

# 体外膜氧合支持儿科暴发性心肌炎专家共识

中国医师协会体外生命支持专业委员会儿科学组  
中国医师协会儿童重症医师分会体外生命支持委员会  
中华医学会儿科分会急救学组

中国心胸血管麻醉学会体外生命支持分会  
中华医学会儿科外科学分会心胸外科学组

通信作者：林茹，Email: linru.008@zju.edu.cn

基金项目：浙江省“万人计划”杰出人才

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.01.005

体外膜氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 基本原理是通过动力设备将机体内血液引出体外，经人工膜肺氧合后，再回输至体内，维持机体各器官血供和氧供，对严重心肺功能衰竭患者进行心和（或）肺支持，使患者心肺得以充分休息，为进一步治疗和心肺功能恢复赢得时间<sup>[1]</sup>。急性暴发性心肌炎 (acute fulminant myocarditis, AFM) 患儿出现急性、严重心功能衰竭，严重心源性休克，心室纤颤或心搏骤停，经常规抗心衰、抗休克及复苏等治疗效果不佳时，应及时启用 ECMO 循环支持。据 2018 年 1 月体外生命支持组织 (extracorporeal life support organization, ELSO) 数据，AFM 是 ECMO 支持的所有疾病类型中存活率较高的一类，平均存活率 60%~75%<sup>[2]</sup>。大多数 AFM 患儿经 5~9 d ECMO 辅助即可撤离，逐渐痊愈，长期随访心功能结果满意。少数 AFM 患儿因心肌受损不可逆，可借助 ECMO 过渡到心脏移植或心室辅助。

AFM 死亡原因为原发疾病所致心搏骤停、不可逆心脏病变及心源性休克继发的不可逆脏器损伤等<sup>[3]</sup>。对于 AFM 患儿及时行 ECMO 支持可减少心搏骤停的发生，使心室几何学结构“快速逆向重塑”，减少扩张性心肌病发生及心脏移植<sup>[4]</sup>，同时避免或减少继发性多脏器功能衰竭 (multiple organ dysfunction syndrome, MODS)、颅脑损伤等不良预后。近年我国儿科 ECMO 技术发展迅速，但经验积累少且地域差异较大，规范仍未建立，并发症发生率、病死率及残疾率等与发达国家比较仍较高。专家组在参考国内外相关资料基础上，结合我国实际情况，制定本专家共识，供国内 ECMO 支持儿科 AFM 临床参考。本共识适用于 29 日龄至 18 岁儿童，不能完全替代 AFM 患儿总体治疗原则<sup>[5]</sup> 及个体化治疗方案。本文遵循 ECMO 管理基本原则<sup>[6]</sup>，主要针对 AFM 患儿 ECMO 管理的特殊性达成共识，不讨论其他治疗措施，如一般治疗，抗病毒及免疫治疗等。

## 1 适应证与禁忌证

### 1.1 适应证

AFM 患儿出现急性严重心功能不全、组织低灌注，经积极药物治疗仍无法维持有效循环，排除绝对禁忌证后需及时行 ECMO 支持。

① 心脏指数 (CI) < 2 L / (m<sup>2</sup> · min)<sup>[7]</sup>，CI [L / (m<sup>2</sup> · min)] = [心率 (次 / min) × 每搏心输出量 (mL) / 体表面积 (m<sup>2</sup>)] / 1 000；左心射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) < 40%~45%<sup>[8]</sup>，心肌短轴收缩率 (fractional shortening, FS) < 26%<sup>[9]</sup>；

② 持续性组织低灌注，如神志改变，心率加快，四肢湿冷，代谢性酸中毒：pH < 7.15<sup>[7]</sup>、BE < -5 mmol/L、血乳酸 > 4.0 mmol/L 且进行性加重<sup>[10]</sup>，尿量 < 0.5 mL / (kg · h)，毛细血管再充盈时间 > 3 s，中心静脉氧饱和度 < 50%；

③ 持续性低血压：低于同年龄、同身高组血压的两倍标准差<sup>[7]</sup>，如：婴幼儿 < 60 mmHg，儿童 < 70 mmHg。(1 mmHg = 0.133 kPa) (以身高 P<sub>50</sub> 的 3 岁幼儿为例，其正常收缩压为 90 mmHg，舒张压为 54 mmHg，平均动脉压为 66 mmHg；以身高 P<sub>50</sub> 的 10 岁儿童为例，其正常收缩压为 101 mmHg，舒张压为 63 mmHg，平均动脉压为 76 mmHg)<sup>[11]</sup>；

④ 使用两种或两种以上正性肌力 / 血管活性药物，且大剂量维持下仍存在低血压，如肾上腺素 > 0.4 μg / (kg · min)，多巴胺 > 10 μg / (kg · min) 等，或 2 次及以上血管活性药物评分 (vasoactive-inotropic score, VIS) ≥ 20 分，且进行性升高<sup>[12]</sup>；VIS 评分 = 多巴胺 [μg / (kg · min)] + 多巴酚丁胺 [μg / (kg · min)] + 10 × 米力农 [μg / (kg · min)] + 100 × 肾上腺素 [μg / (kg · min)] + 100 × 去甲肾上腺素 [μg / (kg · min)] + 10 000 × 垂体后叶素 [U / (kg · min)]<sup>[13]</sup>。

