

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2020.04.03

体外膜氧合辅助 9 例危重型 新型冠状病毒肺炎患者疗效分析

高 洁,李建朝,程兆云,秦秉玉,巩红岩,芦乙滨,余 旭,张保全,
钱晓亮,杨雷一,张 静,程剑剑,邵换璋,孟凡伟,黑飞龙

[摘要]:目的 总结体外膜肺氧合(ECMO)技术在新型冠状病毒肺炎(COVID-19)患者中的应用经验,并分析疗效。方法 回顾性分析 2020 年 1 月 1 日至 2020 年 5 月 1 日本院与合作医院收治的 9 例接受 ECMO 治疗的危重型 COVID-19 患者的病历资料。对比 9 例患者治疗前与治疗 24 h 后的氧合指数(OI)、血管活性药物评分(VIS)、血乳酸值(LAC)、pH 值、射血分数(EF)、并发症发生情况及转归。结果 9 例患者中男性 6 例,女性 3 例;年龄范围 43~74 岁;ECMO 辅助前均诊断为危重型 COVID-19。行静脉-静脉 ECMO 6 例,静脉-动脉 ECMO 1 例,静脉-动脉-静脉 ECMO 2 例。较辅助前相比,辅助 24 h 后氧合指数[(79.33±15.08) vs. (192.89±36.45)]、血管活性药物评分[(63.11±47.23) vs. (22.22±14.81)]、血乳酸值[(6.17±3.18) mmol/L vs. (2.67±1.09) mmol/L]均明显改善,差异有统计学意义($P < 0.05$)。9 例患者均发生并发症,7 例患者出现急性肾功能损伤,5 例感染,5 例肝功能损伤,4 例出血,3 例血栓形成。最终 5 例患者存活出院,4 例死亡;存活患者需长期随访及康复治疗。结论 危重型 COVID-19 患者使用 ECMO 辅助疗效显著,能挽救部分患者生命,但存在多种并发症风险。

[关键词]: 体外膜氧合;新型冠状病毒肺炎;急性呼吸窘迫综合征;临床疗效

Clinical analysis of COVID-19 patients supported by extracorporeal membrane oxygenation treatment

Gao Jie, Li Jianchao, Cheng Zhaoyun, Qin Bingyu, Gong Hongyan, Lu Yibin, Yu Xu, Zhang Baoquan, Qian Xiaoliang, Yang Leiyi, Zhang Jing, Cheng Jianjian, Shao Huanzhang, Meng Fanwei, Hei Feilong
People's Hospital of Zhengzhou University, People's Hospital of Henan Province, Department of Anesthesia, Zhengzhou 450000, China; Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Department of Extracorporeal Circulation, Beijing 100037, China
Corresponding author: Hei Feilong, Email: heifeilong@126.com

[Abstract]: Objective To summarize the experience of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) treatment in patients with COVID-19, and to analyze its efficacy. **Methods** Retrospective analysis of the medical records of nine critically ill COVID-19 patients supported by ECMO in our hospital from January to May 2020 were made. The oxygenation indexes (OI), vasoactive-inotropic scores (VIS), blood lactic acid (LAC) levels, pH values, ejection fractions (EF%), complications and outcomes of the patients before and after treatment were compared. **Results** Among the 9 patients, there were 6 males and 3 females and their age ranged from 43 to 74 years. The patients were all diagnosed with critical COVID-19 before ECMO treatment. There were 6 cases of VV-ECMO, 1 case of VA-ECMO, and 2 cases of VAV-ECMO. OI [(79.33±15.08) vs. (192.89±36.45)], VIS [(63.11±47.23) vs. (22.22±14.81)], LAC [(6.17±3.18) mmol/L vs. (2.67±1.09) mmol/L] were significantly better after 24 hours of ECMO treatment ($P < 0.05$). All 9 patients had complications during the treatment, with 7 cases of acute renal failure, 5 cases of infection, 5 cases of liver failure, 4 cases

