

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2021.04.02

体外膜氧合在先天性心脏病儿童危急重症中的应用

丁培成, 莫绪明, 彭 卫, 陈 凤, 束亚琴, 张玉喜, 武开宏, 戚继荣, 孙 剑, 邹 靓, 寸跃爽, 王智琪

[摘要]:目的 通过分析体外膜氧合(ECMO)技术在本中心先天性心脏病(CHD)儿童围术期应用的临床资料及预后,总结经验为降低ECMO的死亡率、减少并发症提供依据。**方法** 回顾性分析2016年6月至2019年6月41例接受ECMO的CHD围术期患儿的临床资料。本组除1例患儿外均在心肺转流下完成手术,ECMO均采用经胸插管静脉-动脉ECMO(V-A ECMO)模式。**结果** 男26例,女15例。手术年龄46.68(22.94,171.70)d;体重4.10(3.40,6.00)kg。ECMO时间5.15(4.28,6.25)d。成功撤离ECMO24例(58.5%),治愈出院17例(41.5%)。ECMO期间并发症包括感染22例(53.7%)、急性肾功能不全21例(51.2%)、呼吸功能不全需要机械通气>7d14例(34.1%)等。未撤机组术后出现凝血功能障碍的发生率显著高于撤机组($P=0.014$);未撤机组术前冠状动脉畸形、肺部疾病的发生率略高于撤机组,无显著性差异($P=0.064,0.141$)。死亡组染色体异常、术后残余畸形、术后感染的发生率显著高于存活组($P=0.017,0.038,0.022$);死亡组术前心肺复苏、术后心律失常、术后肺炎的发生率略高于存活组($P=0.134,0.061,0.078$),无显著性差异。**结论** ECMO已经成为CHD儿童围术期心肺支持的重要手段。在把握好安装指征的同时,ECMO期间的精细管理,努力降低相关的并发症,是进一步提高撤机率及存活率的关键。

[关键词]: 体外膜氧合;心肺转流;儿童;先天性心脏病;并发症

The application of extracorporeal membrane oxygenation in critically ill children with congenital heart disease

Ding Peicheng, Mo Xuming, Peng Wei, Chen Feng, Shu Yaqin, Zhang Yuxi, Wu Kaihong, Qi Jirong, Sun Jian, Zou Liang, Cun Yueshuang, Wang Zhiqi

*Department of Cardiothoracic Surgery, Nanjing Children's Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210000, China**Corresponding author: Mo Xuming, Email: mohsuming15@sina.com*

[Abstract]: Objective To summarize relevant experience to provide basis for further reducing the mortality and the incidence of complications by analyzing the clinical data and prognosis of children with congenital heart disease (CHD) requiring extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in our hospital during the perioperative period. **Methods** The clinical data of 41 children with CHD during perioperative period requiring ECMO in our hospital from June 2016 to June 2019 were retrospectively reviewed. All the patients except one received surgery under cardiopulmonary bypass (CPB). All the patients were adopted with arterial venous ECMO (V-A ECMO) mode with thoracic intubation. **Results** Among the 41 children (26 boys and 15 girls, operative age 46.68 (22.94, 171.70) d, weight 4.10 (3.40, 6.00) kg, ECMO time 5.15 (4.28, 6.25) days), 24 (58.5%) were successfully weaned from ECMO and 17 (41.5%) survived to discharge. The incidence of ECMO-related complications was still high, including 22 cases (53.7%) of infection, 21 (51.2%) cases of acute renal insufficiency, 14 (34.1%) cases of respiratory insufficiency requiring mechanical ventilation for at least 7 days and so on. Compared with patients with successful ECMO weaning, the incidence of postoperative coagulation dysfunction of patients with unsuccessful ECMO weaning was significantly higher ($P=0.014$); the incidence of preoperative pulmonary disease and preoperative coronary artery malformation of patients with unsuccessful ECMO weaning was slighter higher with no significant difference ($P=0.064, 0.141$). The incidences of chromosome abnormality, postoperative residual deformity and postoperative infection in the death group were significantly higher than those in the survival group ($P=0.017, 0.038, 0.022$). The incidences of preoperative cardiopulmonary resuscitation, postoperative arrhythmia and postoperative pneumonia in the death group were slightly higher

