# 单泵双管在婴幼儿主动脉缩窄或主动脉弓离断合并心内畸形Ⅰ期矫治术中的应用

陈祥舟,刘 梅,彭 莉,胡 卫,杨宗英,肖颖彬,陈 林,王学锋,王 咏 (第三军医大学新桥医院全军心血管外科中心,重庆 400037)

[摘 要] **目的** 探讨单泵双管体外循环灌注技术在婴幼儿主动脉缩窄或主动脉弓离断合并心内畸形行Ⅰ期矫治术中的应用。**方法** 对 2002 年 4 月至 2010 年 5 月收治的 14 例主动脉缩窄或主动脉弓离断合并心内畸形患儿施行心内畸形Ⅰ期矫治术。体外循环采用单泵双管灌注技术,6 例在鼻咽温度 25 ℃,直肠温度 26 ℃的中度低温完成心内畸形及主动脉缩窄矫治;8 例在鼻咽温度降至 18 ~ 20 ℃,直肠温度降至 19 ~ 22 ℃采用深低温停循环合并间断深低温低流量进行灌注。**结果** 术中停循环时间 19 ~ 43 min,平均(31.38 ± 4.88)min,间断低流量灌注时间 8 ~ 21 min,平均(13.16 ± 4.72)min。所有患儿均未出现中枢神经系统并发症和肾功能衰竭,顺利康复出院。**结论** 在婴幼儿主动脉缩窄或主动脉弓离断合并心内畸形进行Ⅰ期矫治术时采用单泵双管上下同时灌注的体外循环方法安全、有效,能有效保护机体重要脏器。

[关键词] 主动脉缩窄;主动脉弓离断;体外循环;单泵双管灌注;婴幼儿

[中图分类号] R654.1;R654.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-5042(2011)05-0491-03

## Application of double arterial lines with single pump head perfusion in stage Ⅰ repair of aortic coarctation or interrupted aortic arch complicated with cardiac monstrosity in infants

CHEN Xiang-zhou, LIU Mei, PENG Li, HU Wei, YANG Zong-ying, XIAO Ying-bin, CHEN Lin, WANG Xue-feng, WANG Yong (Cardiovascular Surgery Center of PLA, Xinqiao Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400037, China)

**Abstract: Objective** To explore the application of double arterial lines with single pump head perfusion in stage Ⅰ repair of aortic coarctation or interrupted aortic arch complicated with cardiac monstrosity in infants. **Methods** Stage Ⅰ repair was performed on 14 patients with aortic coarctation or interrupted aortic arch complicated with cardiac monstrosity from April 2002 to May 2010. The technique of double arterial lines with single pump head perfusion was employed in cardiopulmonary bypass. Six cases finished the surgery at moderate hypothermia (nasopharynx temperature at 25 ℃ and rectum temperature at 26 ℃). Deep hypothermia circulatory arrest (DHCA) combined with deep hypothermia low flow (DHLF) for perfusion was applied in eight cases after the nasopharynx temperature being maintained at 18 ~ 20 ℃ and the rectum temperature at 19 ~ 22 ℃. **Results** The duration of DHCA was 19 ~ 43 minutes, (31.38 ± 4.88) minutes in average and the duration of DHLF was 8 ~ 21 minutes, (13.16 ± 4.72) minutes in average. All 14 infants were recovered and there was no neurological complication. **Conclusion** The application of double arterial lines with single pump head perfusion in stage Ⅰ repair of aortic coarctation or interrupted aortic arch complicated with cardiac monstrosity in infants is safe and effective, especially for the protection of the important body organs.

**Keywords**: aortic coarctation; interrupted aortic arch; cardiopulmonary bypass; double arterial lines with single pump head perfusion; infants

主动脉缩窄(aortic coarctation, AC)在先天性心脏病中的发病率仅为 5% ~ 8%[1],而主动脉弓离断(interrupted aortic arch, IAA)更是一种少见的先天性血管畸形[2-3],AC 或 IAA 合并心内畸形的发病率就更低了,仅占我院同年龄段先心病患儿的 0.34%。以往多采用分期手术,先矫治主动脉畸形,再处理合并心内畸形,这样可减少体外循环(cardiopulmonary bypass, CPB)时间,便于管理,但增加了手术次数和费用。我院从 2002 年 4 月至 2010 年 5 月采用单泵双管灌注技术对 AC 或 IAA 合并心内畸形的 14 例婴幼儿患者行Ⅰ期矫治术,取得满意疗效,现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