以上四条中任意一条情况持续达 3 h 以上，需紧急启

动 ECMO。

⑤出现或反复出现室颤、心搏停止或无脉电活动、短阵室速、Ⅲ度房室传导阻滞等严重心律失常，经抗心律失常药物、正性肌力药物或临时心脏起搏器等，仍不能维持有效循环者；

⑥心搏骤停经常规心肺复苏 15 min 仍不能维持自主循环者。

## 1.2 绝对 / 相对禁忌证

①严重脑功能障碍或已明确脑死亡者。如双侧瞳孔散大固定时间超过 1 h 以上，或瞳孔缩小后再次散大固定，或瞳孔散大且不对称，相差 2 mm 以上等；

②长时间严重代谢性酸中毒。如乳酸 >10 mmol/L 持续 10 h 以上；

③长时间严重 MODS。如肾衰竭，尿量 <0.5 mL/(kg·h) 或无尿持续 10 h 以上，肝衰：凝血酶原活动度 (prothrombin time activity, PTA) ≤ 20%，国际标准化比值 (international normalized ratio, INR) ≥ 2.6，凝血酶原时间 (prothrombin time, PT) >36 s<sup>[14-15]</sup> 持续 10 h 以上。

以上对“禁忌证”的规定，除严重脑功能障碍或明确脑死亡者外，其余均非绝对。由于移植医学的发展，即使出现 MODS，也可联合人工肝、人工肾长期替代过渡到心脏移植、肝肾移植，但此时多脏器功能恢复的可能性较小，病死率极高，且存活者后遗症发生率高，生活质量极低。希望临床医生时刻警惕 MODS 的发生与发展，及时建立 ECMO。

## 2 ECMO 的建立

### 2.1 一般准备

符合 ECMO 指征且获得监护人知情同意，须立即按下列程序快速进行 ECMO 支持前准备。

1) 常规检查：包括血常规、凝血功能、肝肾功能、血气、电解质及心脏超声等检查。如果病情允许建议行头颅 CT。

2) 备血制品：根据年龄申请 1~2 U 悬浮红细胞、50~100 mL 血浆及 10~20 g 白蛋白。

3) 备手术器械及相关设备：电刀、头灯、负压吸引器等。

4) 备抢救器械、药品和设备：气管插管、紧急用药、复苏板等。

5) 置管操作需在无菌区域，或有条件无菌防护区域进行。

### 2.2 ECMO 设备及耗材准备

确定 ECMO 主机、变温水箱无机械故障，气源通畅。检查耗材，包括 ECMO 套包，动静脉插管（需备相邻两个型号），核对消毒日期。

### 2.3 管路预充

选择与年龄、体质量相匹配的套包或自行剪裁拼接管

路。使用复方电解质液预充管路排气后系统自循环预热，加 20% 白蛋白 10 g，悬浮红细胞 1 U，5% 碳酸氢钠 5~10 mL，10% 葡萄糖酸钙 5~10 mL，肝素 5 mg 等。如时间允许，纠正预充液电解质 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 至正常范围，其中 Ca<sup>2+</sup> 尤为重要，以避免稀释性低钙诱发心搏骤停。若患儿病情危重或在心肺复苏中，可采用晶体液、白蛋白及 10% 葡萄糖酸钙预充后直接转流，维持生命体征，然后再输血纠正稀释性贫血。

### 2.4 置管麻醉

予镇静、镇痛药物以避免疼痛刺激诱发心脏停搏，必要时使用肌松剂。置管监测外周动脉压后进行 ECMO 置管操作。推荐使用作用迅速，维持时间短、对心脏收缩抑制小的药物，如小至中等剂量的咪达唑仑、芬太尼，需避免大剂量快速推注诱发心搏骤停。不推荐使用异丙酚，有发生低血压、心搏骤停的报道<sup>[16]</sup>。

### 2.5 ECMO 置管

1) ECMO 模式：选择静脉-动脉体外膜肺氧合 (veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO) 转流模式。

2) 置管部位：根据年龄、体质量不同可选择右侧颈内静脉和颈总动脉或下肢股动静脉。

3) 置管方法：置管前予肝素 50~100 U/kg 抗凝，5 min 后查活化凝血时间 (activated clotting time, ACT)，达到 180 s 以上可行置管操作。紧急时在确认肝素推注后直接置管。置管方式可选择切开或经皮穿刺。摆好体位后预先放置 X 线板，便于置管后定位。建议体质量大于 30 kg 者选择股动静脉<sup>[17]</sup>，注意远端肢体灌注状况，监测足背动脉血压（需大于 50 mmHg），否则需分出旁路建立远端肢体灌注。体质量小于 30 kg 者选择右侧颈部血管，解剖血管鞘后结扎颈内静脉和颈总动脉远端，于近心端置入插管<sup>[17]</sup>。置管完成经 X 线片确认插管位置合适后再固定。

