

· 综述 ·

体外膜肺氧合在围术期及危重症患者中的应用进展

王卓 张静 杨艳 詹丽英

【摘要】 体外膜肺氧合(ECMO)作为一种改良的体外生命支持技术,可部分或完全替代患者的心肺功能,为常规治疗策略无效的顽固性心力衰竭和呼吸衰竭患者提供长时间体外心肺支持,使心肺脏器得到休息恢复,为救治原发病争取时间。经过长期的临床实践与不断探索,ECMO 技术已取得长足进步。全文就 ECMO 的工作原理、围术期应用与急救救治作一综述。

【关键词】 体外膜肺氧合;体外生命支持;围术期应用;急救救治

Application progress of extracorporeal membrane oxygenation in perioperative critical patients

WANG Zhuo, ZHANG Jing, YANG Yan, ZHAN Liying. Department of Anesthesiology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

Corresponding author: ZHAN Liying, Email: 2582062108@qq.com

【Abstract】 Extracorporeal membrane oxygenation as an improved in vitro life support technology, can partially or completely replace the patient's cardiopulmonary function, for conventional treatment strategy ineffective stubborn heart failure and exhalation patients to provide long-term in vitro cardiopulmonary support, so that the cardiopulmonary organs get rest and recovery, for the treatment of primary disease to buy valuable time. After long-term clinical practice and continuous exploration, extracorporeal membrane oxygenation technology has made great progress. This article summarizes and prospects the working principle, perioperative application and emergency treatment of extracorporeal membrane oxygenation.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; Extracorporeal life support; Perioperative application; Emergency treatment

体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)的本质是一种改良的人工心肺机。当患者心肺功能严重受损无法提供呼吸或循环支持时,常规治疗技术将难以救治,ECMO 作为一种心肺支持技术,可有效地降低患者死亡率,在围术期应用与急救救治中发挥关键作用。1972 年, Hill 等^[1]首次使用静脉-动脉 ECMO(VA-ECMO)成功地救治了 1 例车祸伤后并发休克肺综合征的年轻男性患者。我国 ECMO 的临床应用起步较晚,1993 年龙村等^[2]报道了我国第 1 例 ECMO 在患儿的临床应用。2018 年中国医师协会体外生命支持专业委员会颁布了首个成人 ECMO 循环辅助专家共识^[3]。据统计,截至 2020 年,体外生命支持组织(Extracorporeal Life Support Organization, ELSO)记录到已有 282 家国际中心中 24 000 例成人患者使用呼吸性 ECMO^[4]。

ECMO 的技术原理和工作模式

ECMO 的核心组成包括体外氧合器和循环血流泵,其工作原理是通过引流管提取静脉系统内的缺氧血液,在循环血流泵的驱动下引流进氧合器完成体外氧合及二氧化碳清除,再通过灌注管回输至体内,发挥部分或全部心肺替代作用。根据置管方式及支持器官类型不同,ECMO 分为 3 种模式:静脉-静脉 ECMO(VV-ECMO)、VA-ECMO 和动脉-静脉 ECMO(AV-ECMO)。VV-ECMO 将氧合的静脉血回输至右心房,维持足够的氧合,血流量达 6 L/min,主要提供心血管功能不严重受损的部分或全部体外肺支持;VA-ECMO 将氧合的静脉血回输至动脉,替代心脏的泵血功能,最大血流量达 10 L/min,可提供部分或全部心肺支持;AV-ECMO 血流量一般小于 1.5 L/min,主要用于体外二氧化碳清除^[5]。

ECMO 在围术期及危重症患者中的应用

ECMO 在高风险心脏病患者中的应用 过去需要进行外科开放手术的心脏疾病目前可直接进行

DOI: 10.12089/jca.2022.02.021

基金项目:湖北省中央引导地方科技发展专项(2020ZYD001)

作者单位:430060 武汉大学人民医院麻醉科(王卓、张静),重症医学科(杨艳、詹丽英)

通信作者:詹丽英, Email: 2582062108@qq.com

微创治疗,如经皮冠脉介入治疗(percutaneous coronary interventions, PCI)、心脏射频消融术和经导管主动脉瓣置入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)等。高风险心脏病患者围术期极易出现严重的血流动力学紊乱和恶性心律失常,甚至发生心源性休克危及生命,ECMO 可为这些患者提供体外心肺支持。

