

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2021.01.08

## Fontan 手术 Y 型心外管道与传统心外管道 术后血流动力学对比研究

张春振, 方敏华, 金 岩, 张 永, 吕丽华

**[摘要]:**目的 通过随访研究,对比 Fontan 手术 Y 型心外管道(YECFO)与传统心外管道(TECFO)术后血流动力学结果,评价 YECFO 手术疗效。方法 收集 2014 年至 2017 年本院心外管道 Fontan 手术后患者 12 例,其中女性 5 例,男性 7 例;平均(6.6±2.4)岁,平均随访(2.7±1.3)年。YECFO 6 例,TECFO 6 例,术后早期对比体外循环时间、呼吸辅助时间及 ICU 滞留时间。随访全组均行超声心动图、CT 三维重建、核素肺血灌注扫描等检查。结果 全组早期无死亡或 Fontan 手术拆除。YECFO 手术体外循环、主动脉阻断时间较 TECFO 长( $P < 0.05$ ),术后呼吸辅助、ICU 滞留时间无明显差异。随访超声、CT 三维重建指标未见明显差异。下腔静脉核素造影显示 YECFO 血流明显优于 TECFO( $P < 0.01$ )。结论 YECFO、TECFO 术后早期血流动力学均良好,临床疗效无差异。YECFO 手术后肺血分布更合理,主要体现在下腔静脉至左、右肺血分布更接近生理状态。

**[关键词]:** Fontan 手术;先天性心脏病;随访;心肺转流;心脏手术;

### Comparative study of hemodynamics between Y-shaped and traditional extracardiac conduit Fontan operation

Zhang Chunzhen, Fang Minhua, Jin Yan, Zhang Yong, Lv Lihua

Department of Cardiovascular Surgery, General Hospital of Northern Theater Command, Shenyang 110016, China

Corresponding author: Fang Minhua, Email: 1062114119@qq.com

**[Abstract]: Objective** To evaluate the efficacy of Y-type extracardiac conduit Fontan operation (YECFO) by comparing the hemodynamic results after the YECFO and traditional extracardiac conduit Fontan operation (TECFO). **Methods** From 2014 to 2017, 12 patients (5 females, 7 males) underwent extracardiac conduit Fontan operation (6 YECFO, 6 TECFO) in our hospital were collected, with an average age of 6.6±2.4 years and an average follow-up time of 2.7±1.3 years. The time of cardiopulmonary bypass (CPB), mechanical ventilation and ICU stay were compared in the early postoperative period. All patients were examined by echocardiography, three-dimensional CT reconstruction and pulmonary blood perfusion scan. **Results** There was no early death or surgical intervention after Fontan operation in the whole group. The CPB and aortic cross-clamping time were significantly longer in YECFO group ( $P < 0.05$ ). The time of mechanical ventilation and ICU stay were not significantly different between the two groups. There was no significant difference in follow-up echocardiography and three-dimensional CT reconstruction between the two groups. The blood flow of YECFO examined by inferior vena cava (IVC) radionuclide angiography was significantly better than that of TECFO ( $P < 0.01$ ). **Conclusion** The early hemodynamic parameters of YECFO and TECFO were stable and there was no significant difference in clinical efficacy. The distribution of pulmonary blood was more reasonable in YECFO group, mainly reflected in the physiological state of the blood distribution from IVC to left and right pulmonary.

**[Key words]:** Fontan procedure; Congenital heart disease; Follow-up visit; Cardiopulmonary bypass; Cardiac Surgery

Fontan 类手术是治疗三尖瓣闭锁、单心室、大动脉转位、右室双出口合并肺动脉狭窄和左室发育不

良综合征等多种复杂先天性心脏病治疗的首选术式<sup>[1]</sup>。全腔静脉与肺动脉连接手术做为改良术式,应用临床已 20 余年,现有心内、心外管道,心内、心外侧隧道四种主要术式,其中传统的心外管道 Fontan 手术(traditional extracardiac conduit Fontan operation, TECFO)应用最为广泛<sup>[2]</sup>。但 TECFO 远期随访

基金项目:2016 年国家科技重大专项课题(2016YF1301905)

