4 mm), 与正常参考值差异无统计学意义 (*t* = 0.132, *P* = 0.897)。42/56 例 (75.0%) 在正常参考值 90% CI 内, 14/56 例 (25.0%) 低于正常参考值 90% CI 下限, 平均 *Z* 值为 0.05 ± 1.85, 95% CI: -0.81 ~ 0.92 (表 1)。

表 1 TGA 行 ASO 后新主动脉根部、新主动脉瓣环、新肺动脉和新肺动脉瓣环的内径 (*n* = 56, $\bar{x} \pm s$)

Tab 1 Size of the great arteries in TGA patients after ASO (*n* = 56, $\bar{x} \pm s$)

Parameters	Neo-aortic root	Neo-aortic valve annulus	Pulmonary artery	Pulmonary valve annulus
Diameter/mm	16.97 ± 2.71	16.27 ± 2.38	14.29 ± 1.92	14.00 ± 1.92
Range	13.8 ~ 26.4	12.9 ~ 23.3	10.6 ~ 17.0	10.5 ~ 16.0
Diameter of normal/mm	15.12 ± 3.70	15.66 ± 3.77	15.41 ± 3.11	14.21 ± 3.46
Range	13.1 ~ 22.3	11.8 ~ 21.8	11.5 ~ 20.9	10.1 ~ 19.9
<i>Z</i> score	1.10 ± 0.70	0.66 ± 0.65	-0.95 ± 1.33	0.05 ± 1.85
Range	-0.1 ~ 2.9	-1.5 ~ 1.3	-3.8 ~ 0.78	-4.6 ~ 1.9
90% CI of <i>Z</i>	0.76 ~ 1.42	0.35 ~ 0.96	-1.57 ~ 0.33	-0.81 ~ 0.92
<i>t</i>	6.936	4.52	-3.2	0.132
<i>P</i>	< 0.001	< 0.001	0.005	0.897

2.6 主、肺动脉瓣反流 40/56 例 (71.4%) 未见主动脉瓣反流 (图 1A), 术后平均随访 (46.0 ± 22.2) 个月; 16/56 例 (28.6%) 存有主动脉瓣反流 (图 1B), 术后平均随访 (46.8 ± 25.3) 个月, 且均为 TGA/VSD 病例, 但反流程度均为轻度。两组随访时间差异无统计学意义 (*P* = 0.899)。56 例均未见肺动脉瓣反流 (图 1C)。

2.7 主动脉狭窄 56 例 TGA 患儿的主动脉峰值流速为 (1.04 ± 0.22) m · s⁻¹ (0.74 ~ 1.35 m · s⁻¹), 各值均在正常范围内, 表明无主动脉狭窄存在。

2.8 肺动脉狭窄 56 例 TGA 患儿的肺动脉峰值流速为 (1.56 ± 0.57) m · s⁻¹ (0.93 ~ 2.48 m · s⁻¹), 49/56 例 (87.5%) 无肺动脉狭窄; 肺动脉瓣上狭窄 7/56 例

(12.5%),其中5例(8.9%)为极轻度狭窄(图1D),应用多普勒估测肺动脉压差,其压差分别为18、20、21、22和24

mmHg;2/56例(3.6%)为轻度狭窄,其压差分别为26和30 mmHg。

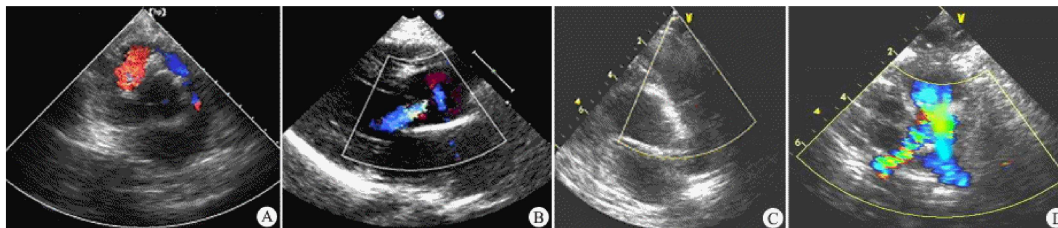


图1 TGA患儿术后随访超声心动图所见

Fig 1 Follow-up outcome of echocardiogram in TGA patients after ASO

Notes: A: Without aortic regurgitation; B: Mild aortic regurgitation; C: Without pulmonary regurgitation; D: pulmonary artery stenosis

3 讨论

TGA的定义为房室连接一致,但心室与大动脉连接不一致,即主动脉发自右心室,肺动脉发自左心室。其病理生理特点是两个独立的平行循环:体循环静脉血经右心室流至主动脉,而肺动脉的动脉化血经左心室流至肺动脉,从而引起生后发绀,出现严重的低氧血症。TGA分类包括:I型:TGA/IVS(50%),II型:TGA/VSD(25%),III型:合并室间隔缺损及肺动脉狭窄的TGA(TGA/VSD/PS)(10%),IV型:合并室间隔缺损及肺血管阻塞性病变或其他畸形TGA(15%)。