位基金项目:江苏省重点研发计划(社会发展)(BE2017608)

作者单位:210000 南京,南京医科大学附属儿童医院心胸外科 江苏省先天性心脏病诊疗中心

通信作者:莫绪明,Email: mohsuming15@sina.com

than those in the survival group ($P=0.134, 0.061, 0.078$), but there was no significant difference. **Conclusion** ECMO has become an important method of perioperative cardiopulmonary support in children with CHD. Except for grasping the indication of installation, careful management of ECMO and the reduction of ECMO related complications are the key to further improving the rates of ECMO weaning and survival.

[Key words]: Extracorporeal membrane oxygenation; Cardiopulmonary bypass; Pediatric; Congenital heart disease; Complication

体外膜氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 是从心肺转流 (cardiopulmonary bypass, CPB) 技术中发展而来, 一种能够代替心肺功能的体外生命支持技术^[1]。作为挽救常规治疗无效的心肺功能衰竭的新型方法, 它在挽救危重患者生命中发挥重要作用^[2-3]。自从 1974 年 ECMO 首次成功应用于新生儿以来, ECMO 成功治疗的儿童数量逐渐增加, 已经发展成治疗严重儿童心肺功能衰竭的重要手段^[4-7]。在心脏手术后需要接受 ECMO 的先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 患儿约占 2%~5%, 存活率基本保持在 35%~45%, 死亡率和并发症发生率仍较高^[3, 5-6]。CHD 围术期 ECMO 的适应证和时机, 到目前并无统一标准^[4]。使用预后预测因子进行适当的患者选择, 及早临床干预, 有助于减少并发症, 提高存活率, 改善预后^[8-9]。总结本中心 CHD 患儿围术期静脉-动脉 (veno-artery, V-A) ECMO 的应用经验, 研究患儿临床特征和预后结果, 为降低 ECMO 死亡率、减少并发症提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料与分组 回顾性分析 2016 年 6 月至 2019 年 6 月在本中心接受 ECMO 的 CHD 围术期患儿 41 例, 患儿男 26 例, 女 15 例。手术年龄 1.78 d~12 岁 (22.94, 171.70) d, 体重 1.90~54.00 (3.40, 6.00) kg。小于 1 岁 37 例 (90.2%), 其中新生儿 14 例 (34.1%)。除 1 例患儿行室间隔缺损介入封堵术外, 其余均在 CPB 下手术。根据是否成功撤离 ECMO 情况, 将患儿分为撤机组: 撤离 ECMO 后存活时间 >48 h 的患者 ($n=24$); 未撤机组: 患儿大多是经过长时间 ECMO 心肺功能仍无法改善, 提示心肌细胞受到不可逆损伤而放弃 ECMO ($n=17$)。再将撤离 ECMO 的 24 例患儿终末结局分为存活组: 存活出院的患儿 ($n=17$); 死亡组: 成功撤离 ECMO 后院内死亡的患者 ($n=7$)。患儿诊断与 ECMO 后结果见表 1。

1.2 ECMO 应用

1.2.1 ECMO 指征 本组 41 例中: ①CHD 术前常规治疗下生命体征难以维持的心肺功能衰竭 3 例; ②CHD 术中由于撤离 CPB 过程中心肌收缩无力或

表 1 患儿诊断与 ECMO 后结果 [$n=41, n(\%)$]

