

## Fontan 手术后并发症相关因素的分析及干预研究

俞红云 顾晓蓉 管咏梅

**【摘要】 目的** 探讨 Fontan 术后并发症产生的相关因素及干预方案。**方法** 以 2014 年 1 月至 2016 年 1 月在本院行 Fontan 术后出现并发症的 47 例患儿作为研究对象,分析并发症发生的相关因素及干预措施。**结果** 47 例患儿中 20 例(内管道手术 13 例、外管道 7 例)出现心律失常伴有低心排量综合征、7 例出现低氧血症、11 例出现胸腔积液、6 例出现肾功能受损、2 例出现肝肾功能受损、1 例出现脑部并发症、2 例因室颤抢救无效死亡(病死率为 4.26%)。呼吸机使用时间 2~160 h,胸腔引流时间 4~28 d,术后监护时间 3~12 d。**结论** Fontan 手术作为治疗复杂先天性心脏病的手术方法,已广泛应用于临床,而术后多种并发症的出现会造成患儿恢复时间延长甚至死亡,针对术后并发症产生相关因素进行分析,采取有效的预防和干预措施,能促使患儿早日康复,降低病死率。

**【关键词】** Fontan 术后; 并发症; 相关因素; 干预

**Related factors and interventions for complications after Fontan operation.** Yu Hongyun, Gu Xiaorong, Guan Yongmei. Heart Center, Affiliated Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200127, China. Corresponding author: Guan Yongmei, Email: gymscmc@163.com.

**【Abstract】 Objective** To explore the related factors and interventions for complications after Fontan operation. **Methods** A total of 47 children with complications after Fontan operation were analyzed retrospectively from January 2014 to January 2016. And related factors and interventions were analyzed. **Results** Among 20 cases of arrhythmia with low cardiac output, intracardiac ( $n=13$ ) and extracardiac ( $n=7$ ) conduit Fontan operations were performed. There were also hyoxemia ( $n=7$ ), pleural effusion ( $n=11$ ), abnormal renal function ( $n=6$ ), abnormal hepatorenal function ( $n=2$ ), cerebral complications ( $n=1$ ) and ventricular fibrillation ( $n=2$ ). The mortality rate was 4.26%. The time of mechanical ventilation was 2 to 160 h, the length of pleural drainage 4 to 28 days and the duration of ICU (intensive care unit) 3 to 12 days. **Conclusion** Fontan operation has been widely applied for complicated congenital heart disease. Postoperative complications may prolong the recovery time and even cause death. Effective preventive and interventional measures are needed.

**【Key words】** Fontan procedure; Complication; Related factors; Intervention

Fontan 手术是先天性心脏病患儿生理性矫治的一种手术方法,目前较为常用的手术方法包括内管道和外管道两种。随着手术技术及围术期监测水平的提高,近年来 Fontan 手术的适应证逐步扩大,围术期的病死率也在逐步下降<sup>[1]</sup>。尽管如此,Fontan 术后多种并发症的出现仍然会导致患儿恢复时间延长,患儿家庭的经济与精神负担增加。因此,本研究以 2014 年 1 月至 2016 年 1 月在本院行 Fontan 手术后出现并发症的 47 例患儿为研究对象,分

析并发症的相关因素,并探讨干预措施对患儿病情改善的作用。

### 材料与方法

#### 一、临床资料

2014 年 1 月至 2016 年 1 月于本院接受 Fontan 手术的患儿共 158 例(内管道手术 67 例,外管道手术 91 例),其中出现术后并发症的患儿共 47 例(并发症发生率为 29.74%),包括男童 28 例,女童 19 例。患儿年龄 3~9 岁,体重 11~30 kg。疾病类型:单心室 20 例,右室双出口伴肺动脉狭窄 13 例,大血管错位伴肺动脉狭窄 7 例,三尖瓣闭锁伴室间隔缺损 3 例,肺动脉闭锁伴室膈完整型 2 例,肺动脉闭锁伴室间隔缺损 2 例。

DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.010

基金项目:国家自然科学基金(编号:81070133)

作者单位:上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心心脏中心(上海市,200127)

通讯作者:管咏梅,Email:gymscmc@163.com

## 二、方法

47例患儿均在术前行心导管或核磁共振检查,了解肺血管和心功能情况,在体外循环下根据患儿自身条件及术前检查情况行内管道手术27例(男16例,女11例),外管道手术20例(男12例,女8例)。术中均留置中心静脉及心房测压管,7例放置起搏导线。体外循环时间48~164 min。主动脉阻断时间30~65 min。术后所有患儿都予以正性肌力药物维持改善心功能:多巴胺 $5 \sim 10 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,其中有36例同时使用米力农 $0.25 \sim 0.75 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,10例使用肾上腺素 $0.01 \sim 0.05 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,当日常规行各导联心电图检查及时发现心律变化,行床边超声了解上下腔静脉血流速度和吻合口通畅情况,维持右房压 $15 \sim 20 \text{ mmHg}$ 、左房压 $10 \sim 15 \text{ mmHg}$ 。另外,通过床头抬高 $30 \sim 45^\circ$ 、床尾抬高 $15 \sim 30^\circ$ 的体位帮助改善腔静脉压力,增加回心血量。使用呼吸机辅助通气维持 $\text{PCO}_2 < 35 \text{ mmHg}$ ,设置潮气量为 $6 \sim 8 \text{ mL/kg}$ ,吸气时间

$< 0.7 \text{ s}$ ,根据患儿病情及血气分析结果调节呼吸机参数<sup>[2]</sup>。5例使用降低肺血管阻力药物改善肺高压。术后监测指标包括呼吸机辅助呼吸时间、ICU留观时间、术后当日及术后第1日腔静脉压力、血管活性药物使用、术后当日入量、尿量及胶体使用量、术后胸腔引流时间、乳糜试验、术后当日血气、电解质指标及肝肾功能等血液指标。

## 结果

术后出现并发症情况:20例(内管道手术13例、外管道7例)心律失常伴低心排血量综合征、7例出现低氧血症、11例出现胸腔积液、6例出现肾功能受损、2例出现肝肾功能受损、1例出现脑部并发症。本研究中2例因室颤抢救无效死亡(病死率4.26%)。呼吸机使用时间 $2 \sim 160 \text{ h}$ ,胸腔引流时间 $4 \sim 28 \text{ d}$ ,术后监护时间 $3 \sim 12 \text{ d}$ 。术后并发症和临床监测情况见表1。

表1 术后并发症和监测情况[M(Min~Max)]

Table 1 Postoperative complications and monitoring[M(Min~Max)]

并发症	中心静脉压(mmHg)	左房压(mmHg)	呼吸机使用时间(h)	胸腔引流时间(d)	监护时间(d)
心律失常	23(18~27)	13(8~22)	38(2~152)	10(4~26)	7(5~11)
低氧血症	22(15~26)	10(9~14)	48(20~160)	11(8~26)	7(5~10)
胸腔积液	20(16~28)	9(8~11)	25(9~65)	15(8~28)	6(3~10)
其他脏器功能受损	19(17~25)	10(7~20)	40(9~160)	11(4~26)	7(4~12)

## 讨论

Fontan术后常发生心律失常,从而限制了心室充盈造成房室不同步,前负荷降低,心排量减少,最终导致组织脏器灌注不足而出现低心排血量综合征,严重者可能出现严重交界性异位心动过速,这可能是Fontan术后患儿病死率较高的原因之一<sup>[3]</sup>。心律失常与心房内操作损伤窦房结血供、切口缝合及术后心房压增高影响到心脏传导系统有关<sup>[4]</sup>。本研究中内管道手术患儿中心律失常发生率为13/67(19%),外管道发生率为7/91(7%),这可能是因为实施外管道手术的患儿因避免了心房内操作,因此心律失常的发生比例少于内管道手术。1990年Marcelletti等为进一步解决该问题发明了心外管道的全腔静-脉肺动脉吻合术(total cavopulmonary connection, TCPC),该手术方法减少了右房手术操作,避免了较高的右房压,相对其他术式可以进一步降低术后早、中期心律失常的发生率<sup>[5]</sup>。但目前