2017 年 ESC 指南^[6]指出,ECMO 可用于急性 ST 段抬高型心肌梗死患者,多作为 PCI 等术后的一种补救性疗法。Huang 等^[7]对急性 ST 段抬高型心肌梗死患者分别于 PCI 前和 PCI 后应用 ECMO,结果表明,两组患者 30 d 存活率分别为 58.3% 和 29.4%,6 个月存活率分别为 58.3% 和 14.7%,PCI 治疗前使用 ECMO 的患者受益明显大于 PCI 治疗后使用 ECMO 的患者。

Higuchi 等^[8]研究表明,在 TAVI 术中,7 例患者中有 6 例脱离了 ECMO,5 例存活出院,提示预防性应用 ECMO 可能给部分患者带来更好的预后。Val-labhajosyula 等^[9]对室性心动过速射频消融的系统分析表明,约 15% 的患者围术期使用 ECMO,这些患者短期死亡率为 15%,长期死亡率为 25%,出血、肢体缺血、脑卒中和急性肾损伤等并发症发生率约 1%~6%,与其他机械或药物支持手段比较,应用 ECMO 有利于维持急性心律失常患者循环稳定、缩短手术时间并增加手术安全性。

ECMO 在困难气道患者围术期的应用 部分特殊部位的肿瘤或病变累及气道或大血管,包括巨大纵隔占位、颈部或气管内肿瘤、严重胸部外伤等,需要进行外科手术治疗,这些患者往往存在严重呼吸道梗阻或困难气道,难以配合进行清醒插管,预先行 VV-ECMO 转流,既可预防麻醉诱导期间因完全性气道梗阻造成缺氧,又可保证高危患者手术期间的循环支持。但对于外周血管置管,尤其下肢外周血管置管,需要注意南北综合征的发生^[10]。

朱小兵等^[11]报道了 1 例罕见巨大气管内肿瘤患者应用 ECMO 辅助切除肿瘤的病例,肿物质硬,上缘距离声门仅约 6 cm,占据气管截面积 90%,无法在气管切开插入气管套管后切除,选择 ECMO 进行辅助,术后 1 d 拔管,预后良好。陈炳权等^[12]在 VV-ECMO 的辅助下成功抢救 1 例气管重度狭窄的喉癌患者,肿物累积第 1~4 气管环,最狭窄处阻塞 99% 的气管管腔,ECMO 在主气道暂时梗阻的情况下提供氧供,为外科医师操作争取了时间。

Yu 等^[13]使用 ECMO 配合支气管镜引导介入治

疗救治 1 例恶性肿瘤所致的严重中央气道阻塞患者。Kitazawa 等^[14]报道了 1 例巨大纵隔肿瘤侵犯气管隆突、左主支气管和右主肺动脉严重狭窄的病例,在 VV-ECMO 支持下,患者接受了支气管支架植入术并成功脱机。ECMO 强化呼吸支持有望成为部分晚期肺癌继发呼吸衰竭患者度过关键期的桥梁。

ECMO 在器官移植手术中的应用 ECMO 广泛应用于心肺移植术前移植桥接过渡、术中生命支持以及术后并发症的处理。对于肺移植患者,与心肺转流(cardiopulmonary bypass, CPB)比较,应用 ECMO 对血制品输注需求更少,并发症发生也更少^[15]。病情复杂的患者术后延长 ECMO 支持时间可明显提高患者存活率,ECMO 可成功用于肝肾移植术后患者并发心肺不全的患者^[16]。ECMO 不仅能在围术期为受体患者提供生命支持,也能为供体患者及器官提供支持。Peng 等^[17]系统性分析了 ECMO 支持下心脏死亡供体肝与脑死亡供体肝,虽然心脏死亡器官捐献受体患者术后并发原发性移植物失功和缺血性胆管疾病的风险明显升高,但心脏死亡器官捐献受体患者与脑死亡器官捐献受体患者术后 1 年存活率接近。在肾源方面,与脑死亡器官捐献供体比较,心脏死亡器官捐献供体延迟移植物失功和原发性移植物失功发生率更高,但移植肾如果不并发延迟移植物失功和原发性移植物失功,则存活时间与脑死亡器官捐献供体相当,ECMO 能进行胸腹腔脏器原位氧合血灌注和全身降温,有效减轻热缺血损伤,提高供体器官质量,有效提高胸腹腔器官供器官使用率和移植成功率^[18]。从早期器官获取到围手术期心肺支持以及器官移植术后并发症的处理,ECMO 的作用值得肯定。