本组患儿 14 例,男 8 例,女 6 例,年龄 6 ~ 62 月,平均(25.57 ± 18.22)月,体重 5 ~ 13 kg,平均(8.43 ± 2.35)kg。所有患者胸片均显示心影扩大,肺充血严重,经术前心脏多普勒超声或 64 排 CT 检查确诊为动脉缩窄或主动脉弓离断合并心内畸形。其中,主动脉狭窄 10 例,主动脉弓离断 4 例,室间隔缺损 13 例,房间隔缺损 1 例,动脉导管未闭 11 例,肺高压 10 例。

[作者简介] 陈祥舟(1982 - ),男,四川省西昌市人,技师,本科,主要从事心血管外科体外循环方面的研究。电话:(023)68774307

[收稿日期] 2011-06-13 [修回日期] 2011-07-20

### 1.2 方法

采用静脉吸入复合麻醉,经鼻腔气管插管。右侧颈内静脉放置双腔深静脉导管,右侧桡动脉、足背动脉分别放置留置针进行有创血压监测。CPB 装置使用 Jostra-20 型或 Stockert-Ⅲ型体外循环机,Medtronic 或 Stockert Data master 静脉血氧饱和度监测仪,7 kg 及以下患儿选择 Dideco901、Medos-1000 型膜式氧合器,7.5 ~ 13 kg 的患儿选择使用 Dideco902、Medos-2800 型膜式氧合器。使用婴儿型体外循环管道、动脉微栓过滤器及停跳灌注系统。预充液由勃脉力(Plasmalyte-A)、红细胞悬液、血浆、20% 人血白蛋白、5% 碳酸氢钠(2.5 mL/kg)、20% 甘露醇(2.5 mL/kg)、10% 葡萄糖酸钙、速尿(5 ~ 10 mg)、甲基强的松龙(30 mg/kg)、乌司他丁(10 000 ~ 20 000 U/kg)等组成。

14 例患儿均采用升主动脉(10 ~ 14Fr)和股动脉(6 ~ 10Fr)分别插管,通过"Y"形接头连接于动脉微栓过滤器出血口,上、下腔静脉插管建立 CPB。转流过程中钳闭部分升主动脉插管的供血管,适当控制上半身灌注流量,股动脉插管全流量灌注,保证桡动脉平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)25 ~ 30 mmHg,足背动脉 MAP 30 ~ 40 mmHg。鼻咽温降至 30 ℃后阻断升主动脉,于主动脉根部灌注 4∶1 冷血高钾(22 mmol/L)心肌保护液 20 mL/kg,之后进行心内畸形的修补,转流中每隔 20 ~ 30 min 用半钾(10 mmol/L)冷血心肌保护液 10 mL/kg 灌注维持。6 例患儿由于主动脉缩窄段短,可以直接用 Gore-Tex 人工血管补片加宽或行主动脉端端吻合,降温到鼻咽温度 25 ℃,直肠温度 26 ℃,便同时阻断主动脉缩窄段的近心端和远心端直接进行主动脉畸形矫治,降流量为全流量的 1/2 ~ 2/3,待矫治完成,充分排气后恢复全流量转流并复温。4 例主动脉缩窄段长以及 4 例 IAA 患儿,均需要 Gore-Tex 人工血管移植,待鼻咽温度降至 18 ~ 20 ℃,直肠温度降至 19 ~ 22 ℃时,行深低温停循环(deep hypothermic circulatory arrest, DHCA),先做远心端吻合,阻断降主动脉近心端低流量 15 ~ 20 mL · $kg^{-1}$ · $min^{-1}$ 进行脑及上半身灌注。远心端吻合完毕,行近心端吻合,此时阻断降主动脉远心端低流量 30 ~ 50 mL · $kg^{-1}$ · $min^{-1}$ 进行下半身灌注,吻合完成,充分排气后恢复全流量体外循环,待混合静脉血氧饱和度($SvO_2$)大于 65% 后开始缓慢复温。所有病例在 CPB 复温过程中都采用常规超滤(conventional ultrafiltration, CUF)结合停机之后改良超滤(modified ultrafiltration, MUF)滤出体内多余水分,提高红细胞压积(hematocrit, HCT)。

## 2 结果

本组 14 例患儿 CPB 时间 118 ~ 247 min,平均(160.62 ± 34.26) min,阻断主动脉时间 65 ~ 199 min,平均(92.85 ± 24.73) min。复温到 31 ~ 32 ℃,有 12 例患儿心脏自动复跳,2 例电击复跳,所有患儿复跳后均恢复窦性心律,无恶性心律失常发生。术中 DHCA 时间 19 ~ 43 min,平均(31.38 ± 4.88) min,深低温低流量(deep hypothermia low flow, DHLF)时间 8 ~ 21 min,平均(13.16 ± 4.72) min。CPB 复温期间 CUF 滤出液体 120 ~ 610 mL,平均(296.1 ± 132.4) mL,停机后 MUF 滤出液体 180 ~ 400 mL,平均(260.2 ± 72.7) mL。CPB 停机前 HCT(0.26 ± 0.03),术后经过 MUF 患儿 HCT 可达到(0.31 ± 0.02)。所有患儿未出现中枢神经系统并发症和肾功能衰竭,康复出院。