静脉回流靠重力虹吸及离心负压吸引，流量取决于前负荷及插管阻力，阻力与管路长度成正比，与管腔半径成反比，故尽可能选管腔大、长度短的插管。插管型号标注为其外径，同一型号的插管因管壁厚度不同而内径各异。M 值代表插管阻抗，用于估算某一压力时的预计流量<sup>[18-19]</sup>。M 值越大阻力越大，相应流量越小。插管规格 (Fr)、M 值及 100 cmH<sub>2</sub>O (1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa) 落差重力虹吸下预计的 ECMO 流量 (ECMO 流量 @100 cmH<sub>2</sub>O) 的选择可参考表 1。

### 2.6 ECMO 连接及启动

管路预充完毕后，根据各医院的实际情况，由外科医师、重症监护医师或体外循环灌注医师配合完成置管与管路连接，连接时采用注盐水法排气，当离心泵达到一定转

表 1 常用 ECMO 插管

厂家	动脉插管			
	尺寸 (Fr)	长度 (cm)	M <sup>#</sup>	流量 (L/min) @100 cmH <sub>2</sub> O
	8	25	4.40	0.5
	10	25	4.00	0.9
	12	25	3.55	1.5
	14	25	3.25	2.4
	15	37	3.30	2.2
	17	37	3.05	3.0
	19	37	2.80	3.8
美敦力 (Biomedicus <sup>®</sup> , Minneapolis, MN 55432- 5604 USA)	静脉插管 (单腔)			
	尺寸 (Fr)	长度 (cm)	M <sup>#</sup>	流量 (L/min) @100 cmH <sub>2</sub> O
	8	25	4.35	0.5
	10	25	3.9	0.9
	12	25	3.55	1.5
	14	25	3.35	2.0
	15	50	3.65	1.3
	17	50	3.4	1.9
	19	50	3.15	2.6
	21	50	2.9	3.2
23	50	2.65	5.0	

速 (通常在 1 500~2 000 r/min) 后, 按照先静脉后动脉的顺序松开管道钳。ECMO 启动后 5~10 min 内达到全流量辅助 [100 ~ 150 mL / (min · kg)], 监测 ECMO 机器运行状态 and 患儿生命体征, 逐渐调整到患儿实际需要的辅助流量。

### 3 ECMO 支持的管理

#### 3.1 ECMO 过程管理重点

ECMO 辅助既要让心脏充分休息, 促进其恢复, 又要保证其他重要脏器的有效灌注, 避免继发性损伤。每日常规监测生命体征及血常规、心肌酶谱、凝血功能、重要脏器功能、感染指标、心电图、床旁心超等。维持足够的灌注流量, 混合静脉血氧饱和度在 60% 以上, 乳酸和剩余碱值在正常范围, 尿量满意。

1) 早期管理: ECMO 第 1~2 天。治疗重点: 保证足够的流量, 泵流量约为心排量的 60%~80%, 稳定生命体征, 减轻心脏负荷, 偿还氧债, 纠正内环境失衡。逐步减量或停用血管活性药。维持红细胞压积在 30%~35%。如果流量不理想, 可适当补充容量, 增加离心泵转速, 提高胶体渗透压至 18~20 mmHg。

2) 中期管理: ECMO 第 3~5 天。治疗重点: 继续稳定内环境, 等待心功能恢复及预防并发症发生。心功能恢复表现为脉压逐渐增大, 心肌酶、心肌标志物、QRS 波及 ST 段、左右心腔大小、射血分数等指标持续改善。

3) 后期管理: ECMO 第 6~9 天, 治疗重点: 逐步降低 ECMO 流量, 增加自体心脏做功。如有左心减压管, 可钳夹至拔除, 适当上调呼吸机参数和正性肌力药物, 并评估生命体征、血流动力学及心功能各项指标, 为 ECMO 撤

离作准备。

如果心功能尚无恢复迹象, 必须重新评估并制定下一步治疗计划: 继续 ECMO 辅助; 改装长期心脏辅助装置; 心脏移植; 被迫放弃。不推荐在急性期行心脏移植, 因部分患者还有恢复可能<sup>[5]</sup>。

#### 3.2 纠正心律失常方法选择

QRS 波延长、肌钙蛋白水平持续升高、左心室收缩力下降等使 AFM 患儿可随时发生致命性心律失常及心搏骤停<sup>[20]</sup>。目前针对 AFM 抗心律失常尚无具体推荐方案, 可参照 2006 年 ACC/AHA/ESC 抗心律失常治疗指南<sup>[21]</sup>。临时起搏器适用于完全性房室传导阻滞者; 因 AFM 有完全恢复的可能, 不推荐安装植入性心室起搏器。多数 AFM 的心律紊乱经 ECMO 心脏减负后逐渐好转<sup>[22]</sup>。AFM 患儿心肌炎性水肿明显甚至坏死, 除颤电流会加重心肌细胞损伤, 且随除颤功率加大和除颤次数增加而加重<sup>[23-25]</sup>, 甚至不可逆, 需谨慎用小功率使用电除颤。对这类患儿更主张以中等剂量、重复使用利多卡因<sup>[26-27]</sup>、胺碘酮<sup>[28-29]</sup> 相对比较安全。胺碘酮增加冠脉血流, 降低心肌耗氧, 适用于心衰时室速、室颤、室扑, 但静注仍有轻度负性肌力作用<sup>[30]</sup>。

