

·论著·

## 小儿先天性心脏病体外循环术后死亡原因的分析与探讨

于新迪 杜欣为 王 伟 朱德明 徐卓明 张海波

**【摘要】 目的** 回顾性分析23 500例先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)患儿行体外循环术后发生死亡的原因及并发症,为进一步改善CHD的治疗效果提供参考。**方法** 回顾性收集2009—2016年由上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心收治的23 500例CHD患儿作为研究对象,重点分析体外循环术后死亡患儿的病种、年龄、死亡原因和并发症。**结果** 23 500例婴幼儿先天性心脏病术后共死亡569例,病死率为2.42%。死亡患儿与存活患儿比较,CPB时间、主动脉阻断时间显著延长,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。2016年,CHD患儿的病死率仅为1.68%。除了2016年的手术总数比2015年略有下降外,2009—2015年的CHD病例数呈现逐年递增的趋势。从2011年起,由于手术总数开始增加(较2010年增加了349例),所以死亡例数也同步增多,但病死率依旧呈现下降的趋势。569例死亡患儿中6个月以下死亡占比较高,其中又以<3个月的患儿占比最高(35.50%)。主要死亡原因依次为低心排出量综合征(67.74%)、呼吸系统并发症(15.93%)、多器官功能衰竭(11.49%)和心律失常(7.66%)。**结论** 畸形复杂程度和年龄是影响先天性心脏病术后死亡率的主要因素。围手术期心功能的保护仍是进一步改进的重点。

**【关键词】** 心脏病/先天性;体外循环;死亡率;外科手术;儿童

**Mortality analyses for children with congenital heart disease after cardiopulmonary bypass.** Yu Xindi, Du Xinwei, Wang Wei, Zhu Deming, Xu Zhuoming, Zhang Haibo. Department of Pediatric Thoracic Cardiovascular Surgery, Affiliated Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200127, China. Corresponding author: Wang Wei, Email: wangwei@scmc.com.cn

**【Abstract】 Objective** To explore the cause of death and the complications of age in 569 deceased children after cardiopulmonary bypass so as to provide rationales for improving the prognosis of congenital heart disease (CHD) after open heart surgery. **Methods** From 2009 to 2016, 569 CHD cases were selected as the observation objects to compare the types of malformation, age, postoperative mortality and complications. **Results** Among 23,500 cases, 569 patients died postoperatively with a mortality rate of 2.42%. Compared with survivors, CPB time and aortic occlusion time were significantly longer in deceased children and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). The mortality rate of CHD children was only 1.68% by 2016. Compared to 2015, besides a slight drop in total number of operations in 2016, the number of cases from 2009 to 2015 has shown an growing trend year-by-year. Since 2011, as the total number of operations began to increase (compared with 2010, an increase of 349 children), the number of deaths has increased simultaneously, but the mortality rate is still declining. Of all cases, the mortality rate of 6-month-old infants was higher while 3-month-old counterparts had the highest rate (35.50%). The major causes of death were low cardiac output syndrome (67.74%), respiratory failure (15.93%), multiple organ dysfunction syndrome (11.49%) and cardiac arrhythmia (7.66%). **Conclusion** The mortality rate of CHD children is correlated with the complexity of malformation and negatively related with patient age. Protection of heart function is vital for decreasing the postoperative mortality of CHD.

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.12.008

**基金项目:**上海市卫生计生委联合攻关项目(编号:3013ZYJB0013);上海市公共卫生三年行动计划(编号:GWIV-25)

**作者单位:**上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心胸外科(上海市,200127)

**通讯作者:**王伟, Email: wangwei@scmc.com.cn

【Key words】 Heart Disease/CN; Extracorporeal Circulation; Mortality; Surgical Procedures, Operative; Child

随着时代的发展,当今的技术手段几乎可以矫治所有的先天性心脏病(congenital heart disease, CHD),但依照病情的复杂程度在治疗过程中仍有一定的病死率,其原因主要为:体重低、年龄小、心肺等脏器发育不成熟、心血管病理生理及解剖较复杂、组织器官代谢率高、术前合并症较多、对手术和体外循环(cardiopulmonary bypass, CPB)的耐受性差、病情变化快以及术后监护困难等<sup>[1]</sup>。本文对先天性心脏病CPB术后患儿的临床资料进行回顾性分析,总结死亡患儿的相关情况、原因及并发症,为进一步改善CHD的治疗效果提供参考依据。