ASO系解剖纠治术,其术后并发症在理论上应少于心房调转术,但为评价ASO的长期疗效,关于TGA患儿术后主、肺动脉瓣上吻合口的生长情况,新主、肺动脉根部和瓣膜发育的情况,移植冠脉的通畅程度,左心室功能和神经系统发育情况等逐渐成为随访所关注的焦点,国外许多学者报道了TGA术后的短、中期随访结果,某些开展ASO较早的心血管中心甚至报道了长期随访结果^[9-12]。然而,国内开展ASO起步较晚,病例数积累较少,术后相关随访研究的报道甚少,使得对国内开展该术式治疗TGA的现状和前景缺少客观的评价和预测。随着超声心动图检查技术的进步,使得该项技术对于TGA的术前诊断和术后评估起到关键作用。目前国内仅有1篇关于成人心血管正常值的参考文献,因此本文采用的正常参考值为国外正常参考值^[8]。

McMahon等^[13]报道119例TGA术后平均65个月的超声心动图检查的随访结果,主动脉根部内径的Z值为0.55,瓣环内径的Z值为1.57,并指出主动脉根部的扩张与先前行Banding术及合并VSD相关。Hourihan等^[14]应用超声心动图对50例TGA术后早期的主动脉吻合口和根部的内径进行了连续的测量,显示了吻合口的正常生长和新主动脉瓣连接处扩张性稳定生长,但主动脉根部内径却呈现进行性的扩张。Schwartz等^[15]长期随访报道显示,TGA术后10年有>50%的病例主动脉根部的扩张程度超

出预计平均值的3个标准差,但这期间仅5%的病例需要更换主动脉瓣。本组病例新主动脉根部内径有12/56例(21.4%)>正常参考值90%CI的上限,均为TGA/VSD合并肺动脉高压病例,平均Z值为1.10;新主动脉瓣环内径56例均在正常参考值90%CI内,平均Z值为0.66,与正常参考值差异均有显著统计学意义($P<0.001$),说明ASO术后主动脉根部和瓣环呈扩张趋势。

ASO、Ross术、Damus-Kaye-Stansel术以及Norwood术在术后肺动脉瓣作为支持体循环瓣膜时的功能一直被广泛关注。Cohen等^[16]报道TGA术后新主动脉根部扩张的发生率和严重程度与Ross术后和左心发育不良综合征分期手术后相似。对于主动脉根部扩张的病因,可能是原主、肺动脉瓣间成分的内在差异所致,正常的肺动脉瓣在承担低压的肺循环瓣膜时其瓣叶薄,胶原和弹性组织含量少,而在ASO术后则必须承担主动脉瓣的功能;也可能因为冠脉呈纽扣状移植和瓣上吻合的变化,导致异常的主动脉壁的张力和膨胀性,从而产生新主动脉根部的扩张。Prifti等^[17]报道主动脉瓣关闭不全与TGA术前合并VSD有关,认为主动脉瓣反流的机制可能包括两个阶段:①增多的血流通过肺动脉瓣引起术前整个肺动脉根部尤其是瓣环直径的增加;②新主动脉吻合口的不匹配引起血流紊乱导致瓣窦扩张从而妨碍瓣叶接合。本组16/56例(28.6%)主动脉瓣反流均为TGA/VSD病例,其反流程度均为轻度。

肺动脉瓣狭窄是ASO术后最常见的并发症,也是再手术的主要原因,但随着经验的积累和Lecompte操作技术的应用该并发症较以往已逐渐减少。TGA术后的肺动脉狭窄并发症的可能机制为^[18]:①随身体发育,术后早期右室和肺动脉系统的压力阶差的增加,吻合口处张力的增加导致此处狭窄;②主、肺动脉生长发育欠佳导致重建的右室流出道扁平及肺动脉分支的发育受影响;③吻合口的纤维组织不能随体表面积的增加而充分生长,导致局部环形狭窄;④导管组织的存在引起左肺动脉缩窄和扭曲导致术后肺血



流明显的不对称;⑤肺动脉重建技术和 Lecompte 操作本身也可能导致吻合口张力增加和主、肺动脉扁平;⑥左、右肺动脉本身可能存在狭窄;⑦原主动脉瓣的发育异常,发育不良的原主动脉根部则可导致新肺动脉瓣的狭窄。本组患儿 16/56 例(28.6%)肺动脉内径 < 正常参考值 90% CI 的下限,平均 Z 值为 -0.95,与正常参考值差异有统计学意义,说明 ASO 术后新肺动脉根部明显缩小;有 14/56 例(25.0%)新肺动脉瓣环内径 < 正常参考值 90% CI 的下限,平均 Z 值为 0.05,与正常参考值差异无统计学意义,说明 ASO 术后新肺动脉瓣环接近正常。