#### 3.3 正性肌力 / 血管活性药物选择

心排量急剧下降导致的低血压, 通常使用肾上腺素、多巴胺、多巴酚丁胺静脉泵注, III 度房室传导阻滞、阿-斯综合征发作时首选异丙肾肾上腺素。AFM 的心源性休克以外周血管张力增加为主要表现, 如四肢湿冷, 尿量减少等。因此, 不宜为维持血压而长时间、大剂量使用强烈缩血管药物如去甲肾上腺素, 加重微血管收缩, 进一步减少组织灌注, 加速 MODS 发生进程<sup>[31]</sup>。ECMO 建立后应首先减量或停用去甲肾上腺素, 评估心功能后逐渐减停正性肌力药物, 骤停或减量速度过快可能导致心室被动扩张, 不利于远期恢复。

#### 3.4 左心减压的时机、方式

VA-ECMO 增加左心后负荷, 并随流量增加而加重。ECMO 辅助下需密切监测左心功能, 若出现脉压低于 10 mmHg, 血压波形低平, 心音单一, 要高度怀疑左心室排空困难, 需及时行心超检查。若心肌收缩力极低, 心室扩张明显, LVEF 低于 20%, 主动脉瓣不能有效开放、左心室血流呈云雾状涡旋等现象均提示左心排血困难, 须及时行左心减压, 以免发生心肌不可逆损伤<sup>[32]</sup>。可适当增加正性肌力药物剂量、联合扩血管药物、适当减低 ECMO 流量等措施协助主动脉瓣开放; 如仍无效, 需及时采用导管下房隔造口, 或直接开胸放置左房引流管。

#### 3.5 液体与营养管理

限制液体入量, 促进利尿是治疗心源性休克的基本原则, 保证 ECMO 有效运行下尽量减轻循环负荷。尤其发生左心衰

时,需严格控制入量及输液速度,按每天生理需要量的 60% 计算,精准记录每小时出入量,保持液体总量负平衡 5%~10%。通常需要数天的限液管理,之后根据临床表现、心腔容量、左心功能、动静脉血气等评估决定是否增加液体入量。如果建立 ECMO 前患儿已发生了严重毛细血管渗漏,需补充足够的晶胶体以维持有效血容量及 ECMO 流量,血流动力学稳定后配合利尿或联合 CRRT 逐步实现液体负平衡。

ECMO 有效辅助下,应在 12 h 内将血乳酸水平降至正常或接近正常,24~48 h 内渡过休克期,此时血流动力学和内环境渐趋稳定,可根据肝肾功能及胃肠道耐受情况,行肠内或肠外营养,以鼻饲肠内营养为主,缓慢增加每日生理需要热卡<sup>[33-34]</sup>,最终达到预期营养目标。根据 2018 年中国危重症儿童营养评估及支持治疗指南<sup>[35]</sup>推荐:危重症儿童目标喂养量以 1~8 岁 50 kcal (kg·d),或 5~12 岁 880 kcal/d 计算 (1 kcal=4.184 kJ),第一天喂养量为目标喂养量的 1/4,若耐受,则每天以 1/4 递增至目标喂养量;温度 37~42℃;喂养速度从 20~30 mL/h 开始,每 4~24 h 增加 10~20 mL,3~5 d 后增至 50~60 mL/h;或以 5~10 mL/h 持续泵注开始,逐渐加量。

### 3.6 呼吸机管理

ECMO 建立后呼吸机以中等、半量支持条件设置,如 SIMV 或 BiPAP 模式,FiO<sub>2</sub><50%,频率 10~15 次/min,潮气量 3~5 mL/kg,PEEP 8~10 cmH<sub>2</sub>O<sup>[7]</sup>。AFM 患儿大多数以左心衰、肺水肿为主要表现,需要较高 PEEP;若以右心衰为主,则 PEEP 不宜过高<sup>[36-37]</sup>。临床上需分辨出心功能受损以左心亦或右心为主,选择适当 PEEP。

### 3.7 出凝血管理

ECMO 建立后应监测 ACT,待 ACT 值降至 300 s 以内 (通常在建立后 2~3 h) 开始持续泵注普通肝素抗凝,以小剂量 5~10 U/(kg·h) 启动,达到目标值 160~200 s 后每 4~6 h 监测 1 次。若肝素 >30 U/(kg·h) 仍达不到目标 ACT 时,需检测抗凝血酶-III (antithrombin-III, AT-III),浓度低于 0.5~0.7 U/mL,需补充 AT-III 50 U/kg<sup>[38]</sup>或足够新鲜冰冻血浆 (fresh frozen plasma, FFP),通常 FFP 中的 AT-III 含量约为 1 U/mL<sup>[39]</sup>。维持 AT-III 正常活力水平的 80% 以上才能有效发挥肝素抗凝作用。每 12~24 h 监测活化部分凝血酶原时间 (activated partial thromboplastin time, APTT)、PT、PTA、纤维蛋白原、D-二聚体等。维持 APTT 在正常值上限的 1.5~2 倍,约 45~60 s,血小板计数不低于 50×10<sup>9</sup>/L,纤维蛋白原正常或接近正常。必要时监测抗 Xa、血栓弹力图等出凝血相关指标。