ECMO 在高危孕产妇围产期的应用 急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)、肺动脉栓塞、围产期心肌病是孕产妇最常见的 ECMO 使用指征,其中 ARDS 是孕期使用 ECMO 最常见的指征。产后使用 ECMO 的四大指征为 ARDS、肺动脉栓塞、产后心肌病和羊水栓塞。Ong 等^[19]系统分析了 ECMO 在孕妇及产后期间的应用,共 97 例孕产妇应用 ECMO 支持治疗,孕产妇存活率为 90.7%,新生儿存活率为 83.3%,出血是孕产妇使用 ECMO 最常见的并发症,发生率为 31.9%。Pacheco 等^[20]一项对国际多中心数据库的分析结果表明,1997 年到 2017 年需要 ECMO 的围产期患者中,VA-ECMO 是主要的使用模式(49.6%),接受 ECMO 支持的围产期患者出院前存

活率为 70%,其中有肾脏并发症的患者死亡率较高。吴亚芬等^[21]报道了 1 例剖宫产术中突发羊水栓塞的肥胖产妇,经 VA-ECMO 辅助开胸心脏按压抢救成功,术后第 4 天脱机成功,术后第 6 天成功拔除气管导管,1 个月后随访恢复良好,器官功能正常。在大量血管活性药物难以维持循环和复苏效果欠佳的情况下,及时应用 VA-ECMO 是高危孕产妇围术期抢救成功的关键。

ECMO 在围术期急性肺栓塞中的应用 急性肺栓塞(acute pulmonary embolism, APE)发生后,轻症患者无明显临床症状,当肺血管床堵塞超过 30%~50%时,大面积肺栓塞会引起肺血管阻力急剧增加,导致患者急性右心衰竭,可进一步发展成心源性休克甚至心脏骤停,临床病死率极高。APE 的常规治疗方法包括血管活性药物、呼吸支持、抗凝、溶栓、介入和外科取栓治疗^[22]。一旦肺栓塞患者发生休克或心脏骤停,在常规治疗失败或没有条件进一步诊治时,床旁迅速建立 ECMO 可暂时稳定循环、改善低氧血症,为外科或导管定向治疗提供机会。

Ghoreishi 等^[23]对 2015 年至 2018 年确诊为大面积肺栓塞的 41 例患者进行了队列研究,结果表明,使用 VA-ECMO 支持和抗凝治疗后,73%的大面积肺栓塞患者出现右心室功能恢复。Oh 等^[24]研究表明,接受 ECMO 治疗的高危 APE 患者的 30 d 死亡率为 43.8%。接受 ECMO 治疗的 APE 患者一般通过手术取栓或导管导向溶栓实现最终治疗,尽早进行手术干预、减少 VA-ECMO 的使用时间可有效减少血栓形成,有助于右心室功能恢复。

ECMO 在其他危重症中的应用 除围术期保护外,在危重症救治中,ECMO 还可在作为生命的桥梁进行抢救性辅助治疗。重度中毒所致猝死、心源性休克、致命性心律失常、喉头水肿、重症哮喘和 ARDS 等,应用清除毒物、应用解毒剂和对症支持等治疗措施不足以完全解决问题,对于可逆性的毒物重症中毒,ECMO 起到挽救性治疗作用,对于毒物造成的不可逆性心肺损伤,在寻找供体期间,应用 ECMO 能够实现过渡性治疗^[25]。此外,对于一些特殊疾病,如重度肺泡蛋白沉积症,患者伴有严重气体交换障碍,大容量全肺灌洗是目前唯一有效的治疗方法,ECMO 的应用保证了大容量双肺灌洗术的顺利实施,保障患者的生命体征平稳^[26]。目前,部分新型冠状病毒肺炎患者短时间内可发展至重型甚至危重型,甚至多脏器衰竭而死亡,由于 COVID-19 病毒直接损伤、炎性因子风暴损伤和呼吸