诊断	例数	撤机数 ($n=24$)	存活数 ($n=17$)
TAPVC	8	5 (62.5)	4 (50.0)
VSD, PAH	6	3 (50.0)	3 (50.0)
CAVSD	5	3 (60.0)	1 (20.0)
D-TGA, VSD	5	2 (40.0)	1 (20.0)
HAA, VSD	3	1 (33.3)	1 (33.3)
COA, VSD	3	3 (100.0)	2 (66.7)
D-TGA	2	1 (50.0)	1 (50.0)
DORV	2	2 (100.0)	2 (100.0)
TOF	1	1 (100.0)	0 (0.0)
PA, VSD	1	0 (0.0)	0 (0.0)
L-TGA, VSD	1	1 (100.0)	0 (0.0)
AS, AR	1	0 (0.0)	0 (0.0)
SAS	1	1 (100.0)	1 (100.0)
SAS, MR	1	0 (0.0)	0 (0.0)
IAA	1	1 (100.0)	1 (100.0)

注: ECMO: 体外膜氧合; TAPVC: 完全性肺静脉异位引流; VSD: 室间隔缺损; CAVSD: 完全性房室间隔缺损; D-TGA: 完全性大血管转位; L-TGA: 矫正型完全性大血管转位; HAA: 主动脉弓发育不良; COA: 主动脉缩窄; DORV: 右室双出口; TOF: 法洛四联症; PA: 肺动脉闭锁; AS: 主动脉瓣狭窄; AR: 主动脉瓣关闭不全; SAS: 主动脉瓣下狭窄; IAA: 主动脉弓离断; PAH: 肺动脉高压; MS: 二尖瓣狭窄

恶性心律失常等情况, 无法撤离 CPB 的 23 例; ③CHD 术后出现严重低心排量综合征或心跳骤停, 经过复苏、血管活性药物和肾替代治疗 (renal replacement therapy, RRT) 仍无效者 15 例; ④CHD 围术期经长时间心肺复苏仍无法恢复自主循环或者循环不稳定而在床旁应用 ECMO, 即为体外心肺复苏 (ECMO CPR, ECPR) 4 例。

1.2.2 ECMO 安装 ECMO 安装 CHD 术中在手术室 23 例, CHD 术前 3 例和术后 15 例在 ICU, 采用经胸插管 V-A ECMO 模式。经升主动脉置入灌注管, 右房置入引流管。若左心收缩无力, 需及时行左心减压术; 本中心共 14 例患儿选择放置引流管与左心房或者肺动脉连接。使用离心泵 (MAQUET ROTAFLOW, 德国), 膜肺 (MEDOS HILLITE 型, 北京), 肝素涂层套装管道。胸骨之间以两个直径 1 cm、长 2~3 cm 塑料管撑开, 用牛心包片将皮肤尽可能缝合

严密,外敷数层纱布,外贴透明贴膜,防止伤口及纵隔感染,并且方便观察伤口渗血情况。强调严格无菌操作,减少感染机会。由于 ECMO 期间,胸骨未闭合,创面较大,同时需抗凝治疗,出血是常见的并发症,术中严格止血,术后出血多需要再次手术止血。

1.2.3 ECMO 期间管理 ECMO 早期按照全流量辅助,80~120 ml/(min·kg);离心泵转速 2 500~3 000 rpm,应避免超过 3 000 rpm,防止红细胞的过多破坏。较高转速下血压水平仍低时,应评估是否存在出血、胸腔积液以及组织渗漏等引起有效循环血量不足,适当应用止血药物和补充血容量。在充分复苏的情况下患儿仍低血压,可适当应用正性肌力药物,维持平均动脉压新生儿 40~50 mmHg,小儿 50~70 mmHg。通气设置选择肺保护性通气策略,结合患儿体重及心脏解剖的病理生理条件,同步间歇指令通气方式为主,吸气峰压 14~20 cmH₂O,呼气末正压 6~10 cmH₂O,频率 20~30 次/min,氧浓度分数 50%。肝素用量 5~20 U/(kg·h),维持活化凝血时间在 180~220 s,活化部分凝血活酶时间 60~80 s。间隔 2~3 h 测定抗凝指标,随时调整肝素用量。严重出血时可以减少肝素用量或暂停肝素。

