

## 先天性心脏病

儿童先天性心脏病术后低心排  
综合征的危险因素分析向军<sup>1</sup> 何玲<sup>2</sup> 舒凯森<sup>3</sup> 刘艳<sup>1</sup> 彭慧<sup>1</sup> 彭泰峦<sup>1</sup> 魏蜀亮<sup>1</sup>

**[摘要]** **目的:**回顾性分析儿童先天性心脏病(CHD)术后低心排综合征(LCOS)的相关危险因素和并发症,探讨其LCOS的管理策略。**方法:**连续性收集2012年1月—2018年12月川北医学院附属医院心脏大血管外科收治的476例CHD患儿的临床资料,其中男性262例,女性214例;所有患儿均在全麻体外循环(CPB)下行心内畸形矫正术,按照术后是否发生LCOS分为LCOS组和非LCOS组,分别记录2组患儿术前、术中相关指标及术后并发症;将单因素分析具有统计学意义的变量进行多因素Logistic回归分析,进一步明确术后LCOS的危险因素;同时比较2组患儿并发症发生率及病死率。**结果:**儿童CHD术后LCOS发生率约为9.45%。多因素分析结果显示:年龄( $OR=1.195, 95\%CI:1.019\sim 3.254, P=0.024$ )、心室水平双向分流( $OR=2.174, 95\%CI:1.251\sim 6.812, P=0.021$ )、再次心脏手术( $OR=2.015, 95\%CI:0.995\sim 3.191, P=0.036$ )、主动脉阻断时间( $OR=3.141, 95\%CI:1.579\sim 5.454, P=0.010$ )、术后残余分流( $OR=1.957, 95\%CI:1.102\sim 3.836, P=0.017$ )是儿童CHD术后LCOS的独立危险因素。LCOS组患儿术后急性肝损伤(6.7% : 0.7%,  $P=0.001$ )、急性肾损伤(13.3% : 3.5%,  $P=0.011$ )、急性肺损伤(3.7% : 1.2%,  $P=0.006$ )、肺部感染(31.1% : 6.5%,  $P<0.001$ )发生率明显增高,机械通气时间[(32.1±36.8)h : (9.9±11.3)h,  $P<0.001$ ]、ICU停留时间[(116.2±57.6)h : (41.6±22.4)h,  $P<0.001$ ]、住院时间均明显延长[(16.5±8.3)d : (9.6±7.5)d,  $P<0.001$ ]、围手术期病死率(17.8% : 1.4%,  $P<0.001$ )明显增加。**结论:**年龄、心室水平双向分流、再次心脏手术、主动脉阻断时间、术后残余分流是儿童CHD术后LCOS的独立危险因素。LCOS与术后并发症发生率、病死率增加及住院时间延长显著相关。因此,应更加注重儿童CHD术后LCOS的危险因素,尽可能减少LCOS的发生以改善预后。

**[关键词]** 先天性心脏病;低心排综合征;危险因素;预后

**doi:**10.13201/j.issn.1001-1439.2020.06.013

**[中图分类号]** R541.1 **[文献标志码]** A

## Analysis of risk factors for postoperative low cardiac output syndrome in children with congenital heart disease

XIANG Jun<sup>1</sup> HE Ling<sup>2</sup> SHU Kaisen<sup>3</sup> LIU Yan<sup>1</sup>  
PENG Hui<sup>1</sup> PENG Tailuan<sup>1</sup> WEI Shuliang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Department of Cardio-Vascular Surgery, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong, Sichuan, 637000, China; <sup>2</sup>Department of Pediatrics, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College; <sup>3</sup>College of Pharmacy, North Sichuan Medical College)