## 材料与方法

### 一、一般资料

2009年1月至2016年12月上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心共收治CHD患儿23 500例,存活22 931例(存活组),死亡569例(死亡组)。死亡组,男童319例(56.06%),女童250例(43.94%);年龄1 d至129个月,平均 $(7.28 \pm 5.5)$ 个月;0~3个月202例(35.50%);3~6个月129例(22.67%);6~12个月94例(16.52%);12~129个月144例(25.31%)。

### 二、疾病种类

所有患儿经心脏超声心动图和心导管造影等检查确诊,死亡病例中诊断为室间隔缺损(ventricular septal defect, VSD)合并房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)或卵圆孔未闭(patent foramen ovale, PFO)19例,法洛四联征(tetralogy of fallot, TOF)53例,右室双出口(double outlet right ventricle, DORV)59例,完全性或部分性心内膜垫缺损(complete or partial endocardial cushion defect, CAVC or PAVC)32例,主动脉缩窄(coarctation of aorta, CoA)和主动脉弓中断(interrupted aortic arch, IAA)43例,肺动脉闭锁(pulmonary atresia, PA)76例,完全性肺静脉异位引流(total anomalous pulmonary venous connection, TAPVC)27例(心上型8例,心内型10例,心下型9例),大动脉转位(transposition of great arteries, TGA)64例,单心房(single atrial, SA)或单心室(single ventricular, SV)36例,二期以上(分期或多次手术)的患儿27例,永存动脉干(persistent truncus arterio-

sus, PTA)15例,气道狭窄合并CHD 10例,瓣膜相关手术(包括二尖瓣、三尖瓣、主动脉瓣和肺动脉瓣)共26例,左冠状动脉起源于肺动脉(anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary artery, ALCAPA)9例,其他73例。本研究将动脉导管未闭、ASD、VSD、肺动脉狭窄(重度除外)归为简单先天性心脏病,将TOF及以上的病种归为复杂先天性心脏病。

### 三、麻醉方法和CPB管理

所有患儿采用气管插管吸入+静脉复合麻醉,采用定压控制通气模式行机械通气,潮气量为6~10 mL/kg,根据呼气末二氧化碳分压和血气分析结果进行调整,根据不同的疾病及病理生理维持合适的二氧化碳分压。CPB使用Terumo System 1型和Stockert-S 5型人工心肺机、Dideco、Maquet、Terumo、Medtronic系列膜式氧合器和DHF型血液浓缩器。预充的基础液为复方电解质溶液(勃脉力-A, Baxter heathcare co.),加入定量的抗生素、5%碳酸氢钠、地塞米松或甲泼尼龙(体重<5 kg或深低温手术时给予)、氨甲环酸、呋塞米等,肝素抗凝。根据患儿术前的红细胞比容(hematocrit, Hct)加适量库存少浆红细胞,紫绀型CHD患儿必要时从静脉系统放血,转流中维持Hct在0.25左右。胶体预充:体重<10 kg者加入20%人血白蛋白50 mL和血浆50 mL;体重>10 kg者给予佳乐施100~300 mL;二次以上手术者则加入血浆100 mL;维持血浆胶体渗透压12 mmHg以上。预充液总量根据患儿体重、管道和氧合器的类型决定。主动脉阻断时,部分病例经主动脉根部灌注1:4(1份氧合血:4份晶体)的冷晶体高钾含血心肌保护液(Del Nido配方),部分危重复杂先天性心脏病患儿使用康斯特(HTK)心肌保护液。根据患儿畸形严重程度:494例在中度低温、浅低温和常温心脏停跳下矫正心内畸形,28例在心脏不停跳下手术,47例采用深低温转流技术(其中采用深低温停循环技术27例、深低温低流量技术20例)。复温期间给予25%的甘露醇2.5 mL/kg,复跳后分次加入5%氯化钙4~7 mL,常规加入外源性磷酸肌酸钠。停机后待循环基本稳定,行改良超滤(modified ultrafiltration, MUF)8~12 min。MUF结束后肝素总量1:1.5的比例给予鱼精蛋白拮抗肝素作用。

