



(OSID码)

• COVID-19 专栏 •

体外膜肺氧合辅助救治危重型新型冠状病毒肺炎患者三例报道并文献复习

李建朝¹, 高洁², 钱晓亮¹, 程兆云³, 黑飞龙⁴

【摘要】 背景 新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 因具有较强的传染性及下呼吸道致病力而迅速在我国及全世界蔓延开来, 目前尚无特效抗病毒治疗药物。体外膜肺氧合 (ECMO) 可作为挽救性治疗暂时、有效地替代心肺功能。**目的** 总结 ECMO 辅助救治 3 例危重型 COVID-19 患者的经验。**方法** 回顾性分析河南省人民医院收治的 3 例接受 ECMO 辅助治疗的危重型 COVID-19 患者的资料, 分析其应用 ECMO 辅助治疗的介入时机、模式选择、并发症预防、容量管理及治疗体会, 并总结治疗经验。**结果** 病例 1、病例 3 呼吸衰竭合并循环衰竭, 病例 2 合并单纯呼吸衰竭; ECMO 辅助治疗后病情均有好转, 最终有 1 例死亡, 余 2 例治愈出院。**结论** 危重型 COVID-19 患者尽早使用 ECMO 辅助治疗可快速提高全身氧合、改善周围脏器血流灌注, 为后续治疗提供了时间。

【关键词】 新型冠状病毒肺炎; 新型冠状病毒; 体外膜肺氧合; 急性呼吸窘迫综合征

【中图分类号】 R 563.19 **【文献标识码】** D DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.08.004

李建朝, 高洁, 钱晓亮, 等. 体外膜肺氧合辅助救治危重型新型冠状病毒肺炎患者三例报道并文献复习 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2020, 28 (8): 19-22. [www.syxnf.net]

LI J C, GAO J, QIAN X L, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of patients with severe COVID-19: three cases report and literature review [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2020, 28 (8): 19-22.

Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Treatment of Patients with Severe COVID-19: Three Cases Report and Literature Review

LI Jianchao¹, GAO Jie², QIAN Xiaoliang¹, CHENG Zhaoyun³, HEI Feilong⁴

1. Department of Cardiopulmonary Bypass, Henan Provincial People's Hospital/Zhengzhou University People's Hospital/Central China Fuwai Hospital, Zhengzhou 450003, China

2. Department of Anesthesiology, Henan Provincial People's Hospital/Zhengzhou University People's Hospital, Zhengzhou 450003, China

3. Department of Cardiac Surgery, Henan Provincial People's Hospital/Zhengzhou University People's Hospital/Central China Fuwai Hospital, Zhengzhou 450003, China

4. Department of Cardiopulmonary Bypass, Peking Union Medical College/Beijing Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100037, China

Corresponding author: HEI Feilong, E-mail: heifeilong@126.com

【Abstract】 Background COVID-19 has spread rapidly in China and the whole world with strong infectivity and lower respiratory tract pathogenicity, there is no specific antiviral drugs so far. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) can be a temporary and effective alternative to cardiopulmonary function as a salvage therapy. **Objective** To introduce the experience of ECMO in the treatment of patients with severe COVID-19. **Methods** 3 patients with severe COVID-19 who received ECMO in Henan Provincial People's Hospital were retrospectively analyzed. The timing of intervention, mode selection, complications prevention, volume management and treatment experience were analyzed, and summarized the treatment experience. **Results** Case 1 and case 3 had respiratory failure combined with circulatory failure, and case 2 had simple respiratory failure. The condition improved after ECMO, 1 case death and the remaining 2 patients were discharged. **Conclusion** For patients with severe COVID-19, using of ECMO as early as possible in adjuvant treatment can quickly improve systemic oxygenation and improve the perfusion of the surrounding organs, providing time for subsequent treatment of patients.