作者单位:450000 郑州,郑州大学人民医院 河南省人民医院 麻醉科(高 洁),重症医学科(秦秉玉、程剑剑、邵换璋);450000 郑州,河南省人民医院 华中阜外医院 郑州大学华中阜外医院 体外循环科(李建朝、钱晓亮、杨雷一、孟凡伟),心外科(程兆云),心脏重症监护室(张 静);453000 新乡,新乡医学院第一附属医院 麻醉科(巩红岩);新乡医学院第三附属医院 重症医学科(张保全);464000 信阳,信阳市中心医院 重症医学科(芦乙滨、余 旭);100037 北京,中国医学科学院 北京协和医学院 阜外医院 体外循环中心(黑飞龙)

通讯作者:黑飞龙,Email:heifeilong@126.com

of bleeding, and 3 cases of thrombosis. Finally, 5 patients survived and were discharged from the hospital with long-term follow-up and rehabilitation treatment required and 4 patients died. **Conclusion** ECMO in the treatment of critically ill COVID-19 patients showed significant clinical efficacy and might be effective in saving lives of some patients, but there are multiple risks of complications.

[**Key words**]: Extracorporeal membrane oxygenation; COVID-19; Acute respiratory distress syndrome; Clinical efficacy

新型冠状病毒肺炎 (corona virus disease 2019, COVID-19) 是由新型冠状病毒所致的传染性疾病, 部分该病患者可在感染后一周发展为急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS)、脓毒症休克、难以纠正的代谢性酸中毒甚至死亡^[1]。当此类患者机械通气仍无法维持氧合时, 体外膜氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 技术作为挽救性治疗手段之一, 可以暂时替代心肺功能进行器官功能支持, 避免发生机体缺氧导致器官损伤^[2]。但 ECMO 操作难度大, 危重型患者自身条件差、上机风险高, 因此限制了 ECMO 技术的广泛开展^[3]。本文回顾性总结河南省人民医院与合作医院对危重症 COVID-19 患者施行 ECMO 辅助治疗的临床数据, 以探讨该项技术应用经验, 并分析疗效。

1 对象与方法

1.1 研究对象 2020 年 1 月 1 日至 2020 年 5 月 1 日河南省人民医院、新乡医学院第一附属医院、信阳市中心医院收治的 9 名接受 ECMO 治疗的危重型 COVID-19 患者的病历资料进行回顾性分析。本研究已获医学伦理委员会批准 (20191104 v 1.0), 并于患者签署知情同意书。

1.2 诊断标准 诊断参考《新型冠状病毒诊疗方案 (试行第七版)》^[4] 对确诊病例及危重型患者定义。

流行病学史: ①发病前 2 周内有无武汉及周边地区旅居史, 或接触过武汉及周边地区的发热伴有呼吸道症状的患者; ②有本地病例传播地区的旅行史或居住史; ③有聚集性发病或与新型冠状病毒感染者有流行病学关联。

临床表现: ①发热; ②具有 COVID-19 胸部影像学表现; ③发病早期白细胞总数正常或降低, 或淋巴细胞计数减少。

病原学及血清学: ①荧光逆转录聚合酶链反应检测新型冠状病毒核酸阳性; ②病毒基因测序与已知的新型冠状病毒高度同源; ③血清新型冠状病毒特异性 IgM 抗体和 IgG 抗体阳性、IgG 抗体由阴性转为阳性或恢复期较急性期 4 倍及以上升高。

确诊病例: 符合流行病学史任何 1 项、临床表现任 2 项及病原学或血清学证据任何 1 项。

危重型: ①呼吸衰竭且需要机械通气; ②休克; ③合并其他器官功能衰竭需 ICU 监护治疗; 三项其中之一。

1.3 资料收集 收集患者的病历资料, 包括: ①性别、年龄、原发疾病、ECMO 支持模式; ②ECMO 治疗前及上机后 24 h 时的血气分析、血管活性药物剂量、血乳酸 (lactic acid, LAC)、氧合指数 (oxygenation index, OI) 和血管活性药物评分 (vasoactive-inotropic score, VIS)^[5] 等指标。OI = 平均气道压 (mm Hg) × 导管后动脉氧分压 (mm Hg) ÷ 吸入氧浓度 (%); VIS (分) = 肾上腺素 [μg/(kg · min)] × 100 + 去甲肾上腺素 [μg/(kg · min)] × 100 + 米力农 [μg/(kg · min)] × 10 + 氨力农 [μg/(kg · min)] × 1 + 多巴胺 [μg/(kg · min)] × 1 + 多巴酚丁胺 [μg/(kg · min)] × 1; ③并发症发生情况; ④ECMO 撤机及预后情况。