### 3.8 预防感染及抗生素应用

AFM 的发病机制虽不明确,但多与机体免疫反应过强相

关,常规治疗包括使用大剂量激素冲击<sup>[40]</sup>及丙种球蛋白<sup>[41-42]</sup>。ECMO 建立时无菌操作,管路为封闭系统,置管创伤小,一般不需大剂量、多种广谱抗生素联合应用,除非临床情况复杂,休克时间长,机体免疫力明显抑制者。日常诊疗及护理中做好手卫生,避免院内交叉感染,密切监测各项感染指标,如出现感染,应遵循抗感染原则对症处理。

### 3.9 联合应用连续肾脏替代疗法 (continuous renal replacement therapy, CRRT)

对心脏泵功能和循环的机械支持是 AFM 患儿转归的决定因素。肾脏损伤大多继发于心源性休克及强烈缩血管药使用不当。当循环得到有效支持后,肾灌注会明显改善,故不建议常规首选 CRRT 及血液净化等;若在有效的 ECMO 流量灌注下仍少尿、容量过负荷、肾衰者应及时使用。CRRT 可连接在 ECMO 管路上或独立置管。

## 4 ECMO 撤离

### 4.1 试停机实验

撤机过程中完善呼吸机、血管活性药物及容量的调整,保证呼吸循环稳定。逐步提高呼吸机参数到完全支持状态,FiO<sub>2</sub> 40%~50%,呼吸频率 30~35 次/min,潮气量 6~7 mL/kg,PEEP 5~8 cmH<sub>2</sub>O,同时逐渐降低 ECMO 流量,直至“空转状态” [10~20 mL/(kg·min)],此时可夹闭管路或进入静脉-桥-动脉转流模式。为防止管路内凝血,适当提高肝素用量,每 5~10 min 开放管路或夹闭桥连接冲刷 1 次,持续至少 30 s 以上,然后再夹闭管路或恢复桥连接。多次试夹管操作评估,患儿生命体征和血气各项指标良好则可进入拔管程序。拔管后停肝素,根据 ACT 值再决定是否使用鱼精蛋白。

### 4.2 血管修补

拔除插管后需修补股动静脉,是否修补颈部血管尚存在争议。虽然大量文献并未观察到颈部血管修复与结扎对该侧脑血流分布及颅脑损伤发生率的差异有统计学意义<sup>[43-44]</sup>,但仍有较多学者建议拔除插管后行血管修补。如果 ECMO 运行时间短,颈总动脉血管条件较好,建议修补,但需清除血管腔内的血栓,以免发生脑栓塞。

## 5 机体并发症

### 5.1 出血

置管部位出血较为常见,一般通过纠正出凝血功能,减量或暂停肝素,降低 ACT 值,局部按压或缝合可解决。大量出血常见于开胸、胸腔穿刺、深静脉穿刺后,尤其是腹膜后出血较隐匿,难以发现。处理包括调整抗凝策略,局部加压,必要时需手术探查;如遇难以控制的肺出血,需

同时提高 PEEP、减少气道吸引等。严重出血可能导致 ECMO 提前终止。输注大量血制品、止血药物后应警惕诱发 ECMO 管路广泛性凝血风险,必要时需及时更换整套管路。

## 5.2 血栓

氧合器及管路出现血栓在不影响氧合及流量时可通过调整抗凝策略解决,若发生流量突然降低或中断,需立即更换整套管路。长时间 ECMO 运转时,如管路多处发生凝血、D-二聚体增高、纤维蛋白原与血小板消耗加快,调整抗凝策略仍效果不佳时应更换整套管路。

肝素诱导血小板减少性血栓形成 (heparin-induced thrombocytopenia with thrombosis, HITT) 不常见,一旦发生,后果较严重。常见于首次应用肝素后 5~14 d,表现为血小板计数下降 >50% 或 <10 × 10<sup>9</sup> /L,皮肤坏死、深静脉血栓形成等,采用 4T 评分与检测肝素依赖血小板抗体有助于诊断<sup>[45]</sup>。处理包括立即停用肝素、减少血小板输注、更换管路,使用凝血酶抑制剂,如阿加曲班、比伐芦定、重组水蛭素等。

## 5.3 溶血

红细胞压积过高、膜前压力过高、泵前负压过大 (<-30 mmHg)、泵头血凝块或泵头过热等均可能增加红细胞破坏。需观察尿色,监测血浆游离血红蛋白。处理包括去除原因,必要时更换整套管路。

## 5.4 感染

整个 ECMO 期间密切观察各项感染指标,合理使用抗生素,避免交叉感染。最常见的病原体为葡萄球菌及念珠菌<sup>[46]</sup>。ECMO 患儿一旦继发脓毒症,将明显增加病死率。

## 5.5 神经系统

主要分为颅内出血及梗死。多见于有心肺复苏史或长时间低灌注、代谢性酸中毒者。每隔 2 h 监测患儿双侧瞳孔大小及对光反射,必要时行头颅 CT 检查,严重者考虑终止 ECMO。

