

## · 论 著 ·

## 婴幼儿体外循环预充液调整的临床研究

赵 举, 杨九光, 龙 村

(中国医学科学院阜外心血管病医院体外循环科, 北京 100037)

**摘要:**目的 通过对体外循环(CPB)预充液的改良调整,观察其对婴幼儿术中内环境及血流动力学的影响。方法 16例 10kg 以下的先天性心脏病患儿在常规预充的基础之上,通过血气结果对预充液进行改良调整并充分氧合,使预充液的内环境更接近机体内环境,记录预充液调整前后及 CPB 前中后的血气参数和 CPB 前中后的血流动力学指标。结果 经改良调整后的预充液 pH、PCO<sub>2</sub>、PO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、Mg<sup>2+</sup>、BE、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>均显著改善( $P < 0.01$ ),渗透压增高与调整前比较有显著性差异( $p < 0.01$ );术中血气结果均与术前无差异( $P > 0.05$ );血流动力学指标在 CPB 过程中得到有效维持,所有患者在 CPB 期间均未使用血管活性药物维持血压。结论 10kg 以下的婴幼儿 CPB 预充液改良调整将有利于术中内环境的维持和血流动力学的稳定。

**关键词:**婴幼儿;体外循环;调整;血流动力学;

**中图分类号:**R645.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-1403(2004)01-0007-03

## A Clinic Study of Cardiopulmonary Bypass Prime Solution Adjustment in Infant Heart Surgery

ZHAO Ju, YANG Jiu-guang, LONG Cun

(Department of CPB, Cardiovascular Institute and Fuwai Hospital,  
CAMS and PUMC, Beijing 100037)

**Abstract:** **OBJECTIVE** To evaluate the effects of prime solution adjustment on homeostasis and hemodynamic state of cardiopulmonary bypass (CPB) in infant undergoing open heart surgery. **METHODS** 16 congenital heart disease infants weighted below 10kg were studied. Based on the conventional CPB prime, we modified the prime solution using 5% NaHCO<sub>3</sub> and 10% MgSO<sub>4</sub>. At the same time the prime solution were oxygenized through 60% oxygen mixed air. We observed the changes of the blood gas and electrolyte and hemodynamic situation throughout the procedure. **RESULTS** PH, PCO<sub>2</sub>, PO<sub>2</sub>, Mg<sup>2+</sup>, BE and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ( $P < 0.01$ ) were optimized in the adjusted prime solution. Osmotic pressure of modified prime solution higher than that of conventional prime solution ( $p < 0.01$ ). Blood gas and electrolyte results in CPB period were similar to that of pre-CPB period ( $P > 0.05$ ). Hemodynamics could be maintained perfectly during the CPB period and no vasoconstrictor was given during CPB. **CONCLUSION** For infants under 10kg the CPB prime solution adjustment contributes to the homeostasis and hemodynamic stability in heart surgery.

**Key words:** Infant; Cardiopulmonary bypass; prime; hemodynamics

由于婴幼儿各器官发育的不成熟性,尤其是先心病患儿生长发育滞后,重要脏器功能不完善,机体储备能力低下,在体外循环(CPB)并行期间血流动力学不稳定一直是婴幼儿 CPB 研究领域的重中之重<sup>[1]</sup>。婴幼儿有效血容量低,CPB 预充相对比例增高,往往达到 1~1.5 倍的血容量,如何降低大量库血预充液对患儿机体内环境的影响是婴幼儿体外

循环关注的焦点,本文通过对 10kg 以下的先天性心脏病患儿体外循环预充液的改良调整,观察了预充液对婴幼儿术中内环境及血流动力学的影响。

### 1 材料与方法

将连续 16 例 10kg 以下行心脏手术的婴幼儿作为研究对象,其中男 7 例,女 9 例;年龄 3~24(14 ± 6.7)m;体重 5.3~10(8.34 ± 1.52)kg;手术包括:12 例房室缺修补术,其中 3 例合并肺动脉狭窄、3 例合并动脉导管未闭、5 例合并肺动脉高压;3 例法洛氏四联症根治,1 例 Switch 手术。CPB 用品根据体