1.4 ECMO 适应证与禁忌证 针对 COVID-19, ECMO 适应证为重型患者 (定义为呼吸频率 ≥ 30 次/min, 静息状态下指氧饱和度 ≤ 93%, 动脉血氧分压/吸入氧浓度 ≤ 300 mm Hg; 其中一条。) 出现: ①严重低氧血症 (定义为吸入气中的氧浓度分数 > 90% 时, OI < 80 mm Hg, 持续 3~4 h 或以上); ②优化机械通气时存在呼吸性酸中毒 (pH < 7.15) 或机械功 ≥ 27 J/min; ③肺保护性通气时吸气应力过高 (平台压 > 30 cmH₂O)。

ECMO 禁忌证会导致不良事件发生率增加: ①严重的基础疾病, 如中枢神经系统严重损伤、恶性肿瘤晚期等; ②凝血功能障碍, 如肝功能受损、凝血因子缺乏、脑出血活动期等; ③高龄; ④较高机械通气设置条件下 (吸入氧浓度分数 (FiO₂) > 0.9, 平台压 > 30 cmH₂O), 机械通气 ≥ 7 d; ⑤多器官功能障碍、内环境紊乱, pH 值 < 6.8 或血乳酸水平 > 15 mmol/L; ⑥周围大血管解剖畸形或病变、截肢, 无法建立 ECMO 通路等。

1.5 ECMO 治疗方法

1.5.1 设备 ECMO 机器使用索林 (Sorin) 主机, 股、动静脉插管均由 Edward 公司提供, 动脉插管选用 18~20 Fr 管道, 静脉插管选用 20~22 Fr 管道。一次性耗材使用成人氧合器 (D905)、离心泵头、血管路均为胆碱涂层材料。

1.5.2 治疗模式 9 例患者分别采用静脉-静脉

(veno-venous, V-V) ECMO、静脉-动脉(veno-artery, V-A) ECMO 和静脉-动脉-静脉(V-A-V) ECMO 模式。

1.5.3 ECMO 管理 9 例患者均达到《危重型 COVID-19 患者体外生命支持应用时机及模式选择专家建议》^[6] 上机标准。上机前均行心脏超声。给予 100 U/kg 肝素抗凝后置管,由术者决定插管位置与型号。转流期间维持中心静脉血氧饱和度大于 60%;平均动脉压 65~70 mm Hg;静脉血氧饱和度>55%;LAC 水平在正常范围内。机械通气遵循 Karalinska 超保护性肺通气原则,潮气量设定 2~4 ml/kg (kg 为理想体重),平台压<25 cmH₂O,呼吸频率 8~10 次/min;活化全血凝固时间维持在 200~250 s。期间给予充分镇静镇痛,加强液体及容量管理,预防及控制感染。定期检查机器运作情况,一旦出现并发症及时处理。

1.5.4 撤机标准 肺部病变好转、血流动力学稳定、氧饱和度上升、心肺功能恢复,下调 ECMO 流量、膜肺停止氧合,呼吸机 FiO₂ ≤ 60%,呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP) ≤ 10 cmH₂O,观察 10 min,动脉氧饱和度(SaO₂) > 92%,动脉二氧化碳分压(PaCO₂) < 50 mm Hg;静态肺顺应性 ≥ 0.5 ml/(cm · kg),混合静脉血氧饱和度 ≥ 70%,心率、血压、氧合指数波动小于 20%,评估后可以考虑停止 ECMO,上调呼吸机参数至完全呼吸支持模式,继续观察 6~24 h 后,撤离 ECMO。