血流动力学稳定、心肺功能恢复,逐渐下调 ECMO 流量、增加正性肌力药物、增加呼吸机参数,于此同时床旁心脏超声评估心脏功能耐受。当 ECMO 流量降至患儿血流量的 10%~25%时,评估适宜脱机者行管道夹闭,观察 1~2 h 后病情稳定者,可拔除 ECMO 管道。对于心肺功能在合理支持时间后没有得到充分改善的患者,或继续 ECMO 无效的患者,如严重的脑损伤或严重的无法控制的出血,需建议适时停止 ECMO 治疗。

1.3 数据分析 采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析,符合正态分布的资料,以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,偏态资料以中位数四分位数间距[Q(Q, Q3)]表示;计数资料以例(百分率)表示。对于正态分布,两组间的比较方差齐时采用 *t* 检验,方差不齐时采用 *t'* 检验,对于偏态分布资料,两组比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料采用卡方检验,当四格表中有一格理论频数<5 时,采用 Fisher 精确检验,当行×列数表中理论频数<5 的格子数超过总格子数的 1/5 时,采用 Fisher 精确检验。双侧 *P*<0.05 认为具有统计学显著差异。撤机成功定义为撤离 ECMO 后存活时间>48 h。

2 结果

2.1 CPB 与 ECMO 治疗情况 CPB 时间 273.00(163.25,381.25)min,主动脉阻断时间 68.00(48.50,84.50)min。ECMO 时间 5.15(4.28,6.25)d,范围 1.73~21.90 d。成功撤离 ECMO 24 例(58.5%),最终治愈出院 17 例(41.5%)。CHD 术前安装 ECMO 3 例,并且手术后继续行 ECMO,撤机 1 例(33.3%),无存活;术中安装 ECMO 23 例,撤机 12 例(52.2%),存活 9 例(39.1%);术后安装 ECMO 15 例,撤机 11 例(73.3%),存活 8 例(53.3%)。ECPR 4 例,撤机 3 例(75.0%),存活 1 例(25.0%)。机械通气时间 8.00(6.75,10.08)d,ICU 时间 18.39(15.00,33.24)d,住院时间 36.00(34.94,44.40)d。

2.2 ECMO 结果分析 全组共有 4 例患儿染色体异常,为 Down 综合征,均死亡,5 例术前有肺部疾病,如肺发育不良、持续性肺高压等,仅 1 例(33.3%)撤离 ECMO 且死亡。

未撤机组 17 例中冠状动脉畸形 3 例,为完全性大动脉转位患儿,均未能撤离 ECMO。术前冠状动脉畸形问题、肺部疾病的发生率略高于撤机组,但无显著性差异(*P*=0.064,0.141)。未撤机组术后凝血功能障碍的发生率显著高于撤机组(*P*=0.014)。

撤机组 24 例中术前经历 CPR 患儿 7 例,3 例(42.9%)存活;6 例具有心脏残余畸形(如二尖瓣返流、肺静脉狭窄等),2 例(33.3%)存活;术后感染 15 例患儿,8 例(53.3%)存活,无感染的 9 例患儿均存活;术后肺炎者 13 例,7 例(53.8%)存活;术后心律失常者 9 例,4 例(44.4%)存活。其他术后常见并发症均未见明显差异,包括常见的出血、急性肾功能不全。撤机组 24 患儿中有 7 例死亡。死亡组染色体异常、术后残余畸形、术后感染发生率显著高于存活组(*P*=0.017、0.038、0.022);死亡组术前 CPR、术后心律失常及肺炎的发生率略高于存活组,但无显著性差异(*P*=0.134、0.061、0.078)。见表 2。

2.3 并发症和死亡分析 ECMO 死亡 24 例,未撤机组 17 例,其中 16 例死于心肺功能无法恢复,1 例死于凝血功能障碍。撤机组于撤离 ECMO 后死亡 7 例,其中心肺功能衰竭 3 例,脑死亡 2 例,肺高压危象死亡 1 例,难治性出血死亡 1 例。见表 2。