Corresponding author: WEI Shuliang, E-mail: shuliang\_wei@163.com

**Abstract Objective:** To analyze the independent risk factors and complications for postoperative low cardiac output syndrome (LCOS) in children with congenital heart disease (CHD) undergoing operation and investigate the management strategy of LCOS. **Method:** Between January 2012 to December 2018 from the department of cardio-vascular surgery, affiliated hospital of North Sichuan Medical College, 476 cases of children with CHD underwent operations were collected consecutively, 262 males and 214 females. All the children underwent operation by cardiopulmonary bypass (CPB) with general anesthesia. According to whether had LCOS, patients were divided into 2 groups: LCOS group and non-LCOS group. Univariate and logistic regression analyses were used to identify the independent risk factors. The perioperative complications were also recorded. **Result:** The incidence of LCOS in children with CHD was about 9.45%. The age ( $OR=1.195, 95\%CI:1.019\sim 3.254, P=0.024$ ), ventricular horizontal bidirectional shunt ( $OR=2.174, 95\%CI:1.251\sim 6.812, P=0.021$ ), reoperation ( $OR=2.015, 95\%CI:0.995\sim 3.191, P=0.036$ ), aortic occlusion time ( $OR=3.141, 95\%CI:1.579\sim 5.454, P=0.010$ ), and residual

<sup>1</sup>川北医学院附属医院心脏大血管外科(四川南充,637000)

<sup>2</sup>川北医学院附属医院儿科

<sup>3</sup>川北医学院药学院

通信作者:魏蜀亮, E-mail: shuliang\_wei@163.com

shunts (OR=1.957, 95% CI: 1.102-3.836,  $P=0.017$ ) were the independent risk factors of LCOS. The incidence rates of postoperative acute hepatic failure (6.7% : 0.7%,  $P=0.001$ ), acute kidney injury (13.3% : 3.5%,  $P=0.011$ ), acute lung injury (3.7% : 1.2%,  $P=0.006$ ) and lung infection (31.1% : 6.5%,  $P<0.001$ ) in LCOS group were significantly increased. The duration of mechanical ventilation [(32.1±36.8) h : (9.9±11.3) h,  $P<0.001$ ] and ICU stay time [(116.2±57.6) h : (41.6±22.4) h,  $P<0.001$ ] and hospitalization time [(16.5±8.3) d : (9.6±7.5) d,  $P<0.001$ ] were significantly prolonged. The perioperative mortality (17.8% : 1.4%,  $P<0.001$ ) was significantly increased. **Conclusion:** The age, ventricular horizontal bidirectional shunt, reoperation, aortic occlusion time, residual shunts were the independent risk factors for postoperative LCOS in children with CHD. The perioperative complications in LCOS group were significantly increased. Therefore, more attention should be paid to the independent risk factors for postoperative LCOS in children with CHD, and minimize the occurrence of LCOS to improve the prognosis.

**Key words** congenital heart disease; low cardiac output syndrome; risk factors; prognosis

先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 是胎儿时期心脏血管发育异常所形成的心血管畸形, 是常见的先天性畸形之一<sup>[1-2]</sup>。因其无法自愈, 需进行相关治疗, 全麻体外循环 (cardiopulmonary bypass, CPB) 直视下先天性畸形矫治术是治疗儿童 CHD 主要手术方式。低心排综合征 (low cardiac output syndrome, LCOS) 是儿童 CHD 术后常见并发症, 其发生率较高<sup>[3]</sup>; 近年来, 随着医疗水平及手术技术的提高, LCOS 发生率有所下降, 但仍有较高的病死率, 其发生与预后不良相关<sup>[4-5]</sup>。因此, 减少 CHD 患儿术后 LCOS 的发生对降低儿童 CHD 围手术期病死率具有重要意义。目前对于儿童 CHD 术后 LCOS 的危险因素研究报道较少, 本研究旨在通过回顾性分析 2012 年 1 月—2018 年 12 月我院心脏大血管外科收治的 476 例 CHD 患儿的临床资料, 探讨儿童 CHD 术后 LCOS 的危险因素及对临床预后的影响。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