作者单位:110016 沈阳,北部战区总医院 心血管外科

通信作者:方敏华,Email:13309883836@163.com

结果显示肺血不均衡分布、肺动静脉瘘并发症发生比例较高,因此进一步优化 TECFO 手术效果仍是临床研究热点,近年来 Y 型心外管道 Fontan 手术(Y-type extracardiac conduit Fontan operatin, YECFO)做为改进新术式应用于临床,其临床疗效仍存在争议,现将本院研究结果报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集本院 2014 至 2017 年行 Fontan 手术患者 12 例,其中 YECFO 6 例,女性 3 例、男性 3 例,年龄(6.6±3.4)岁,平均随访(2.6±1.5)年,术前诊断心室双入口合并双出口和肺动脉狭窄 4 例,矫正性大动脉转位、室间隔缺损、肺动脉瓣狭窄右室双出口、室间隔缺损(远离大动脉)肺动脉狭窄合并左心发育不良各 1 例。TECFO 6 例,男 4 例,女 2 例,年龄(6.6±1.9)岁,平均随访(2.8±1.3)年,术前诊断心室双入口合并双出口和肺动脉狭 1 例,三尖瓣闭锁 2 例,矫正性大动脉转位、室间隔缺损、肺动脉瓣狭窄 2 例,两组一般资料无统计学差异。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 术中和术后情况对比** 收集并比较两组心肺转流(cardiopulmonary bypass, CPB)时间、呼吸机辅助和术后 ICU 滞留时间。随访所有患者均行超声心动图、CT 三维重建、核素肺血灌注扫描(GR, HawKeye VG 型 SPECT 仪)检查相关数据。①核素肺血灌注:对患者的上、下腔静脉血的肺内分布情况采用锝<sup>99m</sup>Tc 大颗粒聚集体蛋白进行肺血流灌注显像,示踪剂采用<sup>99m</sup>Tc(北京高科同位素股份有限公司)标记的大分子聚合人血清白蛋白(MAA,江苏原子能研究所)。对比研究肺血分布情况,同一患者给药时间间隔一周以上。②显影方式:患者取仰卧位,向静脉缓慢注入锝<sup>99m</sup>Tc 大颗粒聚集体蛋白溶液。术后上、下肢分别给药。分别采集前后位、左前斜位、左侧位、左后斜位、后前位、右后斜位、右侧位和右前斜位 8 个体位。③定量分析:取后前位图像测量左、右肺放射核素计数。

**1.2.2 超声心动图** 采用 Philips IE33 超声机,由同一医师完成,对外管道吻合进行测量。

**1.2.3 CT 三维重建** 应用本院 Philips256 多层螺旋 CT,同一医师完成。

**1.3 统计分析** 采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,计量资料用均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,计数资料用频数和百分比表示,YECFO 与 TECFO 两组数据指标比较分别应用配对样本 *t* 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

全组早期无死亡或 Fontan 手术拆除,YECFO 手术 CPB、主动脉阻断时间较 TECFO 长,考虑由于 YECFO 心外管道分叉设计,术中比 TECFO 多一吻合口有关,术后呼吸辅助、ICU 滞留时间无明显差异,见表 1。术后两年超声指标未见明显差异,未见吻合口狭窄,见表 2。CT 三维重建显示外管道形态良好,无受压,扭曲。核素结果:下腔静脉(inferior vena cava, IVC)核素造影显示 YECFO 血流明显优于 TECFO,IVC 血流至左右肺血分布基本可达 50% : 50%理想状态,见表 3。

表 1 YECFO 与 TECFO 两组术中和术后情况比较  
( $n=6, \bar{x}\pm s$ )

项目	YECFO	TECFO	<i>P</i> 值
CPB 时间(min)	158±36.8	110±18.2	0.015
主动脉阻断时间(min)	89±9.96	79±7.79	0.016
呼吸机辅助时间(d)	1.8±0.84	2.2±0.84	0.236
ICU 停留时间(d)	3.8±0.84	4.4±0.89	0.153

表 3 IVC 至左右肺的肺血分布( $n=6, \bar{x}\pm s$ )

项目	YECFO	TECFO	<i>P</i> 值
左肺(%kct)	51.2±0.83	23.7±10.1	0.00014
右肺(%kct)	48.8±0.83	74.2±10.1	0.00026

注:kct:千盎司

表 2 YECFO 与 TECFO 两组术后超声各吻合口直径、流速比较( $n=6, \bar{x}\pm s$ )

	SVC 与肺动脉			心外管道与 IVC		
	YECFO	TECFO	<i>P</i> 值	YECFO	TECFO	<i>P</i> 值
直径(mm)	11±1.0	12±1.3	0.154	19±0.84	20±0.55	0.056
流速(m/s)	0.44±0.04	0.41±0.02	0.114	0.27±0.03	0.24±0.04	0.076