全组 41 例中发生感染共计 22 例(53.7%),其中肺炎 19 例(46.3%);急性肾功能不全 21 例(51.2%),需要 RRT 14 例(34.1%);呼吸功能不全机械通气>7 d 14 例(34.1%),肺部并发症 10 例(24.4%);心律失常 14 例(34.1%),房室传导阻滞

表 2 未撤机组与撤机组患儿 ECMO 术前情况及撤机组患儿的死亡与存活率比较[n(%)]

项目	未撤机组(n=17)	撤机组(n=24)		P 值 [#]	P 值 [*]
		死亡组(n=7)	存活组(n=17)		
新生儿	8(57.1)	1(16.7)	5(83.3)	0.501	0.269
婴儿	7(30.4)	6(37.5)	10(62.5)		
其他儿童	2(50.0)	0(0)	2(100.0)		
早产	4(66.7)	1(50.0)	1(50.0)	0.507	0.212
体重<2.5 kg	4(57.1)	2(66.7)	1(33.3)	0.194	0.421
术前 CPR	4(36.4)	4(57.1)	3(42.9)	0.134	0.736
ECPR	1(25.0)	2(66.7)	1(33.3)	0.194	0.629
术前 MV	6(60.0)	1(25.0)	3(75.0)	1.000	0.270
术前肺部疾病	4(80.0)	1(100.0)	0	0.292	0.141
术前 NS 功能损伤	0	0	2(100.0)	1.000	0.502
染色体异常	1(25.0)	3(100.0)	0	0.017	0.629
冠状动脉畸形	3(100.0)	-	-		
在 ICU 安装	6(33.3)	4(33.3)	8(66.7)	1.000	0.524
在手术室安装	11(47.8)	3(25.0)	9(75.0)		
心脏手术前	2(66.7)	1(100.0)	0	0.428	0.335
心脏手术中	11(47.8)	3(25.0)	9(75.0)		
心脏手术后	4(26.7)	3(27.3)	8(72.7)		
急诊手术	8(38.1)	3(23.1)	10(76.9)	0.711	0.913
限期手术	6(46.2)	2(28.6)	5(71.4)		
择期手术	3(42.9)	2(50.0)	2(50.0)		

注：^{*}：撤机组与未撤机组比较；[#]：撤机组的死亡组与存活组的比较；ECPR：体外心肺复苏；NS：神经系统；MV：机械通气

表 3 两组患儿死亡原因及数量占比[n(%)]

死亡原因	未撤机组	撤机组	合计
心肺功能衰竭	16(94.1)	3(42.9)	19(79.2)
凝血功能障碍	1(5.8)	0(0)	1(4.2)
脑死亡	0(0)	2(28.6)	2(8.3)
出血	0(0)	1(14.3)	1(4.2)
肺高压危象	0(0)	1(14.3)	1(4.2)
合计	17(70.8)	7(29.2)	24(100)

需要临时起搏器 9 例(22.0%)；机械故障问题 11 例(26.8%)；出血需要手术止血 11 例(26.8%)；急性肝功能不全 9 例(22.0%)；心脏残余畸形 8 例(19.5%)；凝血功能障碍 7 例(17.1%)；神经系统功能障碍 7 例(17.1%)。撤机组和未撤机组患儿并发症发生率比较见表 4。

3 讨论

在 CHD 围术期患儿的血流动力学不稳定时，ECMO 能起到很好的支持过渡作用，已经成为危重患儿的重要支持手段。2016 年体外生命支持组织

(Extracorporeal Life Support Organization, ELSO) 的数据显示：至 2016 年 7 月国际上登记的儿童 ECMO 病例数已达 59 969 例，其中 50% 为新生儿呼吸衰竭，ECMO 的存活率达到 62%，而 ECMO 用于 CHD 心肺功能辅助的平均存活率在新生儿及小儿仅达到 44% 和 54%^[3]。本中心存活率与国际上小儿心脏中心 CHD 患儿 ECMO 治疗的总体结果接近，但仍有待提高。