476 例 CHD 患儿中, 男 262 例 (55.1%), 女 214 例 (44.9%); 年龄 0.5~14 岁, 平均 (6.7±5.3) 岁; 所有患儿术前均经心脏彩超诊断明确。主要心内畸形包括单纯性 CHD 和复杂性 CHD, 见表 1。排

除标准: ①急诊手术者; ②年龄 > 14 岁者; ③术前合并其他脏器 (肝、肾等) 功能不全; ④临床资料缺失严重者; ⑤介入手术者。所有患儿均在 CPB 直视下行心内畸形矫治术。本研究通过我院伦理委员会批准。符合以下 ≥ 2 项诊断标准即诊断 LCOS<sup>[6]</sup>: ①心脏指数 < 2 L · min<sup>-1</sup> · m<sup>-2</sup>; ②收缩压 < 90 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 或收缩压较术前下降超过 20%; ③中心静脉压 > 15 cmH<sub>2</sub>O (1 cmH<sub>2</sub>O = 0.098 kPa); ④中心温度与外周温度之差 > 5℃, 四肢冰冷; ⑤尿量 < 0.5 ml · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>, 连续超过 2 h。按照术后是否发生 LCOS 分为 LCOS 组和非 LCOS 组。其中 LCOS 组 45 例, 男 24 例, 女 21 例; 非 LCOS 组 431 例, 男 238 例, 女 193 例。

### 1.2 研究方法

采用回顾性分析, 分析前设计统一适用的临床量表用于资料收集, 分别记录 2 组患儿术前、术中资料及术后并发症情况; 记录院内病死率。对 2 组患儿危险因素的相关变量进行统计学比较, 筛选危险因素。

### 1.3 统计学处理

所有数据采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析, 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 比较采用  $t$  检验; 计数资料

表 1 LCOS 组和非 LCOS 组术前心内畸形类型

Table 1 Preoperative cardiac malformations in LCOS group and non-LCOS group

心内畸形类型	LCOS 组 (45 例)	非 LCOS 组 (431 例)	$\chi^2$	P 值
单纯 CHD	29 (64.4)	305 (70.8)		
室间隔缺损或伴房间隔缺损或伴动脉导管未闭	19 (42.2)	187 (43.4)	1.662	0.221
房间隔缺损或伴动脉导管未闭	8 (17.8)	93 (21.6)	0.352	0.553
肺动脉瓣狭窄	2 (4.4)	25 (5.8)	0.140	9.708
复杂 CHD	16 (35.6)	126 (29.2)		
法洛四联症	7 (15.6)	65 (15.1)	0.007	0.993
肺静脉异位引流或伴房间隔缺损	3 (6.7)	26 (6.0)	0.029	0.886
完全性房室间隔缺损	3 (6.7)	21 (4.9)	0.274	0.601
右室双出口	1 (2.2)	6 (1.4)	0.194	0.660
三房心	1 (2.2)	3 (0.7)	1.139	0.286
主动脉窦瘤	1 (2.2)	5 (1.2)	0.369	0.543

以例数和%表示,比较采用 $\chi^2$ 检验。将差异有统计学意义的变量进行多因素 Logistic 回归分析,以得到影响儿童 CHD 术后 LCOS 的危险因素,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 儿童 CHD 术后 LCOS 相关危险因素

CHD 患儿 CPB 直视下心内畸形矫治术后 LCOS 发生率为 9.45%。2 组患儿 LCOS 危险因

素单因素结果显示早产儿、年龄、左室收缩末期内径、术前氧饱和度、术前肺动脉内径、再次心脏手术、心室水平双向分流、CPB 时间、主动脉阻断时间、术后残余分流是儿童 CHD 术后 LCOS 发生的危险因素 ( $P < 0.05$ ),见表 2。Logistic 多因素回归分析结果显示年龄、心室水平双向分流、再次心脏手术、主动脉阻断时间、术后残余分流是儿童 CHD 术后 LCOS 的独立危险因素 ( $P < 0.05$ ),见表 3。