死亡患儿 CPB 的转流时间为 39 ~ 529 (128.31 ± 72.84) min; 主动脉阻断时间 26 ~ 218 (58.85 ± 30.56) min。最低鼻咽温 18℃, 升主动脉开放后维持 Hct 0.21 ~ 0.30。术后辅助呼吸机时间 1 h 至 40 d, 平均为 (7.03 ± 4.56) d; 住 ICU 时间 1 h 至 40 d, 平均为 (7.86 ± 4.18) d; 住院时间 12 h 至 60 d, 平均为 (11.68 ± 6.58) d。

#### 四、统计学处理

应用 SPSS13.0 软件进行统计分析。对于 CPB 时间和主动脉阻断时间等计量资料采用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 对于病死率等计数资料以百分比 (%) 表示, 两组间比较采用卡方检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、CPB 情况

从表 1 可以看出, 死亡组与存活组患儿比较, CPB 时间、主动脉阻断时间显著延长, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

### 二、病死率和病种分布情况

表 2、表 3 表明近年来随着外科及相关技术 (如麻醉、CPB 等技术) 的进步, CHD 患儿的总手术成功

率及复杂病例的手术成功率在不断提高。2009—2016 年 TGA 的病死率分别为 14.75%、12.85%、11.23%、11.11%、4.96%、7.33%、3.61% 和 4.42%, 2016 年的病死率较 2009 年下降了 70.03%。2009—2016 年 DORV 病死率分别为 8.47%、6.67%、5.12%、4.82%、4.72%、4.37%、3.4% 和 4.31%, 与 2009 年相比, 2016 年 DORV 病死率下降了 49.11%。PA 病死率从 2009 年的 5.51% 下降为 2016 年的 3.51%。TAPVC 的病死率也明显下降, 由 8.77% (2009 年) 下降至 3.52% (2016 年)。与此同时, 复杂 CHD 的收治数量呈现出逐年上升的趋势, 从 2009 年 863 例增长到 2016 年 1 207 例, 2009—2016 年总体复杂率为 36.10%。各分病种的数量也增长较快, 如 TGA 的病例由 2009 年 61 例增加到 2016 年 113 例。表 3 显示随着总手术例数的增加, 先天性心脏病 CPB 术后的病死率呈现逐年下降, 2016 年 CHD 的病死率仅 1.68%。除了 2016 年的手术总数比 2015 年略有下降外, 2009—2015 年的病例数呈现出逐年递增的趋势。从 2011 年起, 由于手术总数开始增加 (较 2010 年增加了 349 例), 所以死亡的例数也同步增多, 但病死率依旧呈现下降趋势。总体而言, 不同病种 CHD 在病例数上的增长较快, 病死率却逐渐下降。

表 1 2009—2016 年死亡组和存活组患儿 CPB 和主动脉阻断时间的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Analyzing the data of CPB and aortic occlusion time in death and survival groups of different years ( $\bar{x} \pm s$ )

时间 (年)	CPB 时间 (min)			主动脉阻断时间 (min)		
	死亡组	存活组	<i>P</i> 值	死亡组	存活组	<i>P</i> 值
2009	158.88 ± 45.92	64.04 ± 27.37	<0.05	68.83 ± 30.21	38.33 ± 15.62	<0.05
2010	152.73 ± 41.74	68.41 ± 31.49	<0.05	69.28 ± 37.88	39.11 ± 14.55	<0.05
2011	142.90 ± 46.22	70.55 ± 33.02	<0.05	77.11 ± 22.66	39.64 ± 14.81	<0.05
2012	151.71 ± 47.49	73.62 ± 34.54	<0.05	70.18 ± 31.50	42.60 ± 17.65	<0.05
2013	134.26 ± 53.71	70.76 ± 36.44	<0.05	79.21 ± 44.53	38.94 ± 17.32	<0.05
2014	157.02 ± 58.33	68.23 ± 29.71	<0.05	85.33 ± 38.29	36.22 ± 12.16	<0.05
2015	152.38 ± 60.27	65.16 ± 37.70	<0.05	80.12 ± 31.38	38.57 ± 13.14	<0.05
2016	165.83 ± 49.10	64.34 ± 35.18	<0.05	78.10 ± 39.32	40.11 ± 18.92	<0.05