【Key words】 COVID-19; SARS-CoV-2; Extracorporeal membrane oxygenation; Acute respiratory syndrome

基金项目: 河南省医学科技攻关计划联合共建项目 (2018020437)

1.450003 河南省郑州市, 河南省人民医院 郑州大学人民医院 华中阜外医院体外循环科 2.450003 河南省郑州市, 河南省人民医院 郑州大学人民医院麻醉科 3.450003 河南省郑州市, 河南省人民医院 郑州大学人民医院 华中阜外医院心外科 4.100037 北京市, 北京协和医学院 中国医学科学院北京阜外医院体外循环科

通信作者: 黑飞龙, E-mail: heifeilong@126.com

由严重急性呼吸道综合征冠状病毒 2 型 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2) 所致的新型冠状病毒肺炎 (corona virus disease 2019, COVID-19) 具有较强传染力和高病死率^[1], 目前尚无特效抗病毒治疗药物。危重型 COVID-19 患者病情进展较快, 多数患者可发展为急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS)^[2], 为了防止机体缺氧导致器官损伤, 当机械通气无法维持患者氧合时, 体外膜肺氧合 (ECMO) 可作为挽救性治疗暂时、有效的替代心肺功能^[3], 在提供气体交换的同时允许保护性肺通气, 从而改善患者氧合并使其心肺得到休息, 是一种可行的辅助手段。本研究通过介绍河南省人民医院 3 例危重型 COVID-19 患者使用 ECMO 辅助治疗的介入时机、模式选择、管理方法及治疗要点, 探讨 ECMO 的治疗过程、交流经验, 有助于充分发挥 ECMO 技术在 COVID-19 疫情中的作用, 同时为 COVID-19 的治疗方法提供更多选择。

1 病例简介

1.1 病例 1 患者, 男, 43 岁, 既往有支气管哮喘病史, 因“胸闷 10 余天”而于 2020-01-24 就诊于平顶山市传染病医院, 行咽拭子反转录聚合酶链反应 (RT-PCR) 检测显示核酸阳性, 确诊为 COVID-19, 而后根据《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案 (试行第七版)》^[4]进行常规治疗; 入院第 10 天, 患者静息动脉血氧饱和度 (SaO₂) 下降至 88%, 给予高流量面罩吸氧但效果欠佳; 入院第 12 天, 患者 SaO₂ 持续下降, 进一步诊断为危重型 COVID-19。2 月 16 日, 转入河南省人民医院。

患者收入河南省人民医院时, SaO₂ 为 38%, 氧合指数 (OI) 为 91 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa), 遂给予气管插管连接呼吸机辅助通气治疗, 其中呼吸机模式设置为 P-A/C 模式: 呼气末正压通气 (PEEP) 为 10 cm H₂O (1 cm H₂O=0.098 kPa), 压力控制 (PC) 为 15 cm H₂O, 吸入氧浓度 (FiO₂) 为 100%, 呼吸频率为 15 次/min。经床旁超声心动图检查示右心增大 (右心房内径为 40 mm×70 mm), 右房室瓣重度反流, 中重度肺动脉高压, 考虑急性肺栓塞伴循环衰竭, 故给予大剂量去甲肾上腺素, 并于患者入院第 2 天给予静脉-动脉 (V-A) ECMO 辅助治疗, 之后患者 OI 及肺顺应性明显改善; 入院第 8 天, 下调患者 ECMO 血流量至 1 L/min, 而后复查其床旁超声心动图示右心缩小 (右心房内径为 35 mm×48 mm), 肺动脉收缩压 (PASP) 为 46 mm Hg, 左心室射血分数 (LVEF) 为 61%; 下调 ECMO 血流量 5 h 后, 患者血压稳定, 但 SaO₂ 下降、动脉血二氧化碳分压 (PaCO₂) 升高, 仍需 ECMO, 故更换为静脉-静脉 (V-V) ECMO 模式; 经 V-V ECMO 模式治疗 14 d 后, 患者肺部实变、渗出情况仍较严重, 但呼吸功能明显改善; 关闭 ECMO 气源后, 患者生命体征平稳, 故撤机并调整呼吸机模式为压力支持通气 (PSV), 充分评估患者安全后于入院第 27 天拔除气管插管, 改为高流量氧疗; 入院第 46 天, 复查患者肺功能、肝肾功能、电解质等正常, 出院。

1.2 病例 2 患者, 男, 58 岁, 既往有冠心病、高血压病史, 因“发热 10 余天”而于 2020-01-23 就诊于淮阳县人民医院,

行 RT-PCR 检测显示 SARS-CoV-2 核酸阳性, 经胸部 CT 检查示双肺散在斑片状及片絮状高密度影, 确诊为 COVID-19, 并予以常规治疗, 后因“胸闷持续不能缓解”于 2 月 5 日转入河南省人民医院, 入院诊断为 COVID-19 (危重型) 合并 I 型呼吸衰竭。入院后, 立即给予面罩吸氧, 氧流量为 10 L/min, 此时患者脉搏血氧饱和度 (SpO₂) 为 71%, 动脉血氧分压 (PaO₂) 为 43 mm Hg。