收稿日期:2003-06-30; 修订日期:2003-09-30

基金项目:国家自然科学基金(30170931)

作者简介:赵举(1973-01-19),男,主治医师,硕士

重、身高推算的最大血流量选择,预充液总量(600 ± 67) ml,库血(381 ± 40) ml,库血比例 63. 5%。CPB 时间(70 ± 33) min,主动脉阻断时间(47 ± 25) min。

在常规婴幼儿预充的基础之上进行改良调整,具体方法如下:

1.1 常规预充 复方氯化钠溶液(176 ± 38) ml, ACD 库血(381 ± 40) ml,20% 人血白蛋白 50ml。

1.2 调整方法 预充液充分混合后根据测得血气结果调整预充液酸碱度、镁离子浓度尽量到正常生理范围,同时氧合预充液,提高其氧浓度,降低二氧化碳分压。调整过程中分别给予 5% NaHCO<sub>3</sub>;(19. 25 ± 1. 73) ml,10% MgSO<sub>4</sub> (3. 88 ± 1. 15) ml,60% 氧气空气混合气氧合(2. 6 ± 0. 6) min。

1.3 监测指标

1.3.1 血气 预充液充分混合调整后,患儿 CPB 前、中、后血气结果。

1.3.2 血流动力学 CPB 前、中、后患儿心率、血压、CVP、PO<sub>2</sub> 及鼻咽温和肛温。

2 结果

2.1 血气结果 如表 1 所示。预充液调整后有显著性差异的血气结果 pH、PCO<sub>2</sub>、PO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、Mg<sup>2+</sup>、BE、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 及渗透压( *P* 值均小于 0. 01),均有利于机体内环境和血流动力学的稳定。CPB 期间 pH、BE、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 与 CPB 前比较均无显著差异( *P* > 0.

05),Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 及渗透压虽然有统计学差异但均在正常生理范围;CPB 后血气结果均维持基本正常水平,血浆乳酸浓度在 CPB 中及 CPB 后均高于 CPB 前(2. 47 ± 0. 57) 比( 1. 41 ± 0. 43) ( *P* < 0. 01);( 2. 55 ± 0. 94) 比(1. 41 ± 0. 43) ( *P* < 0. 01),与术前库血预充后的高乳酸有关。

由于在预充液调整期间使用了 5% NaHCO<sub>3</sub>,血浆渗透压有一定程度的增加(305 ± 7. 73) 比(323. 2 ± 6. 29) ( *P* < 0. 01),CPB 开始以后很快下降,尽管与 CPB 前比较仍然有显著性差异(287. 2 ± 2. 70) 比(279. 8 ± 2. 43) ( *P* < 0. 01),且这种改变一直维持到术后(289. 1 ± 5. 92) 比(279. 8 ± 2. 43) ( *P* < 0. 01),但渗透压在整个手术过程中均维持在正常生理水平。

2.2 血流动力学结果见表 2。预充液经调整后,CPB 前并行相对平稳,患儿 MAP (40. 68 ± 5. 04) mmHg,可以有效维持组织灌注和重要脏器血供,所有患儿均无须血管活性药物维持血压,由自身循环平稳过渡到全流量 CPB,降温过程中肛温(T<sub>2</sub>)、鼻咽温(T<sub>1</sub>)下降平稳,温差维持在 2℃ 以内。

CPB 后患儿心率均有一定程度的增加,与心脏术后创伤和缺血再灌注损伤有关。MAP、CVP、PO<sub>2</sub> 及温度均与术前无显著性差异,说明畸形矫治术后患儿心功能进一步改善,血流动力学术前与术后无差异,是 CPB 后内环境稳定的集中体现。