表 2 2 组患儿基本资料比较

Table 2 Comparison of basic data between the two groups

例(%), $\bar{x} \pm s$

指标	LCOS 组(45 例)	非 LCOS 组(431 例)	$t/\chi^2$	P 值
男性	24(53.3)	238(55.2)	0.059	0.809
早产	7(15.2)	30(7.0)	4.199	0.040
年龄/岁	3.1 $\pm$ 4.3	6.9 $\pm$ 6.2	-4.010	<0.001
术前氧饱和度/%	91.6 $\pm$ 10.3	94.3 $\pm$ 8.1	-2.069	0.039
左房内径/mm	17.9 $\pm$ 7.9	17.1 $\pm$ 8.4	0.611	0.541
左室舒张末期内径/mm	26.5 $\pm$ 8.2	27.6 $\pm$ 7.8	-0.895	0.370
左室收缩末期内径/mm	17.4 $\pm$ 7.1	19.8 $\pm$ 6.6	-2.304	0.021
左室射血分数/%	67.4 $\pm$ 8.3	68.1 $\pm$ 7.5	-0.589	0.555
左室缩短分数/%	36.9 $\pm$ 5.8	37.2 $\pm$ 5.9	-0.325	0.745
肺动脉内径/mm	21.9 $\pm$ 9.3	19.5 $\pm$ 8.8	2.020	0.043
心房水平分流				
左向右	14(31.1)	124(28.8)	0.264	0.608
无分流	25(55.6)	259(60.1)	0.346	0.557
右向左分流	2(4.4)	29(6.7)	0.075	0.785
双向分流	4(8.9)	19(4.4)	0.938	0.333
心室水平分流				
左向右	21(46.7)	189(43.9)	0.131	0.717
无分流	8(17.7)	148(24.3)	4.348	0.057
右向左分流	9(20)	74(17.2)	0.227	0.634
双向分流	7(15.6)	20(4.6)	6.621	0.010
术前实验室检查				
白细胞计数/( $\times 10^9 \cdot L^{-1}$ )	9.2 $\pm$ 1.6	8.9 $\pm$ 1.7	1.132	0.258
血小板计数/( $\times 10^9 \cdot L^{-1}$ )	218.7 $\pm$ 126.5	209.8 $\pm$ 123.1	0.460	0.645
红细胞计数/( $\times 10^{12} \cdot L^{-1}$ )	4.7 $\pm$ 1.1	4.8 $\pm$ 1.1	-0.580	0.562
肌酐/( $\mu mol \cdot L^{-1}$ )	34.1 $\pm$ 15.6	32.7 $\pm$ 19.5	0.466	0.641
谷丙转氨酶/( $U \cdot L^{-1}$ )	18.2 $\pm$ 14.1	18.8 $\pm$ 13.9	-0.275	0.783
谷草转氨酶/( $U \cdot L^{-1}$ )	19.4 $\pm$ 17.3	18.9 $\pm$ 15.3	0.206	0.836
再次心脏手术	4(8.9)	7(1.6)	6.064	0.014
术中情况				
手术时间/min	125.5 $\pm$ 95.4	118.9 $\pm$ 89.1	0.469	0.638
CPB 时间/min	62.7 $\pm$ 23.9	54.3 $\pm$ 22.3	2.359	0.018
主动脉阻断时间/min	43.1 $\pm$ 17.5	30.9 $\pm$ 20.1	3.919	0.001
输入红细胞悬液/ml	225.6 $\pm$ 98.9	198.7 $\pm$ 95.5	1.792	0.074
术后残余分流	5(11.1)	6(1.4)	9.064	0.003

### 2.2 LCOS 对患儿预后的影响

与非 LCOS 组比较,LCOS 组术后急性肝损伤、急性肾损伤、急性肺损伤、肺部感染发生率显著增高,总呼吸机时间、ICU 停留时间、住院时间均延长,病死率明显增加(均  $P < 0.05$ )。见表 4。