入院第 5 天, 患者突发呼吸困难, 故行气管插管并联合呼吸机辅助通气, 呼吸机模式设置为 P-A/C 模式: PC 为 8 cm H₂O, PEEP 为 12 cm H₂O, FiO₂ 为 100%, 而后患者 SpO₂ 升高至 88%~92%, 但 OI 低 (60.8 mm Hg); 持续治疗 7 h 后患者 OI 仍较低, 达到了《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》^[5]中危重型 COVID-19 患者的上机标准, 因患者心功能尚可, 且血流动力学稳定, 故采用 V-V ECMO 治疗; 治疗 15 d 后, 患者 OI 明显改善, 但肺部透亮度变差, 故调整 ECMO 血流量为 3.5~4.0 L/min, 转速为 3 265~3 500 r/min, 气流量为 5.0~7.5 L/min, 供氧浓度为 100%, 而后患者 PaO₂ 升高至 80~100 mm Hg, 内环境稳定, 且处于镇静状态, 但呼之可应, 另辅以输血、抗感染、连续肾脏替代疗法 (CRRT)、镇静镇痛、营养支持等治疗, 动态监测其生命体征。患者于入院第 35 天顺利撤机并持续给予常规治疗, 于入院第 52 天治愈出院。

1.3 病例 3 患者, 男, 58 岁, 既往有冠心病病史, 因“咳嗽 10 余天”而于 2020-02-02 就诊于安阳市第五人民医院, 行咽拭子 RT-PCR 检测显示 COVID-19 核酸阳性, 诊断为 COVID-19, 并予以常规治疗。2 月 17 日, 患者因“胸闷、气喘持续性加重”而转入河南省人民医院治疗, 入院诊断为 COVID-19 (危重型) 合并 I 型呼吸衰竭, 立即给予面罩吸氧, 氧流量为 9 L/min, 而后患者 SpO₂ 升高至 80%, PaO₂ 为 45 mm Hg。入院第 6 天, 患者 SpO₂ 降低, 高流量吸氧已无法维持正常的 SpO₂, 故行气管插管联合呼吸机辅助通气, 呼吸机模式设置为 P-A/C 模式: PC 为 8 cm H₂O, PEEP 为 12 cm H₂O, FiO₂ 为 100%, 而后患者 SpO₂ 升高至 80%~90%, OI 为 70 mm Hg, 且持续治疗 7 h 后患者血压下降, 经血管活性药物 (包括多巴胺、去甲肾上腺素) 治疗效果欠佳, 达到了 V-A-V ECMO 上机标准^[5]。根据患者需求, 将两台 ECMO 进行改装: 两台 ECMO 共用右股静脉, 右股静脉-右颈内静脉 V-V ECMO 使用成年人膜肺: 血流量 3.0~3.7 L/min, 转速 3 565~3 780 r/min, 气流量 7.5 L/min, 供氧浓度 100%; 右股静脉-右股动脉 V-A ECMO 使用儿童膜肺: 血流量 0.9~1.2 L/min, 转速 2 500~2 565 r/min, 气流量 2 L/min, 供氧浓度 100%。ECMO 辅助治疗后, 患者 SpO₂ 升高至 100%; 逐渐下调呼吸机模式、减少血管活性药物用量后患者血压、OI 仍可维持在参考范围内, 内环境稳定, 且肺实变逐渐好转。

ECMO 辅助治疗第 25 天, 结合患者超声及微截流一氧化碳 (CO)、V-A ECMO 流量、血压等结果决定撤除 V-A ECMO, 仅行 V-V ECMO 维持氧供, 另予以常规治疗。复查血培养提示屎肠球菌感染, 且白细胞计数、C 反应蛋白等较高, 淋巴细胞分数等免疫细胞较低, 后因感染性休克于入院第 34

天抢救无效死亡。

2 讨论

自 COVID-19 暴发以来,因其具有较强的传染性及下呼吸道致病力而迅速在我国及全世界蔓延开来。多数 COVID-19 患者为轻症,临床以对症支持治疗和必要时氧疗为主;少数患者病情进展快,在对症治疗的基础上还需积极防治并发症、治疗基础疾病、预防继发感染,部分患者病情恶化需使用 ECMO 辅助治疗^[6]。河南省人民医院作为河南省首批 COVID-19 定点救治医院,曾为 3 例危重型 COVID-19 患者实施 ECMO 体外生命支持,现将该患者 ECMO 救治流程总结如下,以规避可能的风险。