表 1 预充液调整前后及手术过程中的血气结果

项目	预充液	预充液调整后	CPB 前(V)	CPB 中(A)	CPB 后(V)
pH	6. 95 ± 0. 07	7. 31 ± 0. 14 *	7. 38 ± 0. 04	7. 41 ± 0. 04	7. 36 ± 0. 05
PCO <sub>2</sub>	65. 2 ± 8. 1	44. 3 ± 11. 8 *	44. 8 ± 3. 8	38. 3 ± 3. 9	47. 6 ± 4. 9
PO <sub>2</sub>	62. 1 ± 9. 8	476 ± 95 *	42. 1 ± 9. 6	251 ± 83	37. 1 ± 6. 7
SO <sub>2</sub>	71. 2 ± 8. 8	99. 6 ± 0. 7 *	73. 2 ± 10. 0	99. 6 ± 0. 5	62. 5 ± 11. 8
Hct	24. 8 ± 4. 5	23. 2 ± 2. 1	34. 6 ± 4. 1	26. 7 ± 2. 9*	28. 7 ± 2. 6*
Na <sup>+</sup>	149. 1 ± 3. 5	155. 6 ± 14. 7	140. 9 ± 1. 6	143. 4 ± 1. 3*	143. 6 ± 2. 6
K <sup>+</sup>	7. 0 ± 0. 9	6. 4 ± 0. 9	4. 2 ± 0. 3	4. 0 ± 0. 6	4. 1 ± 0. 5
Cl <sup>-</sup>	106. 9 ± 5. 7	103. 8 ± 3. 6	104. 9 ± 2. 5	107. 3 ± 2. 2	106. 6 ± 3. 7
Ca <sup>2+</sup>	0. 14 ± 0. 03	0. 18 ± 0. 05	1. 27 ± 0. 19	1. 23 ± 0. 22	1. 62 ± 0. 52*
Mg <sup>2+</sup>	0. 08 ± 0. 02	0. 33 ± 0. 14 *	0. 45 ± 0. 05	0. 76 ± 0. 24*	0. 95 ± 0. 20*
Lac	5. 79 ± 1. 33	6. 22 ± 1. 77	1. 41 ± 0. 43	2. 47 ± 0. 57*	2. 55 ± 0. 94*
BE	-18. 4 ± 3. 05	-1. 93 ± 3. 88 *	1. 19 ± 2. 33	-0. 8 ± 2. 18	0. 4 ± 2. 81
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14. 11 ± 2. 25	24. 74 ± 2. 70 *	26. 32 ± 1. 77	24. 14 ± 1. 84	26. 05 ± 2. 52
Osmo	305 ± 7. 73	323. 2 ± 6. 29 *	279. 8 ± 2. 43	287. 2 ± 2. 70*	289. 1 ± 5. 92*

注: \* 表示预充液调整后与调整前具有统计学显著性差异的参数, *P* < 0. 01; \* 表示 CPB 中和 CPB 后与 CPB 前比较具有显著差异的参数, *P* < 0. 01; V: 静脉; A: 动脉

表 2 患儿血流动力学指标及温度的变化

项目	心率(次/min)	MAP(mmHg)	CVP(cmH <sub>2</sub> O)	SpO <sub>2</sub> (%)	T <sub>1</sub> (℃)	T <sub>2</sub> (℃)
CPB 前	137.81 ± 13.85	58.18 ± 5.26	4.69 ± 1.58	97.87 ± 5.33	36.76 ± 0.76	36.75 ± 0.72
CPB 中	0	40.68 ± 5.04	-	100	30.64 ± 3.22	31.29 ± 2.52
CPB 后	150.13 ± 16.32	61.69 ± 6.03	5.75 ± 2.44	99.68 ± 0.70	37.23 ± 0.39	36.63 ± 0.61

3 讨论

库血在保存过程中,随着保存时间的延长,血浆中的生化成分发生了一些变化。随保存时间的延长而逐渐上升的有:乳酸(LDH)、钾离子、CO<sub>2</sub>, 尿酸。LDH 逐渐升高,是因为随着保存时间的延长,有些红细胞逐渐破坏,而细胞内的 LDH 是血浆中的 500 倍;K<sup>+</sup>也是一样,其细胞内含量是血浆中 20 倍,红细胞的破坏导致其逐渐升高<sup>[2]</sup>。