心外管道材料具有无法生长的缺点,所以并不适合低龄患儿。与其他术式相比,Fontan术后右心室无收缩射血功能,肺循环处于流量灌注状态,心排量受到血流的限制并随压力阶差而变化<sup>[6]</sup>。增高腔静脉压力和降低肺循环阻力是改善血液回流、确保有效心排出量的重要机制,但腔静脉高于 $15 \sim 20 \text{ mmHg}$ 时,心律失常发生几率会增加。本研究发现部分发生心律失常的患儿是由于心房压超出有效压力范围而导致的,通过给予正性肌力药物、抗心律失常药物或起搏器辅助治疗后症状缓解,但仍有2例患儿因室颤低心排血量综合征而死亡。

行Fontan手术的患儿由于心室缺乏泵血功能,导致肺循环血量处于流量灌注状态。肺血管阻力是影响肺循环血量、心室前负荷、心排血量的关键因素<sup>[7]</sup>。本组患儿术前均行心导管或核磁共振检查以了解术前肺血管情况,术后在呼吸机的应用上尽可能降低气道压、维持 $\text{PCO}_2 < 35 \text{ mmHg}$ ,尽量不用PEEP以避免肺循环阻力。根据Fontan术后血液动力学特征,患儿术后血气参数恢复正常后应尽早

撤离呼吸机、恢复自主呼吸降低胸内压改善肺静脉回流,从而提高心排量。另外,需及时清除气道分泌物并配合雾化吸入改善低氧血症,将  $\text{SPO}_2$  维持在 90% 左右。本研究中有 7 例患儿术后出现低氧血症 ( $\text{SPO}_2 < 75\%$ ) 导致呼吸机撤离困难,呼吸机平均使用时间为 48 h (20 ~ 160 h)。相关研究表明术后低氧血症主要与术前肺动脉高压、术中体外循环、主动脉阻断时间过长加重心肌缺血再灌注损伤及使心肌无氧酵解替代有氧代谢,出现严重供能不足等有关<sup>[8]</sup>。另外,对于存在由左向右分流的先天性心脏病,由于术前肺血流量增加,肺毛细血管肌性化,易出现肺动脉高压危象<sup>[9]</sup>。本组患儿中,7 例术后出现低氧血症的患儿中有 5 例因术前肺血管发育较差导致术后肺血管阻力高、跨肺压(中心静脉压和左心房压之差)大于 10 mmHg,在排除心功能不全、心律失常、胸腔积液等原因后,应用特异性降低肺循环阻力的药物后改善,2 例通过使用正性肌力药物心肌功能好转后均成功撤离呼吸机。

胸腔积液导致引流时间过长(引流时间 > 2 周)是 Fontan 术后常见并发症之一<sup>[10]</sup>。本组胸腔积液患儿引流留置时间为 8 ~ 28 d (平均 15 d),其发生原因与手术操作损伤胸导管、术后患儿体静脉高压影响胸导管淋巴回流、胸导管内压力增高等因素有关<sup>[11]</sup>,可通过维持有效的腔静脉压来减少因腔静脉压力增高、静脉回流受阻导致的液体渗出,并调整血容量和胶体渗透压改善微循环。氧气的持续吸入可改善肺循环,降低肺阻力,减少液体的渗出<sup>[12]</sup>。此外,应密切观察胸腔引流液的性状,当出现乳白色引流液时应及时做胸水检查以帮助确诊是否为乳糜胸,饮食上应指导患儿家属给予低脂高蛋白饮食,减少乳糜液的渗出。除此以外,对于引流量突然减少的患儿需警惕管道阻塞引流不畅是否因胸腔积液引起,观察患儿有无呼吸音减弱、氧分压降低、呼吸困难等现象,并进一步通过胸片或超声及时确诊并积极处理。