肺动脉瓣上轻度狭窄在 ASO 术后常见,一般不需治疗,重度狭窄(压差 > 60 mmHg)较为少见,发生率为 1% ~ 10%,需再次手术或介入治疗,先天性心脏病外科协会的报道表明因肺动脉瓣上狭窄再手术率为每年 0.5%^[9]。本组肺动脉瓣上狭窄的发生率为 7/56 例(12.5%),其中 5/56 例(8.9%)为极轻度狭窄,2/56 例(3.6%)为轻度狭窄,其术前曾行肺动脉环缩术,随访时超声心动图检查发现环缩术处存有明显压差。

本研究结果表明,ASO 治疗 TGA 的术后新主动脉根部及瓣环均有所扩张,新肺动脉根部有所缩减,但其瓣环发育良好。主动脉瓣反流常见于 TGA/VSD 病例,但其反流程度较轻。肺动脉瓣上狭窄是 TGA 术后常见的并发症,但大多数病例狭窄程度极轻。应用超声心动图技术,对 TGA 术后新主、肺动脉的发育进行随访观察和评价是必要的。

本研究的不足之处和局限性:①样本量较少,且随访时间距术后长短不一,对本研究结果产生一定的偏倚;②研究方法仍需进一步改进,如增加随访频度,将病例分组,加用心导管检查或三维 CT 检查等。

参考文献

- [1] Jatene AD, Fontes VF, Paulista PP, et al. Successful anatomic correction of transposition of the great vessels. A preliminary report. *Arq Bras Cardiol*, 1975, 28(4): 461-464
- [2] Lecompte Y, Zannini L, Hazan E, et al. Anatomic correction of transposition of the great arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1981, 82(4): 629-631
- [3] Castaneda AR, Norwood WI, Jonas RA, et al. Transposition of the great arteries and intact ventricular septum: anatomical repair in the neonate. *Ann Thorac Surg*, 1984, 38(5): 438-443
- [4] Quaegebeur JM, Rohmer J, Ottenkamp J, et al. The arterial switch operation. An eight - year experience. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1986, 92(3 Pt 1): 361-384
- [5] Xu ZW(徐志伟), Xing WH, Liu JF, et al. Investigation of risk factors influencing the mortality of the arterial switch operation. *Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery*(中国胸心血管外科临床杂志), 2006, 13(3): 141-144
- [6] Ding WX(丁文祥), Su ZK. 大动脉转位术治疗婴儿大动脉错位. *Chinese Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*(中华胸心血管外科杂志), 1992, 8(2): 78-79
- [7] Sun Y(孙勇), Jia B, Ma XJ, et al. Mid - term follow - up outcome of left ventricle function and size of the great arteries in patients after arterial switch operation. *Chinese Journal of Practical Pediatrics*(中国实用儿科杂志), 2005, 20(8): 479-481
- [8] Rammos S, Kramer HH, Trampisch HJ, et al. Normal values of the growth of the pulmonary arteries in children. An angiography study. *Herz*, 1989, 14(6): 348-357
- [9] Williams WG, Quaegebeur JM, Kirklin JW, et al. Outflow obstruction after the arterial switch operation: a multiinstitutional study. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1997, 114(3): 975-979
- [10] Hraska V, Duncan BW, Mayer JE Jr, et al. Long-term outcome of surgically treated patients with corrected transposition of the great arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2005, 129(1): 182-191
- [11] Poirier NC, Yu JH, Brizard CP, et al. Long-term results of left ventricular reconditioning and anatomic correction for systemic right ventricular dysfunction after atrial switch procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2004, 127(4): 975-981
- [12] Brown JW, Park HJ, Turrentine MW. Arterial switch operation: factors impacting survival in the current era. *Ann Thorac Surg*, 2001, 71(6): 1978-1984
- [13] McMahon CJ, Gauvreau K, Edwards JC, et al. Risk factors for aortic valve dysfunction in children with discrete subvalvar aortic stenosis. *Am J Cardiol*, 2004, 94(4): 459-464
- [14] Hourihan M, Colan SD, Wernovsky G, et al. Growth of the aortic anastomosis, annulus, and root after the arterial switch procedure performed in infancy. *Circulation*, 1993, 88(2): 615-620
- [15] Schwartz ML, Gauvreau K, del Nido P, et al. Long-term predictors of aortic root dilation and aortic regurgitation after arterial switch operation. *Circulation*, 2004, 110(11 SI): 128-132
- [16] Cohen MS, Marino BS, McElhinney DB, et al. Neo-aortic root dilation and valve regurgitation up to 21 years after staged reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 42(3): 533-540
- [17] Prifti E, Crucean A, Bonacchi M, et al. Early and long term outcome of the arterial switch operation for transposition of the great arteries: predictors and functional evaluation. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2002, 22(6): 864-873
- [18] Mussatto K, Wernovsky G. Challenges facing the child, adolescent, and young adult after the arterial switch operation. *Cardiol Young*, 2005, 15(SI): 111-121

(收稿日期: 2008-10-26 修回日期: 2008-12-16)

(本文编辑: 丁俊杰)