2.1 ECMO 介入时机 ARDS 导致的低氧状态常难以改善,且易引起多器官功能衰竭。鉴于既往有甲型 H1N1 流感及中东呼吸综合征引起的肺炎患者均合并心肌炎的报道^[7],因此临床不能完全排除 COVID-19 患者并发心肌炎、循环功能障碍的可能,有研究表明,COVID-19 患者多合并心肌损伤,并伴有以肌钙蛋白为主的心肌酶谱升高^[8]。故应在患者出现不可逆脏器损伤前启动 ECMO。

本院收治的 3 例危重型 COVID-19 患者入院时均明确诊断,根据中国医师协会体外生命支持专业委员会起草的《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》^[5]建议,在满足最优通气($\text{FiO}_2 \geq 0.8$,潮气量 6 ml/kg, PEEP ≥ 10 cm H₂O)的条件下达到以下标准,如无禁忌证即可启动 ECMO 辅助治疗:(1)OI <50 mm Hg 超过 3 h;(2)OI 为 50~80 mm Hg 超过 6 h;(3) FiO_2 为 1.0%,OI <100 mm Hg;(4)pH 值 <7.2 且 PaCO₂ >60 mm Hg 超过 6 h,且呼吸频率 >35 次/min;(5)呼吸频率 >35 次/min时,pH 值 <7.2 且平台压 >30 cm H₂O;(6)伴严重漏气综合征;(7)合并心源性休克或心脏骤停。

2.2 ECMO 辅助模式及选择 ECMO 辅助模式需根据患者所需辅助的器官灵活选择。本院共使用 V-V ECMO、V-A ECMO 和 V-A-V ECMO 3 种模式。对单纯低氧血症但心功能正常的患者首选的呼吸支持是 V-V ECMO 模式。V-V ECMO 模式仅提供气体交换,机体灌注仍靠心脏的泵功能。部分单纯低氧血症但心功能正常患者合并心肌损伤^[9]。本组病例 2 有冠心病史,入院诊断为 COVID-19(危重型)合并 I 型呼吸衰竭,因此在行 V-V ECMO 辅助治疗期间需密切监测其心功能。

对于合并循环障碍的 COVID-19 患者,则选择 V-A ECMO 模式。本组病例 1 OI 差,需血管活性药物维持循环稳定,考虑其为呼吸衰竭合并循环障碍;另外,心脏超声检查示右心大、右房室瓣重度反流伴中重度肺动脉高压,考虑有急性肺栓塞,需降低肺动脉压,故选择 V-A ECMO 模式。8 d 后心功能、肺栓塞明显改善,但肺换气功能仍差,需 ECMO 辅助改善肺氧合情况;且患者辅助过程中有出血事件发生,分析原因为患者 V-A ECMO 过程中抗凝剂使用量大,增加出血风险。综上原因专家讨论决定改为 V-V ECMO 模式,进一步降低心脏后负荷。

V-A-V ECMO 作为一种特殊的三插管形式,当 ECMO 运行期间出现上下身氧合不等即“南北综合征”时,该模式可

将血液从下腔静脉抽出,氧合后分别泵入上腔静脉和动脉,相当于联合了 V-A 和 V-V 于同一个环路中,同时提供呼吸循环支持。本组病例 3 患者行 V-A-V ECMO 辅助,考虑到 V-A-V ECMO 模式中动静脉分流量随容量和血压的变化需及时调整,且医护人员短缺,故应用双泵双膜肺分别支持心功能和肺功能,可更精确地控制心、肺辅助流量。

2.3 并发症及其处理

2.3.1 机械并发症及处理 机械故障有离心泵故障、离心泵前破裂、离心泵后破裂、静脉端管路破裂或脱出、治疗期间中心静脉穿刺或插管与大气相通、插管脱出等,严重威胁患者的生命;慢性机械故障有跨膜压差 >40 mm Hg、出口侧血栓、D-二聚体水平升高且纤维蛋白原(FIB) <2 g/L、出口端 PaO₂ <150 mm Hg、PaCO₂ >50 mm Hg 等,若处理不及时则可能导致不良事件发生,故应考虑更换系统。