尽管大量技术方法的改进已经使 CPB 在婴幼儿心脏手术中导致的不利影响得到了有效缓解,但针对 CPB 预充液调整的研究报道却很少。CPB 设备在最大程度上进行了微化缩小,技术也有了很大程度的提高,但是小儿心脏手术 CPB 仍然需要一定数量的库血预充<sup>[3]</sup>,尤其低体重患儿所占预充比例更高(60%~70%)。虽然新鲜库血可以缓解对机体的损害,但临床往往很难得到新鲜全血,而只能用红细胞悬液和冰冻血浆进行 CPB 预充,这样对于需要库血预充的婴幼儿心脏手术,如何将外来库血对患儿的影响降到最小,甚至消除库血对本已脆弱机体的损害是体外循环医师需要高度重视的。

本实验中充分混合后的常规预充液呈现低 pH、高 PCO<sub>2</sub>、低镁、低钙、高乳酸、低碳酸血症状态,该状态无疑将对婴幼儿脆弱的血流动力学产生严重的影响。经过调整的预充液可以完全纠正低 pH、高 PCO<sub>2</sub>、低镁、低碳酸血症,同时提供机体代谢所必须的氧气,从而为 CPB 的平稳过渡和顺利实施打下良好的基础,维持 CPB 开始期间患儿血流动力学稳定,克服了低体重患儿 CPB 开始血压难以维持的尴尬局面<sup>[5]</sup>。另外,预充液中追加镁制剂不仅维持正常 Mg<sup>2+</sup> 浓度,同时可以防止围术期钾离子的丢失<sup>[4]</sup>。

虽然 CPB 手术绝大多数在低温状态下进行,但

预充液保温仍有其实际意义,其目的在于使 CPB 预充液保持尽量接近机体的温度,从而避免低温预充液在 CPB 开始即刻对小儿心血管系统的影响,为 CPB 的平稳过渡作好准备。

术中维持较高的血浆胶体渗透压可以有效阻止 CPB 开始液体向组织间隙的渗出,有利于减低术后患儿重要脏器及组织的水肿<sup>[6]</sup>,目前对于婴幼儿手术的 CPB 尽量要求全胶体甚至超胶体预充,减轻组织水肿。对于低体重婴幼儿,CPB 预充液改良调整后其内环境更接近机体生理状态,对维持术中血流动力学稳定和术后预防组织细胞水肿具有重要意义,为提高低体重婴幼儿心脏术后治愈率提供帮助。

参考文献:

[1] Lilley A. The selection of priming fluids for cardiopulmonary bypass in the UK and Ireland[J]. *Perfusion*. 2002 Sep,17(5): 315-319.

[2] Maluf MA. Modified ultrafiltration in surgical correction of congenital heart disease with cardiopulmonary bypass[J]. *Perfusion*. 2003 Mar,18 Suppl 1:61-68.

[3] Ungerleider RM, Shen I. Optimizing response of the neonate and infant to cardiopulmonary bypass[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*. 2003 Jan,6:140-146.

[4] Jian W, Su L, Yiwu L. The effects of magnesium prime solution on magnesium levels and potassium loss in open heart surgery[J]. *Anesth Analg*. 2003 Jun,96(6):1617-1620.

[5] Himpe D, Neels H, De Hert S. Adding lactate to the prime solution during hypothermic cardiopulmonary bypass: a quantitative acid-base analysis[J]. *Br J Anaesth*. 2003 Apr,90(4):440-445.

[6] Eising GP, Niemeyer M, Gunther T, et al. Does a hyperoncotic cardiopulmonary bypass prime affect extravascular lung water and cardiopulmonary function in patients undergoing coronary artery bypass surgery[J]? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001 Aug,20(2): 282-289.