1.5.5 并发症的诊断 出血定义为穿刺部位或消化道出血,或血红蛋白下降 ≥ 50 g/L。感染定义为发生于 ECMO 开始后与 ECMO 停机 72 h 内的院内感染。下肢缺血及栓塞定义为下肢动脉搏动消失伴肢体疼痛、皮温降低、肢体颜色改变、超声可见动脉或静脉血栓形成和栓塞。多器官功能障碍(systemic multiple organ dysfunction, MODS) 定义为多种原因导致机体同时或相继出现 2 个或 2 个以上的器官或系统功能障碍或衰竭。急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)^[7] 定义为 48 h 内血清肌酐上升 ≥ 44 μmol/L(0.5 mg/dl)、或 7 d 内血清肌酐上升大于基线值的 1.5 倍、或尿量 < 0.5 ml/(kg · h) 且持续 6 h。急性肝损伤定义为无慢性肝病的基础上各种原因导致的以血清转氨酶、胆红素升高为表现肝细胞损伤。

1.6 统计学方法 所有数据采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析,符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$) 表示,否则以中位数和范围值表示。采用配对 *t* 检验对 ECMO 运行前后不同时间点的指标进行比较, *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况 9 例患者中男性 6 例,女性 3 例,年龄 43~74 岁,平均年龄(60.89 ± 9.61) 岁;8 例患者有慢性基础病史,其中高血压 6 例,糖尿病 5 例,冠心病 4 例,肾功能不全 2 例,陈旧性心肌梗死 2 例,支气管哮喘 1 例。行 V-V ECMO 6 例,V-A ECMO 1 例,V-A-V ECMO 2 例;ECMO 辅助中位时间为 216 h(89~696 h),住院中位时长为 35 d(17~56 d)。最终 5 例成功撤机后康复出院;4 例抢救无效死亡;总撤机成功率 55.6%,生存出院率 55.6%。见表 1。

2.2 ECMO 辅助前后观察指标 9 例患者 ECMO 上机前均存在不同程度呼吸功能障碍,均行气管插管辅助机械通气(辅助压力控制模式,压力 8 cmH₂O, PEEP 12 cmH₂O,氧浓度 100%)。所有患者 ECMO 上机前均使用血管活性药物,包括肾上腺素和(或)去甲肾上腺素 0.1~1.2 μg/(kg · min),多巴胺 10~18 μg/(kg · min),使用剂量在 ECMO 辅助后均可逐渐下调。较前相比,ECMO 治疗 24 h 后 9 例患者 OI 上升,VIS 评分和血乳酸值下降,差异有统计学意义(*P* < 0.05)。见表 2。

2.3 并发症发生情况及预后 ECMO 治疗过程中 9 例患者均出现并发症。其中,7 例(77.8%) 患者出现 AKI,5 例(55.6%) 感染,5 例(55.6%) 肝功能损伤,4 例(44.4%) 出血,3 例(33.3%) 血栓形成。其中,2 例患者由于严重血流感染并发感染性休克,导致循环衰竭死亡;2 例患者由于呼吸衰竭合并粒细胞减少、双下肢深静脉血栓等全身 MODS 死亡。

3 讨论

ECMO 作为短期呼吸循环替代的机械辅助装置,其驱动泵可将患者体内静脉血引出体外,经氧合器氧合并排除二氧化碳后重新泵回患者体内,从而为患者提供呼吸循环支持,可应用于危重型 COVID-19 患者的挽救性治疗中^[8]。主要模式有三种:V-V ECMO、V-A ECMO、V-A-V ECMO。

COVID-19 患者循环功能相对稳定时,V-V ECMO 为呼吸支持首选模式。V-V ECMO 仅提供气体交换,机体灌注仍然依靠患者心脏的泵功能。故辅助时应严密监测心功能,心功能不全时可改为 V-A ECMO;若心功能恢复,仅需呼吸支持,也可由 V-A ECMO 改为 V-V ECMO。

病例 2 患者行 V-A ECMO 后心功能较前明显改善。下调 ECMO 血流量及气流量至 1 L/min,5 h 后 SaO₂ 下降、PaCO₂ 升高、OI 低,复查影像学提示肺