## 5.6 肝肾功能衰竭

ECMO 前复苏困难、长时间低灌注及代谢性酸中毒、使用大剂量缩血管药物、炎症因子风暴、严重毛细血管渗漏<sup>[47]</sup>等都将损伤肝肾功能,严重者需联合使用血浆置换、CRRT 等,提高患儿生存率<sup>[48]</sup>。

## 6 心搏骤停与 ECPR

心搏骤停胸外按压下紧急建立 ECMO,即体外心肺复苏术 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR)。ECPR 的有效性取决于常规复苏质量和时间、颅脑损伤程度及各医院 ECMO 团队操作熟练程度、多学科高效协作等。ECPR 启动时医护人员应分工协作,一组持续进行有效胸外按压及药物复苏;一组进行动静脉置管;另一组连接、预

充 ECMO 管路,从而确保在最短时间内完成对患儿的紧急循环支持,ECPR 从建立到开始运转所需时间通常为 30~60 min。由于 ECPR 患儿病情危重,抢救过程复杂,存活率仅 30%~40% 左右<sup>[49-50]</sup>,甚至更低。经历 ECPR 者需常规行脑保护措施,如减轻脑水肿,冰帽,亚低温治疗等。

AFM 患儿常并发严重心律失常,随时可发生心搏骤停,需实时评估,在常规治疗下有心搏骤停迹象或曾有院外心搏骤停史,血乳酸持续升高,排除禁忌证后应及时建立 ECMO,提高抢救成功率。

团队应配备随时待发的 ECMO 专用抢救车,包括各种型号插管和管路、配套装置、外科缝合用品、敷料包及变温水箱等。

## 7 出院前检查评估与出院后随访

大部分 AFM 的心肌损伤可逐渐恢复,但也有部分患儿数年后发展为扩张性心肌病,且预后不佳<sup>[51]</sup>。有研究发现在儿童扩张性心肌病中有 46% 曾有心肌炎病史<sup>[5,52]</sup>。推荐对 AFM 患儿进行长期心功能、心脏结构无创性评估,若出现持续性心室功能减退,建议再次入院行心肌活检<sup>[5]</sup>。

执笔:林茹、张晨美

共识组成员(按姓名汉语拼音排序):高恒妙(首都医科大学附属北京儿童医院)、洪小杨(解放军总医院第七医学中心附属八一儿童医院)、侯晓彤(首都医科大学附属北京安贞医院)、吉冰洋(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院)、林茹(国家儿童健康与疾病临床医学研究中心、浙江大学医学院附属儿童医院)、刘晋萍(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院)、陆国平(复旦大学附属儿科医院)、莫绪明(南京医科大学附属儿童医院)、舒强(国家儿童健康与疾病临床医学研究中心、浙江大学医学院附属儿童医院)、王伟(上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心)、王旭(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院)、许巍(中国医科大学附属盛京医院)、张晨美(国家儿童健康与疾病临床医学研究中心、浙江大学医学院附属儿童医院)、张育才(上海交通大学附属儿童医院)、周成斌(广东省人民医院)

利益冲突 专家组所有成员均声明本共识中所提及品牌与本共识无任何商业利益相关

## 参 考 文 献

- [1] 龙村. 体外膜肺氧合的临床应用现状和发展趋势 [J]. 内科急危重症杂志, 2013, 19(3): 132-134. DOI:10.11768/nkjwzzzz20130302.
- [2] Extracorporeal Life Support Organization. ECLS registry report of the