### 3 讨论

LCOS 是心内直视手术后常见的并发症之一,也是儿童 CHD 术后导致死亡的重要原因,研究报道心脏术后 LCOS 的发生率高达 25%<sup>[7-8]</sup>,本组 CHD 患儿中术后 LCOS 发生率为 9.45%,较文献

表3 CHD 患儿术后 LCOS 的多因素 Logistic 回归分析

Table 3 Multivariate Logistic regression analysis of postoperative LCOS in children with CHD

相关因素	$\beta$ 值	OR	95% CI	P 值
年龄	0.835	1.195	1.019~3.254	0.024
心室水平双向分流	1.371	2.174	1.251~6.812	0.021
再次心脏手术	1.058	2.015	0.995~3.191	0.036
主动脉阻断时间	1.106	3.141	1.579~5.454	0.010
术后残余分流	0.938	1.957	1.102~3.836	0.017

表4 2组患儿术后并发症比较

Table 4 Comparison of postoperative complications between the two groups

例(%),  $\bar{x} \pm s$ 

指标	LCOS 组(45 例)	非 LCOS 组(431 例)	$t/\chi^2$	P 值
24 h 引流量/ml	135.6 $\pm$ 57.9	128.8 $\pm$ 54.8	0.787	0.431
急性肝损伤	3(6.7)	3(0.7)	11.670	0.001
急性肾损伤	6(13.3)	15(3.5)	6.522	0.011
急性肺损伤	3(3.7)	5(1.2)	7.477	0.006
肺部感染	14(31.1)	28(6.5)	30.686	<0.001
气管切开	5(11.1)	3(0.7)	27.648	0.002
总呼吸机时间/h	32.1 $\pm$ 36.8	9.9 $\pm$ 11.3	6.117	0.005
二次气管插管	6(13.3)	5(1.2)	26.746	<0.001
二次开胸	1(2.2)	2(0.5)	2.011	0.156
胃肠道出血	1(2.2)	2(0.5)	2.011	0.156
ICU 停留/h	116.2 $\pm$ 57.6	41.6 $\pm$ 22.4	10.767	<0.001
住院/d	16.5 $\pm$ 8.3	9.6 $\pm$ 7.5	5.728	<0.001
院内病死	8(17.8)	6(1.4)	32.298	<0.001

报道低,可能是由于 CHD 患儿术前心功能受损不严重有关。虽然有研究报道 LCOS 的发生可能与术前心功能、术中操作、CPB 等有关,但仍无确切的指标反映其发生<sup>[9]</sup>。因此,探讨其危险因素对防治儿童 CHD 术后 LCOS 具有重要意义。

目前,国内外对儿童 CHD 术后 LCOS 危险因素研究结果不一致,认为 LCOS 的发生是由多因素作用所致,包括心脏本身舒缩功能受损、心脏负荷的改变、炎症递质的激活、血液有形成分破坏及残余解剖问题等<sup>[10]</sup>。本研究中,通过对 CHD 患儿资料进行多因素回归分析,结果显示年龄、心室水平双向分流、主动脉阻断时间、再次心脏手术、术后残余分流是儿童 CHD 术后 LCOS 的独立危险因素。年龄越小,LCOS 发病率越高,可能与年龄较小患儿心肌细胞发育不完全,易受缺血缺氧损伤有关;同时,需尽早手术的小龄患儿,多数病变较重,畸形复杂,本身术前心功能不同程度受到损害,术后更易出现 LCOS。术前心室水平双向分流患儿术后 LCOS 发生率明显高于无分流或其他方向分流。心室水平双向分流多发生在室间隔缺损等左向右分流型 CHD 后期并发肺动脉高压;其导致术后 LCOS 可能原因是术前肺动脉压力增高或肺循环增多导致患儿术后容易出现肺血管阻力增加<sup>[11]</sup>;同时,CPB 所致的全身炎症反应使肺血管内皮受损,