表 1 9 例患者基本资料、并发症及转归

序列	性别	年龄 (岁)	ECMO 辅助 时间(h)	住院总 时间(d)	并发症	是否 撤机	转归
1	男	58	696	35	出血、血栓、AKI	是	生存出院
2	男	43	336	44	出血、感染、血栓、AKI、肝功能受损	是	生存出院
3	男	58	336	35	感染、血栓	否	死亡
4	男	64	528	42	AKI、肝功能受损	是	生存出院
5	女	74	118	16	出血、感染、AKI	否	死亡
6	女	74	120	22	感染、AKI	否	死亡
7	男	54	118	56	肝功能受损	是	生存出院
8	男	62	89	49	AKI、肝功能受损	是	生存出院
9	女	61	216	17	出血、感染、AKI、肝功能受损	否	死亡

注:AKI:急性肾损伤。

表 2 ECMO 治疗前后部分指标比较(n=9)

项目	ECMO 上机前	ECMO 治疗 24 h	P 值
OI	79.33±15.08	192.89±36.45	0.000
VIS(分)	63.11±47.23	22.22±14.81	0.007
LAC(mmol/L)	6.17±3.32	2.42±1.15	0.004
pH 值	7.24±0.81	7.31±0.45	0.060
EF(%)	53.44±5.96	55.78±2.82	0.081

注:OI:氧合指数;VIS:血管活性药物评分;LAC:血乳酸;EF:射血分数。

部炎症无明显改善,故仍需 ECMO 维持氧合;患者治疗过程中有出血事件发生,V-A ECMO 所需抗凝剂量大,会增加出血风险。故更换为 V-V ECMO 模式继续辅助,待肺功能恢复后成功撤机。

患者以 V-V ECMO 模式运行期间,当出现各种因素引起的药物无法纠正的心功能不全[定义为:心脏指数 $<2\text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 持续 3 h 以上;代谢性酸中毒,BE 值 $>-5\text{ mmol}$,LAC $>5\text{ mmol/L}$ 持续 3 h 以上;大剂量血管活性药物维持下,平均动脉压 50~60 mm Hg,尿量 $<0.5\text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{h})$]时,也可改为 V-A-V ECMO 模式辅助。即在 V-V ECMO 系统基础上另外增加一条通向动脉系统的插管,将一部分氧合过的血液逆行送回动脉系统,实现心脏辅助(V-A ECMO)的作用,此种改良可有效地提供氧供和血流动力学,促进血液回流,更好地对冠状动脉和脑循环的血流进行补充。

病例 3 患者行 V-V ECMO 辅助后,手指末端氧饱和度 95%以上、氧分压 60~100 mm Hg、LAC 大致正常,但胸片透亮度持续性变差,超声示心脏舒张功能减退、肺压增加,考虑为肺部渗出。为减少肺部渗出,降低肺毛细血管肺压,减少肺循环容量,故改为 V-A-V ECMO。为解决 V-A-V ECMO 动静脉血流

分配较难目标性调整问题,实施了双台 ECMO 模式:右股静脉-右颈内静脉 V-V ECMO 使用成人膜肺,血流量 2.68~3.5 L/min,离心泵转速 3 240~3 525 r/min,气流量 6~7 L/min,氧浓度 100%;左股静脉-右股动脉 V-A ECMO 使用儿童膜肺,血流量 1.45~2.26 L/min,转速 2 659~3 231 r/min,气流量 2.5~3.5 L/min,供氧浓度 100%,即为 V-V ECMO+V-A ECMO 模式。该患者辅助后心肺功能逐渐恢复,但由于严重血液感染并发感染性休克,最终因循环衰竭死亡。

COVID-19 患者辅助失败的原因受多种因素影响^[9]。其中,最主要的原因即为疾病发展为不可逆的 MODS,且发生率与患者原本的呼吸循环状况相关。根据临床观察和尸体解剖结果发现,COVID-19 患者肺泡腔内可见大量渗出及透明膜形成,肺泡隔血管充血、水肿;部分肺泡腔渗出物机化和肺间质纤维化;肺内支气管黏膜部分上皮脱落,腔内可见黏液及黏液栓形成。以上病理改变可严重影响肺泡换气功能,导致患者出现难治性低氧血症。除此之外,Zhou 等^[10]的研究表明,高龄、序贯器官衰竭估计评分、D-二聚体水平 $>1\text{ }\mu\text{g/L}$ 等指标都能显著增加患者死亡率。各地区 ECMO 技术开展情况、耗材供给