3.1 ECMO 应用指征把握 单心室姑息手术、完全性大动脉转位、主动脉离断等严重影响血流动力学的 CHD 大都在新生儿及婴儿阶段进行手术，不同于成人心脏手术^[3]。冠状动脉畸形、左心退化、复杂心脏手术导致的心肌损伤、长时间 CPB 带来的炎症反应和器官功能障碍等都会造成术后撤 CPB 困难。ECMO 应用可以有效地提高婴幼儿 CHD 手术的存活率。本中心对预知撤机困难、病情危重的复杂 CHD 的患儿，由团队决定在手术室主动应用 ECMO，减少返回 ICU 后因心肌水肿、严重低心排等导致的死亡。

未撤机组患儿的术前冠状动脉畸形问题、肺部疾病的发生率高于撤机组 ($P = 0.064, 0.141$)，未达

表 4 未撤机组与撤机组 ECMO 术后及撤机组患儿的死亡组与存活组并发症发生率比较[n(%)]

项目	未撤机组(n=17)	撤机组(n=24)		P 值 [#]	P 值 [*]
		死亡组(n=7)	存活组(n=17)		
感染	7(31.8)	7(46.7)	8(53.3)	0.022	0.216
肺炎	6(31.6)	6(46.2)	7(53.8)	0.078	0.342
急性肾功能不全	8(38.1)	3(23.1)	10(76.9)	0.659	0.612
RRT	7(50.0)	1(14.3)	6(85.7)	0.625	0.512
MV>7 d	-	5(35.7)	9(64.3)	0.653	
肺部并发症	2(20.0)	4(50.0)	4(50.0)	0.167	0.152
心律失常	5(35.7)	5(55.6)	4(44.4)	0.061	0.742
临时起搏器	4(44.4)	3(60.0)	2(40.0)	0.126	1.000
机械设备问题	5(45.5)	2(33.3)	4(66.7)	1.000	1.000
出血手术止血	5(45.5)	3(50.0)	3(50.0)	0.307	1.000
凝血功能障碍	6(85.7)	1(1)	0(0)	0.292	0.014
肝功能不全	5(55.6)	1(25.0)	3(75.0)	1.000	0.450
心脏残余畸形	2(25.0)	4(66.7)	2(33.3)	0.038	0.433
神经系统功能障碍	2(28.6)	2(40.0)	3(60.0)	0.608	0.679

注：^{*}：撤机组与未撤机组比较；[#]：撤机组的死亡组与存活组的比较；RRT：肾替代治疗；MV：机械通气

到显著统计学意义差异。但可能与病例数较少相关，需要进一步研究。术前肺部疾病可能对肺脏造成不可逆的损伤导致撤 ECMO 困难。ELSO 组织指南中显示术前机械通气时间超过 2 周是 ECMO 的相对禁忌证^[4]。相关研究显示合并冠状动脉畸形的完全性大血管转位患儿死亡率、ECMO 使用率高，此类冠状动脉移植难度大，梗塞造成心肌缺血^[10-11]。此类患儿 ECMO 效果通常也不佳，术后远期也可能出现冠状动脉口狭窄而心功能衰竭甚至猝死^[12]。

死亡组染色体异常率显著高于存活组($P = 0.017$)；死亡组术前 CPR 发生率高于存活组($P = 0.134$)，未达到显著统计学意义。显示染色体异常的患儿虽可正常撤机，但撤机后可能更易出现心肺功能衰竭等情况而死亡^[13]。对于常规 CPR 超过 10 min 仍无法复苏的患者，迅速建立 ECMO，保证机体氧供和血流动力学稳定，降低死亡率^[1,8,14]。相关研究显示，与有计划的安装 ECMO 相比，ECPR 死亡率较高^[15-16]。建立床旁 ECMO 需要有一个高效反应团队，ICU 内始终有一台备用 ECMO 机器和床旁开胸的相关物品，可在数分钟内召集成员建立 ECMO。