注:SVC:上腔静脉;IVC:下腔静脉

### 3 讨论

全腔静脉与肺动脉连接手术是治疗功能单心室的首选术式。2010 年多伦多第 90 届美国心血管外科年会以 Fontan 手术为专题进行讨论<sup>[3]</sup>。美国芝加哥儿童纪念医院 Backer 的报告从血流动力学、心律失常、手术并发症、死亡率等多方面分析,认为心外管道 Fontan 手术效果更好<sup>[4]</sup>。目前心外管道 Fontan 手术(TECFO)应用最为广泛,TECFO 临床多采用上腔静脉(superior vena cava, SVC)偏左侧、IVC 偏右侧与肺动脉吻合的术式,减少血流对冲达到满意肺血分布。TECFO 术后早期疗效满意,双肺血整体呈右肺优势灌注、分布满意。但中、远期随访结果 TECFO 仍存在心脏功能逐渐下降、紫绀加重、心律失常以及蛋白丢失性肠病、血栓、栓塞等问题<sup>[5]</sup>,进一步研究发现 TECFO 术后虽然整体肺血分布理想,但 SVC、IVC 至左、右肺的肺血分布并不理想,其中 SVC 血流大部分进入左肺动脉,IVC 血流大部分进入右肺动脉。由于 IVC 回流血对肺循环的贡献量随年龄而变化,成年人可达到全身血容量的 2/3,从而对两肺血流均衡分布起到重要作用。而且有文献报道 IVC 血流(肝血流)内含有某种肝内诱导因子(即抗肺内动静脉痿活性物质)可以防止肺动静脉痿的成形<sup>[6]</sup>。近年来诸多研究采用虚拟模型尝试对 Fontan 手术 Y 型管道进行分析并使其优化<sup>[7]</sup>,2007 年 Soerensen 首次提出应用分叉管道理念,2009 年 Marsden<sup>[8]</sup>模拟数据报道认为 IVC 分叉血流设计(即 YECFO 手术)可以提高能效,2011 年 Kanter<sup>[9]</sup>对 YECFO 手术的临床应用进行报道,初步总结 YECFO 的临床经验,2013 年 Haggerty 等<sup>[10]</sup>对 5 例 YECFO 术后患者的血流动力学进行研究,结果显示效果良好。但也有反对意见,2016 年 Trusty<sup>[11]</sup>研究指出 YECFO 并不比 TECFO 更有效能,也未见优化的肝血分布。本研究核素结果显示,IVC 核素造影显示 YECFO 血流明显优于 TECFO(表 3),IVC 血流至左右肺血分布基本可达 50% : 50%。

YECFO 与 TECFO 术后血流动力学均良好,无明显差异,早期随访结果显示 YECFO 手术后肺血分布更合理,主要体现在 IVC 至左右肺血分布可达

50% : 50%理想状态,远期效果需进一步随访研究。

### 参考文献:

- [1] 易定华,徐志云,王辉山. 心脏外科学(第 2 版)[M].人民军医出版社,2016.
- [2] 王辉山,尹宗涛,汪曾炜,等. 心外管道全腔静脉肺动脉连接术后 5 年的肺血管发育[J]. 中华胸心血管外科杂志,2012, 28(1):16-19.
- [3] Backer CI, Deal BJ, Kaushal S, *et al*. Extracardiac versus intra-atrial lateral tunnel fontan; extracardiac is better[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu, 2011, 14(1): 4-10.
- [4] Stewart RD, Pasquali SK, Jacobs JP, *et al*. Contemporary fontan operation: association between early outcome and type of cavopulmonary connection[J]. Ann Thorac Surg, 2012, 93(4): 1254-1260.
- [5] 张春振,王辉山,汪曾炜,等. Fontan 类手术后 20 年远期心肺功能评价[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2019, 35(2):68-71.
- [6] d'Udekem Y, Iyengar AJ, Galati JC, *et al*. Redefining expectations of long-term survival after the Fontan procedure: twenty-five years Of follow-up from the entire population of australia and new zealand[J]. Circulation, 2014, 130(11 Suppl 1): S32-S38.
- [7] Yang W, Feinstein JA, Marsden AL. Constrained optimization of an idealized Y-shaped baffle for theFontan surgery at rest and exercise[J]. Comput Meth Appl Mech Eng, 2010, 199(33-36): 2135-2149.
- [8] Marsden AL, Bernstein AJ, Reddy VM, *et al*. Evaluation of a novel Y-shaped extracardiac Fontan baffle using computational fluid dynamics[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009, 137(2): 394-403.
- [9] Kanter KR, Haggerty CM, Restrepo M, *et al*. Preliminary clinical experience with a bifurcated Y-graft Fontan procedure--a feasibility study[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2012, 144(2): 383-389.
- [10] Haggerty CM, BS, Kanter KR, Restrepo M, *et al*. Simulating hemodynamics of the Fontan Y-graft based on patient-specific in vivo connections[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2013, 145(3): 663-670.
- [11] Trusty PM, Restrepo M, Kanter KR, *et al*. A Pulsatile hemodynamic evaluation of the commercially available bifurcated Y-graft Fontan modification and comparison with the lateral tunnel and extracardiac conduits[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2016, 151(6): 1529-1536.

(收稿日期:2020-07-13)

(修订日期:2020-09-10)