表 2 2009—2016 年不同病种先天性心脏病的病死率 [总人数/死亡人数]

Table 2 Distribution of major diseases in 569 deceased children after operation (total number of people/number of deaths)

时间 (年)	VSD	TOF	CAVC	DORV	TGA	PA	IAA/COA	TAPVC	瓣膜手术	SA/SV	二期手术
2009	1166/2	295/9	77/5	118/10	61/9	58/9	60/7	57/5	55/3	44/6	42/3
2010	1270/2	308/8	86/5	120/8	70/9	107/12	67/7	53/5	57/3	56/4	49/4
2011	1246/2	335/9	102/5	156/8	89/10	157/13	77/8	72/4	70/4	41/3	50/3
2012	1200/3	319/7	106/3	166/8	90/10	144/12	85/6	81/4	82/4	46/4	58/3
2013	1294/3	372/7	126/4	148/7	141/7	130/10	127/7	81/2	93/4	53/5	74/4
2014	1377/3	332/7	115/3	160/7	109/8	127/9	133/3	109/3	100/3	69/5	70/3
2015	1086/2	323/4	88/5	147/5	166/6	103/7	101/4	82/1	115/2	56/5	65/4
2016	1070/2	261/2	94/2	139/6	113/5	114/4	114/1	85/3	106/3	49/4	71/3
合计	9709/19	2545/53	794/32	1154/59	839/64	940/76	764/43	620/27	678/26	414/36	479/27

### 三、死亡患儿的年龄情况

统计死亡患儿在各年龄段的分布,结果显示<3个月的患儿最多,占比为35.50%;3~6个月患儿占比为22.67%;6~12个月的患儿占比最低,为16.52%;>12个月的患儿占比为25.31%。由表3可知,不同年份复杂和简单先天性心脏病的病死率存在统计学差异,这表明CHD的死亡率和心脏畸形的复杂程度有密切的关系。

### 四、死亡原因

由表4可知,死亡患儿的病种复杂,死亡原因较多,主要以低心排出量综合征(low cardiac output syndrome, LCOS)(67.74%)和呼吸系统并发症(15.93%)为主,其次为多器官功能衰竭(multiple organ dysfunction syndrome, MODS)(11.49%)和心律失常(7.66%)。

表3 2009—2016年手术总死亡率和复杂、简单手术的死亡率

Table 3 Mortality of total operative, complex and simple surgery from 2009 to 2016

时间 (年)	总体情况			复杂病例			简单病例			$\chi^2$ 值	P 值
	总数	死亡例数	死亡率(%)	总数	死亡例数	死亡率(%)	总数	死亡例数	死亡率(%)		
2009	2 580	77	2.98	863	66	7.64	1 717	2	0.12	117.77	<0.01
2010	2 610	77	2.95	767	67	8.73	1 843	2	0.10	143.77	<0.01
2011	2 961	85	2.87	1 144	74	6.64	1 817	2	0.11	106.41	<0.01
2012	3 021	82	2.71	1 130	72	6.37	1 891	3	0.16	105.79	<0.01
2013	3 112	72	2.31	1 020	62	5.67	2 092	3	0.14	111.13	<0.01
2014	3 111	66	2.10	1 036	56	5.40	2 075	3	0.14	97.34	<0.01
2015	3 141	60	1.90	1 316	54	4.10	1 825	2	0.10	66.81	<0.01
2016	2 964	50	1.68	1 207	46	3.81	1 757	2	0.22	59.05	<0.01

表4 569例CPB术后死亡患儿的主要病种及死亡原因[n(%)]

Table 4 Major diseases and causes of death in 569 deceased children after CPB operation[ n(%) ]