- extracorporeal life support organization(ELSO).2019[R]. <https://www.else.org/>.
- [3] Dancea AB. Myocarditis in infants and children: a review for the paediatrician[J]. *Paediatr Child Heal*, 2001, 6(8): 543-545. DOI:10.1093/pch/6.8.543.
- [4] Duncan BW, Bohn DJ, Atz AM, et al. Mechanical circulatory support for the treatment of children with acute fulminant myocarditis[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, 122(3): 440-448. DOI:10.1067/mtc.2001.115243.
- [5] Caforio AL, Pankuweit S, Arbustini E, et al. Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of myocarditis: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases[J]. *Eur Heart J*, 2013, 34(33): 2636-2648. DOI:10.1093/eurheartj/eh210.
- [6] Annich G, Lynch W, MacLaren G, et al. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care[M]. 4th Edition. Extracorporeal Life Support Organization, 2012,6: 299.
- [7] Lou B, Williams L. 体外膜肺氧合培训手册. 赵举, 金振晓, 译. [M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
- [8] Lazaros G, Oikonomou E, Tousoulis D. Established and novel treatment options in acute myocarditis, with or without heart failure[J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2017, 15(1): 25-34. DOI:10.1080/14779072.2017.1262764.
- [9] Matsumoto M, Asaumi Y, Nakamura Y, et al. Clinical determinants of successful weaning from extracorporeal membrane oxygenation in patients with fulminant myocarditis[J]. *ESC Heart Fail*, 2018, 5(4): 675-684. DOI:10.1002/ehf2.12291.
- [10] Extracorporeal Life Support Organization ECLS Guidelines[EB/OL](2018-02-23) [https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/ELSO\\_Reformatted\\_2018.02.23.pdf](https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/ELSO_Reformatted_2018.02.23.pdf).
- [11] 范晖. 中国儿童血压参照标准建立的研究 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2018.
- [12] Gaies MG, Jeffries HE, Niebler RA, et al. Vasoactive-inotropic score is associated with outcome after infant cardiac surgery[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2014, 15(6): 529-537. DOI:10.1097/pcc.0000000000000153.
- [13] Gaies MG, Gurney JG, Yen AH, et al. Vasoactive-inotropic score as a predictor of morbidity and mortality in infants after cardiopulmonary bypass[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2010, 11(2): 234-238. DOI:10.1097/pcc.0b013e3181b806fc.
- [14] Wendon J, Cordoba J, Dhawan A, et al. EASL Clinical Practical Guidelines on the management of acute (fulminant) liver failure[J]. *J Hepatol*, 2017, 66(5): 1047-1081. DOI:10.1016/j.jhep.2016.12.003.
- [15] Flamm SL, Yang YX, Singh S, et al. American gastroenterological association institute guidelines for the diagnosis and management of acute liver failure[J]. *Gastroenterology*, 2017, 152(3): 644-647. DOI:10.1053/j.gastro.2016.12.026.
- [16] Yildiz H. Successful therapeutic hypothermia in a propofol-related cardiac arrest case: a case report and literature review [J]. *Ther Hypothermia Temp Manag*, 2018, 8(4):239-244. DOI: 10.1089/ther.2018.0009.
- [17] 龙村. ECMO——体外膜肺氧合 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [18] Montoya JP, Merz SI, Bartlett RH. A standardized system for describing flow/pressure relationships in vascular access devices[J]. *ASAIO J*, 1991, 37(1): 4-8. DOI:10.1097/00002480-199101000-00003.
- [19] Sinard JM, Merz SI, Hatcher MD, et al. Evaluation of extracorporeal perfusion catheters using a standardized measurement technique--the M-number[J]. *ASAIO Trans*, 1991, 37(2):60-64.
- [20] Group JJW. Guidelines for diagnosis and treatment of myocarditis (JCS 2009)[J]. *Circ J*, 2011, 75(3): 734-743. DOI:10.1253/circj.cj-88-0008.
- [21] Zipes DP, Camm AJ, Borggrefe M, et al. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death: executive summary: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force and the European Society of Cardiology Committee for Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death) Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association and the Heart Rhythm Society[J]. *Eur Heart J*, 2006, 27(17): 2099-2140. DOI:10.1093/eurheartj/ehl199.
- [22] Prochnau D, Surber R, Kuehnert H, et al. Successful use of a wearable cardioverter-defibrillator in myocarditis with normal ejection fraction[J]. *Clin Res Cardiol*, 2010, 99(2): 129-131. DOI:10.1007/s00392-009-0093-2.
- [23] 冯文化, 冯云枝, 杜朝阳. 心脏电复律与心肌损伤的关系 [J]. *实用心电学杂志*, 2000, 9(5): 390. DOI:10.13308/j.issn.1008-0740.2000.05.089.
- [24] 黄永麟. 心房颤动电复律的若干问题 [J]. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2003, 17(6): 401-404. DOI:10.3969/j.issn.1007-2659.2003.06.001.
- [25] Avitall B, Port S, Gal R, et al. Automatic implantable cardioverter/defibrillator discharges and acute myocardial injury[J]. *Circulation*, 1990, 81(5): 1482-1487. DOI:10.1161/01.cir.81.5.1482.
- [26] Corvera JS, Kin H, Dobson GP, et al. Polarized arrest with warm or cold adenosine/lidocaine blood cardioplegia is equivalent to hypothermic potassium blood cardioplegia[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2005, 129(3): 599-606. DOI:10.1016/j.jtcvs.2004.07.021.
- [27] Haworth RA, Goknur AB, Hunter DR, et al. Inhibition of calcium influx in isolated adult rat heart cells by ATP depletion[J]. *Circ Res*, 1987, 60(4): 586-594. DOI:10.1161/01.res.60.4.586.
- [28] Clausen H, Theophilos T, Jackno K, et al. Paediatric arrhythmias in the emergency department[J]. *Emerg Med J*, 2012, 29(9): 732-737.