造成血管炎症反应改变,使血栓素产生增多,内源性 NO 生成减少,从而使肺血管收缩及肺血管微血栓形成,导致肺血管阻力进一步增加,使右室后负荷增加<sup>[12]</sup>,进一步导致右心衰竭及 LCOS 的发生。

主动脉阻断时间是 CHD 患儿术后 LCOS 的危险因素,可能与主动脉阻断介导的心肌损伤有关。主动脉阻断期间,心脏处于抑制、缺血缺氧状态;主动脉开放后,心肌再灌注诱发全身炎症反应,内皮细胞激活,使细胞内钙超载及氧自由基大量释放,对心肌细胞造成损伤,影响舒缩功能<sup>[13]</sup>。此外,CPB 所致的肺缺血再灌注损伤也造成肺泡上皮-内皮屏障受损,导致肺淤血及肺水肿,使氧合受限;同时,CPB 及术后缺血再灌注损伤引起的局部及全身炎症反应使机体能量需求增加,使机体处于高代谢状态,使心肌氧耗增加,心脏做功增多,进一步加重心脏功能损伤,因此,主动脉阻断时间延长使处于高代谢状态的患儿术后 LCOS 发生率明显增加<sup>[14]</sup>。

再次心脏手术主要发生在复杂型心内畸形需分期矫治及残余病变或继发病变需进一步矫治。Jacobs 等<sup>[15]</sup>依据 STS CHD 数据库资料统计北美地区 2007~2011 年 CHD 患儿手术情况,约 1/3 为再次手术,且再次手术后 LCOS 发生率明显增加。本研究与之相同,分析原因可能是再次手术患儿因

前次手术前纵隔及心包紧密粘连,且再次手术相对复杂,手术、CPB及主动脉阻断时间均较长,手术本身及长时间CPB导致术后易病发LCOS。术后残余分流是小儿CHD术后常见并发症,其发生率达5%~25%,术后即刻出现残余分流主要发生于伴有重度肺动脉高压的心内畸形患儿,术中行心内畸形矫治时的单向活瓣或人为造口,该类患儿多数病变较重,基础心功能较差,残余分流所导致的血流动力学异常会加重原本经历手术打击的心肌损害,造成LCOS。

CPB术后并发LCOS会对机体产生明显不利的后果<sup>[16]</sup>,本研究显示,LCOS组患儿术后并发症增多,病死率增加,其可能原因如下:①LCOS导致肝、肾、脑、心脏等重要器官灌注不足,导致肝功能、肾功能损害;②LCOS所致的肺循环淤血使肺间质水肿,影响肺的血氧交换,易发生低氧血症,使肺部并发症发生率增加。目前,心内直视手术后LCOS是心血管疾病术后不良预后的危险因素已达成共识<sup>[17]</sup>。因此,通过严格监测心脏输出的各项指标,早期诊断LCOS、及时寻找原因及治疗,可达到减少并发症发生及改善预后的效果:①应根据患儿的病变、年龄等实际情况对手术时机进行严格把握;②术前应积极控制心力衰竭,降低肺动脉压力,术中应精细操作,减少残余分流及二次手术,同时不断提高手术技术,改进手术方法,尽量缩短主动脉阻断时间;③提高围手术期管理及对LCOS的识别,及早发现及处理,对于早发LCOS,在原有血管活性药物使用的同时,尽早使用米力农或左西孟旦<sup>[18]</sup>等正性肌力药物及IABP等心脏辅助装置。

本研究对于识别CHD患儿术后LCOS的危险因素具有一定的临床意义,对于LCOS的预防具有参考价值,但本研究也存在一定局限性,本研究为单中心回顾性分析,未对具体CHD进行分类比较,未对肺动脉压力进行统计,同时未收集血管活性药物的使用情况,可能会对结果产生影响,因此,今后需设计严谨的多中心前瞻性随机对照研究进行论证,以便更好地识别LCOS的危险因素及治疗。