3.2 ECMO 的并发症 本研究发现未撤机组术后凝血功能障碍的发生率显著高于撤机组($P = 0.014$)。新生儿、早产、体重<2.5 kg 等是易造成凝血功能障碍的高危因素，凝血功能障碍会导致弥漫性出血，多脏器衰竭，ECMO 无法维持。死亡组术后残余畸形、

感染发生率显著高于存活组，具有显著统计学差异($P = 0.038, 0.022$)。死亡组术后心律失常、肺炎的发生率高于存活组($P = 0.061, 0.078$)，未达到显著统计学意义。其他并发症并不意味着无影响，可能由于本研究的局限性需要今后进一步研究，收集更多病例分析。而对于本研究中发现的影响预后的危险因素尤其需要重视。

由于 ECMO 往往是在心肺功能已严重受损、大剂量药物治疗无效的情况下应用，此时各器官灌注减少、缺血缺氧对组织造成损伤。血管活性药物评分(visual identity system, VIS)与 CHD 预后的关系得到广泛的研究，VIS 的大小与死亡率有明显的相关性^[17]。同时，ECMO 产生的非波动性灌注以及血液有形成分破坏、感染、全身炎症反应等均可加重多器官损害，尤其对于血流变化敏感的肾脏，导致急性肾损伤发病率较高。一旦急性肾损伤出现及早行 RRT 能改善预后，否则会造成肾脏不可逆损害，最终会影响患儿血流动力学而导致患儿死亡。本研究显示积极的 RRT 能使心脏功能恢复良好的患儿成功脱离 ECMO，预后无差异。CHD 术后的脑死亡，多在出现突发事件后，经长时间 CPR 或 CPR 效果不佳，脑组织缺血缺氧并造成不可逆损伤有关^[18-19]。对于成功撤机而出现脑死亡 2 例患儿，都经历长时间 CPR。

V-A ECMO 一个不可避免的问题就是左室后负荷的增加，如果出现左心收缩无力，左心扩大，需要

及时行左心减压术,防止肺淤血及心室血栓等并发症。本研究 14 例行左心减压术,6 例肺动脉减压,8 例左心房减压。肺动脉插管可能不如直接左心引流有效,但对右心系统提供了足够的辅助引流,避免左心相关插管通路(肺静脉插管、房间隔造口或心尖插管)的并发症,较之更为安全^[20-21]。

3.3 适宜的辅助时间 本研究未撤机组与撤机组、存活组与死亡组的 ECMO 时间均无明显统计学差异。增加 ECMO 时间并不能增加存活率,还会加重血液破坏、凝血功能紊乱及继发的感染和急性肾损伤。经过较长时间 ECMO,心肺功能仍不能恢复者,应仔细评估心脏畸形矫治是否满意,如心室流出道是否有梗阻、肺动脉发育情况是否能够承受根治手术等原因,其他常见原因有应用 ECMO 的时机是否过晚,已经造成心肺的不可逆损伤而导致无法撤机。此时,心或肺移植是唯一考虑的有效治疗手段。

4 结论

综上所述,ECMO 对 CHD 畸形矫治术围术期出现的血流动力学不稳定,起到很好的过渡和支持作用,已经成为危重复杂 CHD 围术期治疗的重要支持手段。但目前总体的死亡率仍较高,相关并发症的发生率仍较高。本中心通过对应用 ECMO 指征的改进及术后 ECMO 管理水平的提高,使部分危重 CHD 患儿的存活率得到提高。但由于心脏畸形矫治的复杂性及 ECMO 的并发症,其整体存活率仍有待提高,因此在把握好安装指征的同时,ECMO 期间的精细管理,努力降低相关的并发症,是进一步提高撤机率及存活率的关键。

参考文献:

- [1] Extracorporeal Life Support Organization. ELSO Guidelines for Cardiopulmonary Extracorporeal Life Support [EB/OL]. [August 2017]. <https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx>.
- [2] Thiagarajan RR, Barbaro RP, Rycus PT, et al. Extracorporeal life support organization registry international report 2016 [J]. ASAIO J, 2017, 63(1): 60-67.
- [3] Barbaro RP, Paden ML, Guner YS, et al. Pediatric extracorporeal life support organization registry international report 2016 [J]. ASAIO J, 2017, 63(4): 456-463.
- [4] Extracorporeal Life Support Organization. Pediatric Cardiac Failure [EB/OL]. [February 2017]. <http://www.else.org/resources/guidelines.aspx>.
- [5] Roeleveld PP, Mendonca M. Neonatal cardiac ECMO in 2019 and beyond [J]. Front Pediatr, 2019, 7: 327.
- [6] Valencia E, Nasr VG. Updates in Pediatric Extracorporeal Membrane Oxygenation [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2020, 34(5): 1309-1323.
- [7] Mahmood B, Newton D, Pallotto EK. Current trends in neonatal ECMO [J]. Semin Perinatol, 2018, 42(2): 80-88.
- [8] Azizov F, Merkle J, Fatullayev J, et al. Outcomes and factors associated with early mortality in pediatric and neonatal patients requiring extracorporeal membrane oxygenation for heart and lung failure [J]. J Thorac Dis, 2019, 11(Suppl 6): S871-S888.
- [9] Aiello S, Loomba RS. Factors associated with the need for, and the impact of, extracorporeal membrane oxygenation in children with congenital heart disease during admissions for cardiac surgery [J]. Children (Basel), 2017, 4(11): 101.
- [10] Khairy P, Clair M, Fernandes SM, et al. Cardiovascular outcomes after the arterial switch operation for D-transposition of the great arteries [J]. Circulation, 2013, 127(3): 331-339.
- [11] Villafane J, Lantin-Hermoso MR, Bhatt AB, et al. D-transposition of the great arteries; the current era of the arterial switch operation [J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 64(5): 498-511.
- [12] Ahlstrom L, Odermarsky M, Malm T, et al. Preoperative coronary anatomy assessment with echocardiography and morbidity after arterial switch operation of transposition of the great arteries [J]. Se-diatr Cardiol, 2018, 39(8): 1620-1626.
- [13] Furlong-Dillard JM, Amula V, Bailly DK, et al. Use of extracorporeal membrane oxygenation and mortality in pediatric cardiac surgery patients with genetic conditions: a multicenter analysis [J]. Pediatr Crit Care Med, 2017, 18(9): 850-858.
- [14] 中华医学会急诊医学分会复苏学组, 成人体外心肺复苏专家共识组. 成人体外心肺复苏专家共识 [J]. 中华急诊医学杂志, 2018, 27(1): 22-29.
- [15] 乔叶菁, 于洁, 黑飞龙. 儿童体外膜肺氧合支持下心肺复苏的回顾性研究 [J]. 中国循环杂志, 2018, 33(Z1): 69-70.
- [16] Marino BS, Tabbutt S, Maclaren G, et al. Cardiopulmonary resuscitation in infants and children with cardiac disease: a scientific statement from the american heart association [J]. Circulation, 2018, 137(22): e691-e782.
- [17] Francis GS, Bartos JA, Adatya S. Inotropes [J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 63(20): 2069-2078.
- [18] Axtell AL, Funamoto M, Legassey AG, et al. Predictors of neurologic recovery in patients who undergo extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiac arrest [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2020, 34(2): 356-362.
- [19] Guo Z, Yang Y, Zhang W, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in children after open heart surgery [J]. Artif Organs, 2019, 43(7): 633-640.
- [20] Lorusso R, Raffa GM, Heuts S, et al. Pulmonary artery cannulation to enhance extracorporeal membrane oxygenation management in acute cardiac failure [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2020, 30(2): 215-222.
- [21] Meani P, Gelsomino S, Natour E, et al. Modalities and effects of left ventricle unloading on extracorporeal life support: a review of the current literature [J]. Eur J Heart Fail, 2017, 19 Suppl 2: 84-91.

(收稿日期:2021-12-07)

(修订日期:2021-01-11)