- DOI:10.1136/emmermed-2011-200242.
- [29] Lane RD, Nguyen KT, Niemann JT, et al. Amiodarone for the emergency care of children[J]. *Pediatr Emerg Care*, 2010, 26(5): 382-389. DOI:10.1097/pec.0b013e3181ddd2d6.
- [30] Haverkamp W, Israel C, Parwani A. Clinical aspects of treatment with amiodarone[J]. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol*, 2017, 28(3): 307-316. DOI:10.1007/s00399-017-0516-0.
- [31] Y-Hassan S, de Palma R. Contemporary review on the pathogenesis of takotsubo syndrome: the heart shedding tears[J]. *Int J Cardiol*, 2017, 228: 528-536. DOI:10.1016/j.ijcard.2016.11.086.
- [32] Aiyagari RM, Rocchini AP, Remenapp RT, et al. Decompression of the left atrium during extracorporeal membrane oxygenation using a transeptal cannula incorporated into the circuit[J]. *Crit Care Med*, 2006, 34(10): 2603-2606. DOI:10.1097/01.ccm.0000239113.02836.fl.
- [33] Guenter P. Safe practices for enteral nutrition in critically ill patients[J]. *Crit Care Nurs Clin N Am*, 2010, 22(2): 197-208. DOI:10.1016/j.ccell.2010.03.009.
- [34] Mikhailov TA, Kuhn EM, Manzi J, et al. Early enteral nutrition is associated with lower mortality in critically ill children[J]. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 2014, 38(4): 459-466. DOI:10.1177/0148607113517903.
- [35] 中华医学会儿科分会急诊学组和中华医学会急诊分会儿科学组, 危重症儿童营养评估及支持治疗指南(2018, 中国)工作组. 危重症儿童营养评估及支持治疗指南(2018, 中国) [J]. *中国循证儿科杂志*, 2018, 13(1): 1-29. DOI: 10.3969 / j.issn.1673-5501.2018.01.001.
- [36] Kinsella JP, Gerstmann DR, Rosenberg AA. The effect of extracorporeal membrane oxygenation on coronary perfusion and regional blood flow distribution[J]. *Pediatr Res*, 1992, 31(1): 80-84. DOI:10.1203/00006450-199201000-00015.
- [37] Seeker-Walker JS, Edmonds JF, Spratt EH, et al. The source of coronary perfusion during partial bypass for extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)[J]. *Ann Thorac Surg*, 1976, 21(2): 138-143. DOI:10.1016/s0003-4975(10)64277-4.
- [38] Annich G, Lynch W, MacLaren G, et al. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care[M]. 4th Edition. Extracorporeal Life Support Organization, 2012, 6: 158.
- [39] Thureen PJ, Loomis M, Manco-Johnson M, et al. Randomized trial of albumin versus plasma for correction of ATIII deficiency in neonatal ECMO[C]. Second annual meeting of ELSO 1990(Abstract 50).
- [40] Bjelakovic B, Vukomanovic V, Jovic M. Fulminant myocarditis in children successfully treated with high dose of methylprednisolone[J]. *Indian J Pediatr*, 2016, 83(3): 268-269. DOI:10.1007/s12098-015-1831-2.
- [41] Kishimoto C, Shioji K, Hashimoto T, et al. Therapy with immunoglobulin in patients with acute myocarditis and cardiomyopathy: analysis of leukocyte balance[J]. *Heart Vessels*, 2014, 29(3): 336-342. DOI:10.1007/s00380-013-0368-4.
- [42] Yu DQ, Wang Y, Ma GZ, et al. Intravenous immunoglobulin in the therapy of adult acute fulminant myocarditis: A retrospective study[J]. *Exp Ther Med*, 2014, 7(1): 97-102. DOI:10.3892/etm.2013.1372.
- [43] Duggan EM, Maitre N, Zhai A, et al. Neonatal carotid repair at ECMO decannulation: patency rates and early neurologic outcomes[J]. *Pediatr Surg*, 2015, 50(1):64-68. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2014.10.029.
- [44] Buesing KA, Kilian AK, Schaible T, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in infants with congenital diaphragmatic hernia: follow-up MRI evaluating carotid artery reocclusion and neurologic outcome[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188(6):1636-1642. DOI: 10.2214/AJ R.06.1319.
- [45] Selleng S, Selleng K. Heparin-induced thrombocytopenia in cardiac surgery and critically ill patients[J]. *Thromb Haemost*, 2016, 116(11): 843-851. DOI:10.1160/th16-03-0230.
- [46] Biffi S, di Bella S, Scaravilli V, et al. Infections during extracorporeal membrane oxygenation: epidemiology, risk factors, pathogenesis and prevention[J]. *Int J Antimicrob Agents*, 2017, 50(1): 9-16. DOI:10.1016/j.ijantimicag.2017.02.025.
- [47] Ostermann M, Connor M Jr, Kashani K. Continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation: why, when and how[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2018, 24(6):493-503. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000559.
- [48] Antonucci E, Lamanna I, Fagnoul D, et al. The impact of renal failure and renal replacement therapy on outcome during extracorporeal membrane oxygenation therapy[J]. *Artif Organs*, 2016, 40(8):746-754. DOI: 10.1111/aor.12695.
- [49] Extracorporeal life support organization. ECLS registry report of the extracorporeal life support organization (ELSO)[R]. Ann Arbor, MI:University of Michigan: 2005.
- [50] Morris MC, Wernovsky G, Nadkarni VM. Survival outcomes after Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation instituted during active chest compressions following refractory in-hospital pediatric cardiac arrest[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2004, 5(5):440-446. DOI:10.1097/01.pcc.0000137356.58150.2e.
- [51] Towbin JA, Lowe AM, Colan SD, et al. Incidence, causes, and outcomes of dilated cardiomyopathy in children [J]. *JAMA*, 2006, 296(15): 1867-1876. DOI: 10.1001/jama.296.15.1867.
- [52] Felker GM, Hu W, Hare JW, et al. The spectrum of dilated cardiomyopathy. The Johns Hopkins experience in 1,278 patients[J]. *Medicine (Baltimore)*, 1999, 78(4):270-283. DOI: 10.1097/00005792-199907000-00005.

(收稿日期: 2019-11-24)

(本文编辑: 郑辛甜)