术后心肌收缩、舒张功能不全可引起心排量降低,造成有效血容量不足脏器缺血或腔静脉压过高,最终引起术后多脏器功能的受损。磷酸二酯酶 III 抑制剂(如米力农)不仅可以降低肺小血管阻力,而且可以改善心脏舒张功能降低前后负荷,改善脏器供血<sup>[13]</sup>。扩血管药物需在保证有效循环血量的前提下应用,以防血管扩张后部分血量集聚于容量血管,回心血量减少而导致的低心排量而造成重要脏器灌注不足<sup>[14]</sup>。本研究中 6 例患儿在出现肾

功能受损的表现后,通过改善心功能,增加心排量的方法提高肝、肾血流灌注,尿量逐渐恢复正常。对于不能维持液体负平衡,血钾、血尿素氮和肌酐逐渐升高的患儿,应及时行腹膜透析治疗。腹膜透析不仅能有效改善肾功能,还能减少腹水对腹部静脉的压迫,从而改善静脉回流增加回心血量。在治疗过程中患儿主诉腹部疼痛应警惕是否肝淤血造成的肝脏胀痛。通过观察神志、瞳孔及对光反射及时发现 Fontan 术后患儿是否伴有脑部并发症,在本研究中有 1 例患儿因及时发现未使用镇静剂情况下出现神志反应淡漠,检查无颈项强直,病理反射巴氏征阴性,无脑血管病史,CT 检查结果仅轻度脑水肿表现,立即予以头部冰袋降温并使用药物改善脑细胞代谢降低颅内压,随后患儿情况好转。

综上所述,Fontan 手术方法已经被临床广泛应用。而术后腔静脉压力、肺血管阻力、心功能等引起的病情改变已被证实是延迟 Fontan 术后恢复的危险因素<sup>[15]</sup>。对 Fontan 术后并发症发生的相关因素进行分析并采取有效的预防及干预措施,不仅可降低术后并发症的发生,而且可帮助改善患儿病情,促进早日康复,降低病死率。

## 参考文献

- Brida M, Baumgartner H, Gatzoulis MA, et al. Early mortality and concomitant procedures related to Fontan? conversion: Quantitative analysis [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 236: 132-137. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.01.111.
- 黄继红, 周燕萍, 朱德明. Fontan 术后患儿撤离呼吸机前后全身及局部血流动力学改变 [J]. *中国体外循环杂志*, 2016, 14(3): 30-33. DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc2016.01.08.  
Huang JH, Zhou YP, Zhu DM. Systemic and regional hemodynamic changes in patients undergoing Fontan procedure: positive pressure ventilation versus spontaneous breathing [J]. *Chin J ECC*, 2016, 14(3): 30-33 DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc2016.01.08.
- Deal BJ, Mavroudis C, Backer CL. Arrhythmia management in the Fontan patient [J]. *Pediatr Cardiol*, 2007, 28(6): 448-456. DOI: 10.1007/s00246-007-9005-2.
- Lim HG, Lee JR, Kim YJ. The Effects of Modification to Lateral Tunnel Fontan Procedure for Prophylactic Arrhythmia Surgery [J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104(1): 197-204. DOI: 10.1016/j.athorasur.2016.11.033.
- Backer CL, Deal BJ, Kaushal S, et al. Extracardiac versus intra-atrial lateral tunnel fontan: extracardiac is better [J]. *Se-*