是否充足、治疗时机选择等多方面因素也可影响患者死亡率。危重型患者病情变化快,且疾病尚处于研究中,治疗方案也有所改变,故随着对疾病认识逐渐加深,诊疗方案不断完善,死亡率也会出现降低趋势。

经 ECMO 辅助患者在治疗期间可能发生多种并发症。研究表明^[11],成人 ECMO 最常见的并发症为肾功能不全、感染所致的脓毒血症及出血。本研究中 9 例患者均出现并发症,其中以肾功能不全(77.8%)发生率最高,原因可能与患者病情危重、严重低心排导致的肾脏低灌注有关,也可能与长时间 ECMO 导致的机械性溶血、肾血管栓塞、全身炎症反应等因素相关^[12-13],一旦发生应调整肾脏代谢药物浓度、停止使用肾毒性药物或采用持续肾替代治疗或腹膜透析治疗。感染(55.6%)的发生多与深部动、静脉置管、辅助时间过长及操作不当有关,ECMO 氧合器中空纤维膜也可被微生物定植,成为潜在的感染源。此外,患者机体应激状态、免疫力低下、应用广谱抗生素等因素都可引起辅助过程中并发症发生风险升高。

总而言之,ECMO 辅助治疗危重型 COVID-19 患者疗效显著,能挽救部分患者生命,但存在多种并发症风险^[11,14]。故应严格掌握上机指征、明确介入时机,通过超声等评估手段积极预防并发症、一旦发生及时处理,将患者风险降到最低。

参考文献:

- [1] Del Rio C, Malani PN. 2019 Novel coronavirus—important information for clinicians[J]. JAMA, 2020, 323(11): 1039-1040.
- [2] 侯晓彤.让体外生命支持在抗击新型冠状病毒肺炎的战役中发挥作用[J].中国体外循环杂志,2020,18(2):65-66.
- [3] 李呈龙,侯晓彤,黑飞龙,等. 2018 中国体外生命支持情况调查分析[J]. 中华医学杂志,2019,99(24):1911-1915.
- [4] 国家卫生健康委办公厅. 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案

(试行第七版), 2020. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7653p/202003/46c9294a7dfe4cef80dc7f5912eb1989.shtml>.

- [5] 秦嫣然,刘成军,许峰,等.血管活性药物评分与儿童脓毒性休克预后的关系[J]. 中国当代儿科杂志,2018,20(2):106-111.
- [6] 中国医师协会体外生命支持专业委员会. 危重型新型冠状病毒肺炎患者体外生命支持应用时机及模式选择的专家建议[J]. 中华结核和呼吸杂志,2020,43(3):195-198.
- [7] 熊熙,崔云,张育才. 体外膜肺氧合相关并发症及其防治[J]. 中国小儿急救医学,2017,24(2):144-148.
- [8] Zochios V, Brodie D, Charlesworth M, et al. Delivering extracorporeal membrane oxygenation for patients with COVID-19: what, who, when and how[J]? Anaesthesia, 2020. [Epub ahead of print].
- [9] Goligher EC, Tomlinson G, Hajage D, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome and posterior probability of mortality benefit in a post hoc bayesian analysis of a randomized clinical trial[J]. JAMA, 2018, 320(21): 2251-2259.
- [10] Zhou F, Yu T, Du R, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study[J]. Lancet, 2020, 395(10229): 1054-1062.
- [11] Jacobs JP, Stammers AH, St Louis J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of severe pulmonary and cardiac compromise in COVID-19: experience with 32 patients [J]. ASAIO J, 2020, 66(7): 722-730.
- [12] 殷荣,张蓉,陆国平,等. 体外膜肺氧合救治危重新生儿 9 例分析[J]. 中华围产医学杂志,2019,22(12):885-890.
- [13] Vinclair C, De Montmollin E, Sonnevill R. et al. Factors associated with major adverse kidney events in patients who underwent veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. Ann Intensive Care, 2020, 10(1): 44.
- [14] Ramanathan K, Antognini D, Combes A, et al. Planning and provision of ECMO services for severe ARDS during the COVID-19 pandemic and other outbreaks of emerging infectious diseases [J]. Lancet Respir Med, 2020, 8(5): 518-526.

(收稿日期:2020-06-09)

(修订日期:2020-06-30)