2.3.2 患者并发症及处理 (1)患者 ECMO 辅助治疗期间出现下肢缺血:表现为皮温差异、关节僵硬、末梢 SpO₂ 下降、腿围增粗、自感腿部麻木胀痛、彩色超声示下肢血流缓慢,需 6 F 股动脉鞘管紧急开通血流。(2)患者 ECMO 辅助治疗期间出现心脏骤停,无需进行心肺复苏,需及时处理异常心律,加大 ECMO 血流量,待其心率恢复后调整流量和呼吸机模式。

(3)ECMO 辅助治疗期间偶尔发生溶血、肾衰竭,则需及时检测患者游离血红蛋白,同时寻找并处理原发因素,及时行 CRRT。(4)V-A ECMO 治疗期间患者出现上、下肢 SaO₂ 差异明显,可加大血流量或改为 V-A-V ECMO 模式。(5)V-V ECMO 治疗期间患者出现药物治疗已难以维持血流动力学稳定的情况,亦可改为 V-A-V ECMO 模式。(6)患者无脉压差,可行超声检查排除心外压迫,或降低 ECMO 流量、加强抗凝、强化血管活性药以开放主动脉瓣。(7)在 ECMO 辅助治疗期间患者出现左心持续膨胀,可行病因解除处理〔经皮冠状动脉介入治疗(PCI)〕,或增加 PEEP 以降低左心室前负荷、降低平均动脉压(MAP)以降低左心室后负荷,同时增加 ECMO 流量。(8)患者 SaO₂ 降低,可增加氧供,如增加血流量、补充血色素、提高氧浓度、减少耗氧量等。

2.4 容量管理 COVID-19 患者肺泡腔内可见浆液、纤维蛋白性渗出物及透明膜形成,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;肺水增多,胸部 CT 及 X 线检查均可见双肺弥漫高密度影。此时,需通过胶体降低渗透压差,使肺泡及肺组织间的水分回到血管内,同时加强利尿,减少血容量,把肺“拉干”。这种情况可导致下腔静脉塌陷、变异度增加,使得 ECMO 引流管贴附于下腔静脉血管管壁,导致 ECMO 流量减少,临床可通过调整下腔静脉引流管的位置或增加 1 根引流插管来解决,必要时加用去甲肾上腺素等血管活性药物来进一步维持血压与血容量,以最大程度减少肺水的同时增加 ECMO 辅助治疗力度。

2.5 ECMO 辅助治疗体会 COVID-19 是以肺部病变为主要表现的新型传染病,重型或危重型患者病死率远高于普通病毒性肺炎者,且死亡病例中以 60 岁以上居多,存在基础疾病者病死率更高^[5]。COVID-19 患者死亡的主要原因为肺泡发

生结构性改变、肺换气功能障碍(表现为ARDS或呼吸衰竭),此外,老年、序贯器官衰竭估计评分(SOFA评分)、入院时D-二聚体水平 $>1\text{ }\mu\text{g/L}$ 、病毒载量等均与COVID-19患者死亡相关^[10]。

ECMO作为治疗重症患者的一种生命支持手段,在治疗和管理上也存在困难^[11]:(1)医务人员需采用三级防护,而护目镜、防护服影响实际操作的精确度;(2)ECMO设备体积大、管路复杂,对治疗医师和护理人员有一定的技术考验;(3)耗材供给不足,增加了上机、置管及管理的难度;(4)ECMO作为有创操作,治疗期间的并发症可能会直接影响治疗效果;(5)ECMO设备使用消杀时间较长,一定程度上导致ECMO设备供给不足。

ECMO作为短期、有效的替代心肺功能的机械辅助装置,在治疗ARDS患者中具有确切疗效,同时其在呼吸系统传染病(如腺病毒肺炎、H7N9禽流感等)中也取得了一定效果,并被写入《人感染H7N9禽流感防治指南》中^[12]。在COVID-19疫情中,已陆续有文献报道了应用ECMO辅助治疗成功的案例^[13],本院2例患者痊愈出院,故认为ECMO可作为危重型COVID-19患者的挽救性治疗手段。故排除禁忌证后尽早启动ECMO,并了解不同ECMO模式所能提供的支持和氧的差异性分布、充分评估患者心肺功能、合理选择辅助模式、精细化管理容量、辅以抗感染等综合治疗、严谨评估后撤机才能提高危重型COVID-19患者的存活率。