#### 参考文献

- [1] Mishra TA, Sharma P. Health related quality of life of children with congenital heart disease attending at tertiary level hospital[J]. *J Nepal Health Res Counc*, 2019, 17(3): 288-292.
- [2] Cheng HH, Ferradal SL, Vyas R, et al. Abnormalities in cerebral hemodynamics and changes with surgical intervention in neonates with congenital heart disease[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159(5): 2012-2021.
- [3] Chandler HK, Kirsch R. Management of the low cardiac output syndrome Following Surgery for Congenital Heart Disease[J]. *Curr Cardiol Rev*, 2016, 12(2): 107-111.
- [4] Nordness MJ, Westrick AC, Chen H, et al. Identification of low cardiac output syndrome at the bedside: a pediatric cardiac intensive care unit survey[J]. *Crit Care Nurse*, 2019, 39(2): e1-e7.
- [5] Pérez Vela JL, Jiménez Rivera JJ, Alcalá Llorente MÁ, et al. Low cardiac output syndrome in the post-operative period of cardiac surgery. Profile, differences in clinical course and prognosis. The ESBAGA study[J]. *Med Intensiva*, 2018, 42(3): 159-167.
- [6] Alten JA, Gaies M. Defining low cardiac output syndrome: an ode to justice potter stewart[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2017, 18(1): 85-87.
- [7] Kato H, Matsui Y. Perioperative care of low cardiac output syndrome[J]. *Kyobu Geka*, 2017, 70(8): 565-570.
- [8] Hickok RL, Spaeder MC, Berger JT, et al. Postoperative abdominal NIRS values predict low cardiac output syndrome in neonates[J]. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2016, 7(2): 180-184.
- [9] Lomivorotov VV, Efremov SM, Kirov MY, et al. Low cardiac output syndrome after cardiac surgery[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31(1): 291-308.
- [10] Ulate KP, Yanay O, Jeffries H, et al. An elevated low cardiac output syndrome score is associated with morbidity in infants after congenital heart surgery[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2017, 18(1): 26-33.
- [11] Avila-Alvarez A, Del Cerro Marin MJ, Bautista-Hernandez V. Pulmonary vasodilators in the management of low cardiac output syndrome after pediatric cardiac surgery[J]. *Curr Vasc Pharmacol*, 2016, 14(1): 37-47.
- [12] Seth HS, Mishra P, Khandekar JV, et al. Relationship between high red cell distribution width and systemic inflammatory response syndrome after extracorporeal circulation[J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2017, 32(4): 288-294.
- [13] Farag M, Veres G, Szabó G, et al. Hyperbilirubinaemia after cardiac surgery: the point of no return[J]. *ESC Heart Failure*, 2019, 6(4): 694-700.
- [14] Hickok RL, Spaeder MC, Berger JT, et al. Postoperative abdominal NIRS values predict low cardiac output syndrome in neonates[J]. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2016, 7(2): 180-184.
- [15] Jacobs JP, Mavroudis C, Quintessenza JA, et al. Reoperations for pediatric and congenital heart disease; an analysis of the Society of Thoracic Surgeons (STS) congenital heart surgery database[J]. *Semin Thorac Surg Pediatr Card Surg Annu*, 2014, 17(1): 2-8.
- [16] Hummel J, Rücker G, Stiller B. Prophylactic levosimendan for the prevention of low cardiac output syndrome and mortality in paediatric patients undergoing surgery for congenital heart disease[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 8: CD011312.
- [17] Sá MP, Nogueira JR, Ferraz PE, et al. Risk factors for low cardiac output syndrome after coronary artery bypass grafting surgery[J]. *Rev Bras Cir Cardiovasc*, 2012, 27(2): 217-223.
- [18] 汪学文, 刘娟珠, 冯祺论, 等. 左西孟旦对心脏手术患者生存及预后影响的 Meta 分析[J]. *临床心血管病杂志*, 2018, 34(3): 276-282.