## 3 讨论

### 3.1 单泵双管灌注技术

通常上、下半身同时灌注可分为单泵双管和双泵双管 2 种。双泵双管是指用 2 个泵分别进行灌注,每个泵的流量都可独立调节,操作比较复杂,常需同时间内进行多项操作,容易发生意外[4-5]。由于患者自身血管舒缩改变血管阻力,可自动调节各分支血管的流量,通过"Y"形接头连接可将两个动脉管路由一个泵头控制进行灌注,即单泵双管[6]。单泵双管操作简便易行,灌注师只需将注意力集中在 1 个主泵上,不容易发生意外。单泵双管灌注最大的顾虑就是上、下半身血流如不能得到合理分配,则有可能造成脑奢侈灌注。本组上、下半身血流通过以下几种方式分配与调节:①通过钳闭部分升主动脉插管供血管,减少上半身灌注。股动脉插管全流量灌注,保持转流中桡动脉 MAP 25 ~ 30 mmHg,足背动脉 MAP 30 ~ 40 mmHg。如果上、下半身血压差仍然过大则将升主动脉供血管钳闭的部分增加。②患儿自身血管舒缩,在一定范围内该种调节最符合生理状况。③如上述方法仍无效,减低整体流量,在保证不会发生脑奢侈灌注的前提下提供一定的下半身灌注。无需 DHCA 的中度低温手术,可根据术者要求以及血压情况适当降低灌注流量为全流量的 1/2 ~ 2/3。在鼻咽温度 25 ℃、直肠温度 26 ℃的情况下,较低的流量灌注也不受主动脉阻断时间的限制,上、下半身均可得到良好的血供,避免了腹腔重要脏器和脊髓缺血性损害[7-8]。

在 DHCA 过程中,选择间断的 DHLF,不仅避免机体重要脏器因为长时间的停循环而发生低温损伤及缺血缺氧,也减少了 DHCA 的时间。由于采用升主动脉插管,在 DHLF 中不仅提供脑组织灌注,同时对上半身也进行了相应的灌注。这种灌注方式的出现是因为小体重患儿头部主要动脉血管较细,难以插管行单纯脑灌注[9]。由于灌注范围较广,且婴幼儿头部占全身比例较成年人大,因此在 DHLF 中灌注流量维持在 15 ~ 20 mL/kg。下半身的灌注范围更广,需要的灌注流量也相应增大,在 DHLF 中维持下半身灌注流量在 30 ~ 40 mL/kg。当直肠温度在 19 ~ 22 ℃,停循环时间在 20 ~ 25 min 时,中枢神经系统较为安全;当停循环时间为 45 ~ 60 min 时,中枢神经系统的安全受到威

肋[10-11]。从本研究可以看出,使用该种灌注方法的患儿可耐受较长时间的外科手术,并无术后神经系统并发症及肾功能衰竭。

### 3.2 温度控制

温度控制是脑保护的另一重要要素,控制降温升温的时间又是重中之重[12]。降温过快会引起脑局部温度不均匀,进而加剧停循环中的脑损害。深低温期间全身组织处于缺血缺氧状态,停循环后立即过快复温,易导致脑组织复温不均匀,脑血流和代谢不均衡,进一步加重中枢神经系统损伤[13-14]。对于需要 DHCA 的患儿,在 CPB 开始先降温到鼻咽温度 30 ℃,阻断主动脉行心内畸形矫治,与此同时再缓慢均匀降温到鼻咽温度 18 ~ 20 ℃,直肠温度 19 ~ 22 ℃,降温过程控制在 20 ~ 30 min 左右,以保证机体均匀降温,保持鼻咽温和直肠温差 3 ~ 5 ℃。复温阶段先恢复流量采用低温血液灌注,待 $SvO_2$ 升高至 65% 时再复温,复温过程中保证水温与鼻咽温差 5 ℃,鼻咽温与直肠温差在 2 ℃以内。复温过程控制在 50 ~ 70 min,变温水箱最高温度设置在 38.8 ℃,待停机后设为 39 ℃,通过变温毯持续保温,避免温度过高造成中枢高热。对于中度低温就能完成手术的病例,也以同样的标准降温复温,复温过程控制在 30 ~ 50 min。所有患儿在直肠温度达到 36 ℃才能停止 CPB。