病种	死亡总数	死亡原因							
		LCOS	MODS	肾衰	DIC	心律失常	PH	呼吸系统	心脏骤停
VSD	19(3.83)	14(4.17)	4(7.02)	1(2.70)	—	3(7.89)	2(25.00)	2(2.53)	—
TOF	53(10.69)	38(11.31)	3(5.26)	5(13.51)	3(21.43)	6(15.79)	—	10(12.66)	—
DORV	59(11.90)	41(12.20)	9(15.79)	7(18.92)	3(21.43)	1(2.63)	1(12.50)	4(5.06)	5(83.33)
CAVC	32(6.45)	22(6.55)	—	2(5.41)	—	5(13.16)	3(37.50)	4(5.06)	—
CoA/IAA	43(8.67)	25(7.44)	6(10.53)	5(13.51)	—	1(2.63)	—	3(3.80)	1(16.67)
PA	76(15.32)	53(15.77)	9(15.79)	4(10.81)	2(14.29)	9(23.68)	—	14(17.72)	—
TAPVC	27(5.44)	18(5.36)	4(7.02)	1(2.70)	1(7.14)	—	—	8(10.13)	—
TGA	64(12.90)	54(16.07)	12(21.05)	6(16.22)	5(35.71)	7(18.42)	—	11(13.92)	—
SA/SV	36(7.26)	21(6.25)	5(8.77)	3(8.11)	—	3(7.89)	—	8(10.13)	—
二期手术	27(5.44)	8(2.38)	2(3.51)	—	—	3(7.89)	—	—	—
瓣膜手术	26(5.24)	23(6.85)	1(1.75)	2(5.41)	—	—	—	—	—
PTA	15(3.02)	12(3.57)	—	—	—	—	2(25.00)	5(6.33)	—
气管狭窄	10(2.02)	—	—	—	—	—	—	10(12.66)	—
ALCAPA	9(1.81)	7(2.08)	2(3.51)	1(2.70)	—	—	—	—	—
总计	496(100.00)	336(67.74)	57(11.49)	37(7.46)	14(2.82)	38(7.66)	8(1.61)	79(15.93)	6(1.21)

## 讨论

CHD发病率不容小觑,约占活产婴儿的0.7%~0.8%,是婴幼儿死亡的主要原因之一<sup>[2]</sup>。因此,本文着重尝试对先天性心脏病CPB术后死亡患儿的情况进行总结分析,从而提高CHD疾病的治疗效

果提供参考。随着医疗技术的飞速发展,外科技术和CPB领域的进步,围手术期监护能力的改善,尽管复杂CHD患儿的总数、危重程度较前增加,年龄和体重较前降低,但总病死率和复杂CHD的病死率却呈现出逐年降低的趋势,除了与手术操作和术后监护水平的提高有关,还与CPB设备和技术的改进有关,如缩短管道的长度、减小管道的内径、减轻炎



症反应、合理的预充量、良好的心肌保护、新式改良超滤、术后自体血回收和及时的机械辅助等<sup>[3,4]</sup>。虽然婴幼儿CHD早期手术的病死率较高,但对于心脏畸形极其复杂,可导致严重低氧血症或反复发作心衰、肺炎等并发症,严重影响生长发育及预后的患儿,必须在婴儿期,甚至新生儿期行急诊或限期手术<sup>[5]</sup>。

本研究结果显示死亡原因中以LCOS比例最高,LCOS仍是婴幼儿心脏手术后的主要并发症,也是主要的致死原因。术后发生LCOS的原因主要有:心脏畸形的复杂程度高、术前心功能不全、手术和CPB的时间较长、心肌缺血时间长或心肌保护不当、畸形矫正不完全等<sup>[6-9]</sup>。Epting CL<sup>[5]</sup>等认为CHD术后LCOS的发生与患儿年龄无关,而与手术本身以及原有心脏畸形有关。围手术期心功能的保护仍应作为降低CHD病死率的重点。因此,如何减轻心肌再灌注损伤、优化前后负荷、合理应用改善心肌收缩功能的药物、及时应用机械辅助体外生命支持手段应是今后的研究方向<sup>[10]</sup>。呼吸系统并发症和MODS位居CHD患儿死亡原因的第二、三位,占比27.42%,这与部分患儿术前就存在不同程度肺动脉高压、术中CPB诱发的全身炎症反应和渗漏因素有关;同时,CPB可导致机体内环境紊乱、免疫功能降低、多种类型的炎性介质被激活。因此,CPB转流是心脏手术后发生MODS的重要基础<sup>[11]</sup>。心律失常也是CHD术后并发症之一,主要和年龄小、CPB时间长、手术操作复杂、心肌功能受损等因素有关。