- min Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu, 2011, 14(1):4-10. DOI:10.1053/j.pcsu.2011.01.019.
- 6 Ghanayem NS, Berger S, Tweddell JS. Medical management of the failing Fontan [J]. *Pediatr Cardiol*, 2007, 28: 465-471. DOI:10.1007/s00246-007-9007-0.
  - 7 Gewillig M, Brown SC, Eyskens B, et al. The Fontan circulation: who controls cardiac output? [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010, 10(3):428-433. DOI: 10.1510/icvts.2009.218594.
  - 8 Agnoletti G, Gala S, Ferroni F, et al. Endothelin inhibitors lower pulmonary vascular resistance and improve functional capacity in patients with Fontan circulation [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 153(6):1468-1475. DOI:10.1016/j.jtcvs.2017.01.051.
  - 9 沈华, 宓亚平, 贾兵, 等. 小婴儿心内直视术后撤离呼吸机失败相关因素分析[J]. *临床小儿外科杂志*, 2015, 14(4):117-120. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2015.02.010. Shen H, Mi YP, Jia B, et al. Analysis of failed extubation after open-heart operation in neonates and small infants [J]. *J Clin Ped Sur*, 2015, 14(4):117-120. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2015.02.010.
  - 10 Kim SW, Jun TG, Yang JH, et al. Omission of a prior Glenn anastomosis is a risk factor for prolonged pleural drainage after the fenestrated extracardiac conduit Fontan procedure [J]. *J Card Surg*, 2011, 26(5):509-514. DOI:10.1111/j.1540-8191.2011.01291.x.
  - 11 潘莉雅, 冯一, 洪莉, 等. 儿科乳糜胸及乳糜腹规范化营养治疗 15 例 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2014, 13(4):346-348. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2014.04.026. Pan LY, Feng Y, Hong L, et al. Standardized nutrition treatment of chylothorax and chyloperitoneum in children: a report of 15 cases [J]. *J Clin Ped Sur*, 2014, 13(4):346-348. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2014.04.026.
  - 12 Pike NA, Okuhara CA, Toyama J, et al. A modified Fontan management protocol reduces pleural drainage, length of stay and readmissions [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 3(9):481-487. DOI:10.1016/j.jtcvs.2015.06.042.
  - 13 Kikura M, Levy JH, Michelsen LG, et al. The effects of milrinone on hemodynamics and left ventricular function after emergence from cardiopulmonary bypass [J]. *Anesth Analg*, 1997, 85(1):16-22.
  - 14 黄蕊, 徐卓明, 张明杰, 等. 全腔静脉-肺动脉连接术后急性肝功能损伤相关危险因素分析 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2015, 22(10):966-969. DOI: 10.7507/1007.4848.2015.02.40. Huang R, Xu ZM, Zhang MJ, et al. Risk factors analysis for postoperative acute hepatic injury after total cavopulmonary connection [J]. *Chin J Clin Thoracic Cardiovasc Surg*, 2015, 22(10):966-969. DOI:10.7507/1007.4848.2015.02.40.
  - 15 Salvin JW, Scheurer MA, Laussen PC, et al. Factors associated with prolonged recovery after the Fontan operation [J]. *Circulation*, 2008, 118(14 Suppl):S171-S176. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.750596.

(收稿日期:2017-07-06)

**本文引用格式:** 俞红云, 顾晓蓉, 管咏梅. Fontan 手术后并发症相关因素的分析及干预研究 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2018, 17(9):684-687. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.010.

**Citing this article as:** Yu HY, Gu XR, Guan YM. Related factors and interventions for complications after Fontan operation [J]. *J Clin Ped Sur*, 2018, 17(9):684-687. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.010.

## · 三言两语 ·

### 重视小儿第三态问题

重视孩子们的“有症状无病理”的所谓第三态问题,目前在小儿外科界中尚多争论。三态问题即类似外科病的症状,但无具体病理改变,如局部痛、腹痛、腿痛等,内外科诊疗无序。伴随三态问题而发展的第四医学(即自我保健医学)与配合手术的顺势疗法(推崇全身与局部休息、营养、健康运动)在外科患儿的应用,都是当前小儿外科医生较为生疏但又必须掌握的技术。

(张金哲)