3 小结

ECMO为治疗危重型COVID-19患者争取了更多的时间,并且介入时机、模式选择、并发症的预防及处理至关重要,COVID-19患者一旦启动ECMO则是一场持久的攻坚战,不仅要有合理的个体化治疗方案和医护人员应对病情千变万化的能力,也要有坚定不移的信念和永不言败的精神,更需要多学科全力协作,只有这样才能够降低危重型COVID-19患者病死率,促进重症医学学科发展。

作者贡献:李建朝进行文章的构思与设计,文章的可行性分析,撰写论文;李建朝、高洁进行文献/资料收集、整理,进行英文的修订;钱晓亮、程兆云、黑飞龙进行论文的修订;李建朝、高洁、钱晓亮、程兆云、黑飞龙负责文章的质量控制及审校,并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] WANG D W, HU B, HU C, et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China [J]. JAMA, 2020, 323 (11): 1061-1069. DOI: 10.1001/jama.2020.1585.
- [2] DEL RIO C, MALANI P N. 2019 novel coronavirus—important information for clinicians [J]. JAMA, 2020, 323 (11): 1039. DOI: 10.1001/jama.2020.1490.
- [3] World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection when novel coronavirus (2019-nCoV) infection is suspected—interim guidance [J/OL]. 2020. [2020-05-12]. [https://www.who.int/csr/disease/coronavirus_infections/case-](https://www.who.int/csr/disease/coronavirus_infections/case-management-ipc/en/)

[management-ipc/en/](https://www.who.int/csr/disease/coronavirus_infections/case-management-ipc/en/).

- [4] 国家卫生健康委员会办公厅, 国家中医药管理局办公室. 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第七版) [J]. 全科医学临床与教育, 2020, 18 (2): 100-105. DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2020.002.002.
- [5] 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2020.03.011.
- [6] 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. DOI: 10.1016/S2213-2600 (20) 30121-1.
- [7] WHITE D B, ANGUS D C. Preparing for the sickest patients with 2009 influenza A (H1N1) [J]. JAMA, 2009, 302 (17): 1905-1906. DOI: 10.1001/jama.2009.1539.
- [8] UNAI S, TANAKA D, RUGGIERO N, et al. Acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: an algorithm-based extracorporeal membrane oxygenation program can improve clinical outcomes [J]. Artif Organs, 2016, 40 (3): 261-269. DOI: 10.1111/aor.12538.
- [9] ACC Clinical Bulletin: cardiac implications of novel wuhan coronavirus (2019-nCoV) [J/OL]. American College of Cardiology, 2020. [2020-05-12]. <https://www.acc.org/~/media/Non-Clinical/Files/PDFs-Excel-MS-Word-etc/2020/02/14/S20028-ACC-Clinical-Bulletin-Coronavirus-FINAL-UPLOADED-Feb-14-2020.pdf>.
- [10] LIU Y, YAN L M, WAN L G, et al. Viral dynamics in mild and severe cases of COVID-19 [J]. Lancet Infect Dis, 2020, 20 (6): 656-657. DOI: 10.1016/S1473-3099 (20) 30232-2.
- [11] 朱豫, 戴晓婧, 华莎, 等. 3例危重症新型冠状病毒肺炎患者应用体外膜肺氧合联合俯卧位通气的护理 [J]. 解放军护理杂志, 2020, 37 (4): 90-92. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9993.2020.04.0024.
- [12] 李建伟, 姜海明, 李斌飞, 等. ECMO成功救治2018年广东省首例重症人感染H7N9禽流感患者 [J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30 (12): 1200-1201. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.12.019.
- [13] LI J W, JIANG H M, LI B F, et al. The first case of severe avian influenza A (H7N9) in Guangdong Province in 2018 successfully treated with extracorporeal membrane oxygenation [J]. Chinese Critical Care Medicine, 2018, 30 (12): 1200-1201. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.12.019.
- [13] BARTLETT R H, OGINO M T, BRODIE D, et al. Initial ELSO guidance document: ECMO for COVID-19 patients with severe cardiopulmonary failure [J]. ASAIO J, 2020, 66 (5): 472-474. DOI: 10.1097/MAT.0000000000001173.

(收稿日期: 2020-06-01; 修回日期: 2020-08-12)

(本文编辑: 李越娜)