虽然2009—2016年上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心复杂CHD手术总数逐年增多,但各复杂CHD患儿的病死率逐年下降,这说明近年来CHD术前诊断水平和围术期治疗技术有显著提高;复杂CHD患儿在<1岁的较低年龄段中占比偏高,同时病死率也偏高。这一方面表明复杂CHD趋向于早手术,另一方面表明低年龄CHD仍是早期死亡的重要原因之一。主要原因是低月龄CHD患儿的心肌保持着许多胎儿心肌的特征,在结构、功能和代谢等方面都处于未成熟阶段;由于小婴儿全身各器官尚未完全发育成熟,心、肺、肝、肾等重要脏器代偿机能较弱,术前易出现反复呼吸道感染、合并肺动脉高压及心功能不全等情况,术后极易出现各种并发症,病情变化快且凶险,常危及患儿生命<sup>[12,13]</sup>。CHD越复杂,手术难度系数越大,死亡风险也越高<sup>[14]</sup>。如TGA患儿死亡占比为11.25%,

LCOS是主要死因,MODS次之。PA患儿病死率高达13.36%,低月龄、低体重、肺动脉发育程度以及心功能差是影响手术死亡的主要因素,死因主要为LCOS、低氧血症和心律失常。同大多数心脏畸形的术后死亡原因一样,以LCOS为主不同,PTA等个别病种术后的死亡原因主要为肺动脉高压,这提示对于个别类型的CHD应有针对性的措施来降低术后病死率。随着复杂CHD的占比越来越高,其手术对于整个医疗团队的技术水平也提出了更高的要求<sup>[15]</sup>。因此,提高复杂CHD的诊治水平是降低婴幼儿死亡率的重要手段。

综上所述,为了降低婴幼儿CHD的术后病死率,应进一步加强围术期心功能保护措施,制定合理的个体化手术方案,并通过整个团队技术水平的提高来改善复杂先天性心脏病的预后。

## 参考文献

- 1 Eekersley L, Sadler L, Parry E, et al. Timing of diagnosis affects mortality in critical congenital heart disease [J]. Arch Dis Child, 2016, 101 (6): 516-520. DOI: 10.1136/archdischild-2014-307691.
- 2 Sissman NJ. Incidence of congenital heart disease [J]. JAMA, 2001, 285 (20): 2579-2580. DOI: 10.1001/jama.285.20.2579.
- 3 Barbaro RP, Padén ML, Güner YS, et al. Pediatric extracorporeal life organization registry international report 2016 [J]. ASAIO J, 2017, 63 (4): 456-463. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000603.
- 4 Gray BW, Haft JW, Hirsch JC, et al. Extracorporeal Life support: Experience with 2000 patients [J]. ASAIO J, 2015, 61 (1): 2-7. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000150.
- 5 Epting CL, McBride ME, Wald EL, et al. Pathophysiology of post-operative low cardiac output syndrome [J]. Curr Vasc Pharmacol, 2016, 14 (1): 14-23. DOI: 10.2174/1570161113666151014123718.
- 6 Mick SL, Robich MP, Houghtaling PL, et al. del Nido versus Buckberg cardioplegia in adult isolated valve surgery [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2015, 149 (2): 626-636. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.10.085.
- 7 Ali MA, Abdelshafy SK, Mandour AM, et al. Potassium concentration in cardioplegic solutions in pediatric patients undergoing tetralogy of fallot repair: impact on myocardial protection [J]. J Anesth Clin Res, 2018, 9 (8): 851. DOI: 10.4172/2155-6148.1000851.
- 8 Howard TS, Kalish BT, Wigmore D, et al. Association of extracorporeal membrane oxygenation support adequacy and re-