### 3.3 CPB 管理

采用单泵双管灌注技术对 AC 或 IAA 合并心内畸形进行 Ⅰ 期矫治时,对 CPB 的管理要求较高,术中应注意以下几点:①患儿的心肌保护。由于本组病例阻断主动脉的时间都较长,术中的心肌保护也显得尤为重要。本组 14 例患儿均采用 4∶1 冷血高钾(22 mmol/L)心肌保护液 20 mL/kg 诱导停跳,转流中每隔 20 ~ 30 min 用半钾(10 mmol/L)冷血心肌保护液 10 mL/kg 灌注维持,开放主动脉后 12 例自动复跳,2 例电击复跳,均恢复窦性心律,无恶性心律失常发生。②加强肾脏保护。本组患儿术中除了低温可延长肾脏耐受缺血时间外,DHLF 也让肾脏的缺血时间缩短,复温后再相应给予速尿和甘露醇,可避免 DHCA 后的组织水肿,同时也可减少血管内晶体容量负荷,提高胶体渗透压。③CUF 和 MUF 的结合使用,MUF 能有效滤出 CPB 后多余水分,有助于 CPB 后重要脏器功能的快速恢复。本组所有病例均采用 CUF 结合 MUF 的方法。在复温过程中鼻咽温达到 28 ℃开始 CUF,滤出液体 120 ~ 610 mL,平均(296.1 ± 132.4)mL,停机后采用 MUF,滤出液体 180 ~ 400 mL,平均(260.2 ± 72.7)mL。CPB 停机前 HCT(0.26 ± 0.03),术后经过 MUF 患儿 HCT 达到(0.31 ± 0.02)。值得强调的是,在应用 MUF 时应注意患儿的出入量,防止为提高 HCT 滤出过多水分,造成细胞脱水和术后急性肾功能损伤。

总之,在婴幼儿主动脉缩窄或主动脉弓离断合并心内畸形进行 Ⅰ 期矫治术时,采用单泵双管上下同时灌注的体外循环方法安全、有效,能保护机体重要脏器。对于主动脉缩窄段短的病例可以在中度低温,适当降低流量的情况下完成手术;而需要停循环的病例选择使用 DHCA 和 DHLF 综合策略,更有助于脑的保护,减少术后神经系统并发症。

## [参考文献]


[1] Rao PS. Coarctation of the aorta[J]. Semin Nephrol, 1995, 15(2): 87 - 105.

[2] Jahangiri M, Zurakowski D, Mayer JE, et al. Repair of the truncal valve and associated interrupted arch in neonates with truncus arteriosus[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2000, 119(3): 508 - 514.

[3] 刘锦纷,苏肇伉,丁文祥. 小儿主动脉缩窄的外科治疗[J]. 中华胸心血管外科杂志, 1993, 9(2): 142.

[4] Isomatsu Y, Imai Y, Shin'oka T, et al. Coarctation of the aorta and ventricular septal defect: should we perform a single-stage repair? [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 122(3): 524 - 528.

[5] 刘晋萍,李春华,李 波,等. 深低温区域性脑灌注在婴幼儿主动脉缩窄 I 期矫治术中的应用[J]. 中国体外循环杂志, 2006, 4(3): 145 - 146.

[6] Colangelo N, Benussi S, Piazza G, et al. A simplified technique for antegrade selective cerebral perfusion[J]. Perfusion, 2002, 17(3): 187 - 189.

[7] Imoto Y, Kado H, Shiokawa Y, et al. Experience with the Norwood procedure without circulatory arrest[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 122(5): 879 - 882.

[8] 黄惠民,朱德明,陈 虹,等. 主动脉弓中断纠治手术的体外循环[J]. 中国体外循环杂志, 2005, 3(3): 162 - 164.

[9] 杨九光,王立伟,龙 村,等. 单泵双/三管及单/双侧选择性脑灌注在全主动脉弓替换术中的应用[J]. 中国体外循环杂志, 2006, 4(1): 1 - 4.

[10] 龙 村. 体外循环手册[M]. 第 2 版. 北京:人民卫生出版社, 2005: 400 - 401.

[11] Pigula FA, Gandhi SK, Siewers RD, et al. Regional low-flow perfusion provides somatic circulatory support during neonatal aortic arch surgery [J]. Ann Thorac Surg, 2001, 72(2): 401 - 406.

[12] Apostolakis E, Akinosoglou K. The methodologies of hypothermic circulatory arrest and of antegrade and retrograde cerebral perfusion for aortic arch surgery[J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 14(3): 138 - 148.

[13] Schears G, Zaitseva T, Schultz S, et al. Brain oxygenation and metabolism during selective cerebral perfusion in neonates[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2006, 29(2): 168 - 174.

[14] Amir G, Ramamoorthy C, Riemer RK, et al. Neonatal brain protection and deep hypothermic circulatory arrest: pathophysiology of ischemic neuronal injury and protective strategies[J]. Ann Thorac Surg, 2005, 80(5): 1955 - 1964.


(编辑:唐秋姗)