- sidual lesions with outcomes in neonates supported after cardiac surgery[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2016, 17(11):1045-1054. DOI:10.1097/PCC.0000000000000943.
- 9 Agarwal HS, Hardison DC, Saville BR, et al. Residual lesions in postoperative pediatric cardiac surgery patients receiving extracorporeal membrane oxygenation support[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(1):434-441. DOI:10.1016/j.jtcvs.2013.03.021.
  - 10 Di Nardo M, Makaren G, Marco M, et al. ECLS in Pediatric Cardiac Patients[J]. *Frontiers in Pediatrics*, 2016, 4:109. DOI 10.3389/fped.2016.00109.
  - 11 Wang H, Ma S. The cytokine storm and factors determining the sequence and severity of organ dysfunction in multiple organ dysfunction syndrome [J]. *Am J Emerg Med*, 2008, 26(6):711-715. DOI:10.1016/j.ajem.2007.10.031.
  - 12 施经添, 何伦德, 金陵晖, 等. 6 月龄以下婴儿室间隔缺损修补术后早期气管插管拔管的影响因素分析[J]. *临床小儿外科杂志*, 2017, 16(4):386-390. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.04.017.  
Shi JT, He LD, Jin LH, et al. Influencing factors of early tracheal extubation after operation of ventricular septal defect in infants aged under 6 months[J]. *J Clin Ped Sur*, 2017, 16(4):386-390. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.04.017.
  - 13 于新迪, 杨寅愉, 沈佳, 等. 体外膜肺氧合在新生儿复杂先天性心脏病术后救治中的效果分析[J]. *中国体外循环杂志*, 2018, 16(1):7-11. DOI:10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2018.01.02.
  - Yu XD, Yang YY, Shen J, et al. Effect of extracorporeal membrane oxygenation in neonates with complex congenital heart disease after cardiac surgery[J]. *Chin J ECC*, 2018, 16(1):7-11. DOI:10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2018.01.02.
  - 14 Jacobs JP, Jacobs ML, Maruszewski B, et al. Initial application in the EACTS and STS Congenital Heart Surgery Databases of an empirically derived methodology of complexity adjustment to evaluate surgical case mix and results[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2012, 42(5):775-779. DOI:10.1093/ejcts/ezs026.
  - 15 Ghanayem NS, Allen KR, Tabbutt S, et al. Interstage mortality after the Norwood procedure: Results of the multicenter single ventricle reconstruction trial[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 144(4):896-906. DOI:10.1016/j.jtcvs.2012.05.020.

(收稿日期:2017-08-12)

**本文引用格式:** 于新迪, 杜欣为, 王伟, 等. 先天性心脏病体外循环术后死亡原因的分析与探讨[J]. *临床小儿外科杂志*, 2018, 17(12):911-916. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.12.008.

**Citing this article as:** Yu XD, Du XW, Wang W, et al. Mortality analyses for children with congenital heart disease after cardiopulmonary bypass[J]. *J Clin Ped Sur*, 2018, 17(12):911-916. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.12.008.

## ·三言两语·

### 新生儿手术后死亡的重要原因

婴儿全身组织体积太小, 代偿调节能量与耐力不足, 已成为新生儿术后死亡的重要原因。

①体温失控: 术中高热或体温不升。大切口术中散热快, 一旦热中枢失调成为超控体温不可逆, 多致死亡。术中应常规随时测量体温。特别注意循环衰竭时, 中心体温与外围体温能相差 6℃~10℃, 最好用直肠深部或于食管内心脏后置电子体温计。发现体温超标, 及时纠正(增温、通风)。

②体液丢失: 失血休克, 脱水衰竭。婴儿全身储血量很少, 几块纱布湿透, 即可致休克。空气干燥, 最易忽视的是脱水与血浓缩。患儿表现为血压低, 肤色苍白, 极易误诊为失血性休克。如盲目输血, 增加血粘度, 减慢循环, 促进死亡。此时查血色素常达 20 g, 血球塞实率超过 50% (正常最好维持 30%)。需及时输液, 而不是输血。

③肺不张: 术后婴儿疲劳懒动, 易致肺不张, 应定时吸痰刺激、使哭、咳或高压给氧补救。

(张金哲)