机相关性肺损伤^[27],应尽早应用 ECMO 改善氧合和保护肺脏,为患者生存争取机会。

ECMO 的并发症及禁忌证

尽管 ECMO 有导致肢体缺血、脑卒中、出血、溶血、气体栓塞、感染、肝肾衰竭、小丑综合征等严重并发症的风险^[28],但随着技术发展和临床经验增加,曾经的绝对禁忌证的现在也成为相对禁忌证,传统上出血患者不能实施 ECMO,目前临床经验表明在广泛使用肝素结合回路、做好系统性抗凝等处理后,应用 ECMO 能够维持出血患者循环稳定^[29]。2020 年国内新型冠状病毒肺炎体外膜肺氧合支持治疗专家共识^[30]指出,ECMO 没有绝对禁忌证,需要临床风险和收益个性化评估。与 ECMO 不良预后相关的因素包括:合并无法恢复的疾病或重要脏器衰竭、存在抗凝禁忌、在较高机械通气设置条件下($\text{FiO}_2 > 0.9$,平台压 $> 30 \text{ cmH}_2\text{O}$)超过 7 d、免疫抑制、主动脉瓣重度关闭不全、急性主动脉夹层、存在周围大血管解剖畸形或病变无法置管等,专家共识将以上因素列为相对禁忌证。

小 结

经过多年的临床实践,ECMO 在高风险心脏病患者、困难气道患者围术期、器官移植手术、高危孕产妇围产期、围术期 APE 和其他危重症如中毒救治、新型冠状病毒肺炎患者肺保护等方面发挥了关键作用。对于急高危患者,如严重创伤、紧急心源性休克或呼吸梗阻,如何快速有效建立起 ECMO 通路进行心肺支持,是决定患者预后的重要因素。因此,有必要建设一支由多学科专家成员建立的 ECMO 团队,创立一条绿色通道,立即启动 ECMO 治疗。可移动 ECMO 系统的出现打破了只能院内进行 ECMO 治疗的常规^[31]。这些系统在国内的推行将是今后 ECMO 技术的革新方向,将整体前移危重症患者救治关口,更有利于医护人员在“黄金 4 分钟”内对患者展开紧急救治,在应对重大自然灾害、应急医疗救援和平时院外危重症患者转运等方面,具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson membrane lung. N Engl J Med, 1972, 286(12): 629-634.
- [2] 龙村,麦凡,齐文安,等.体外循环膜肺支持疗法(附一例临

- 床报告). 中国循环杂志, 1993(8): 487-489.
- [3] 中国医师协会体外生命支持专业委员会. 成人体外膜氧合循环辅助专家共识. 中华重症医学电子杂志(网络版), 2018, 4(2): 114-122.
 - [4] Tonna JE, Abrams D, Brodie D, et al. Management of adult patients supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV-ECMO): guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). ASAIO J, 2021, 67(6): 601-610.
 - [5] Swol J, Belohlávek J, Brodie D, et al. Extracorporeal life support in the emergency department: a narrative review for the emergency physician. Resuscitation, 2018, 133: 108-117.
 - [6] Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: the task force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). Eur Heart J, 2018, 39(2): 119-177.
 - [7] Huang CC, Hsu JC, Wu YW, et al. Implementation of extracorporeal membrane oxygenation before primary percutaneous coronary intervention may improve the survival of patients with ST-segment elevation myocardial infarction and refractory cardiogenic shock. Int J Cardiol, 2018, 269: 45-50.
 - [8] Higuchi R, Tobaru T, Hagiya K, et al. Outcomes of patients requiring extracorporeal membrane oxygenation in transcatheter aortic valve implantation: a clinical case series. Heart Vessels, 2018, 33(11): 1343-1349.
 - [9] Vallabhajosyula S, Vallabhajosyula S, Vaidya VR, et al. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation support for ventricular tachycardia ablation: a systematic review. ASAIO J, 2020, 66(9): 980-985.
 - [10] Monaco F, Belletti A, Bove T, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: beyond cardiac surgery and intensive care unit: unconventional uses and future perspectives. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2018, 32(4): 1955-1970.
 - [11] 朱小兵, 吴论, 伍嘉艳, 等. ECMO 辅助下罕见巨大气管内肿瘤切除术麻醉管理一例. 临床麻醉学杂志, 2018, 34(4): 413-414.
 - [12] 陈炳权, 吴健, 黄凌儿, 等. ECMO 支持下气管重度狭窄全麻喉癌手术 1 例. 中华麻醉学杂志, 2021, 41(3): 373-374.
 - [13] Yu W, Zhou P, Chen K, et al. Bronchoscopy-guided intervention therapy with extracorporeal membrane oxygenation support for advanced cancer metastasis to the central airway: a case report. Medicine (Baltimore), 2020, 99(11): e19488.
 - [14] Kitazawa S, Kobayashi N, Ueda S, et al. Successful use of extracorporeal membrane oxygenation for airway-obstructing lung adenocarcinoma. Thorac Cancer, 2020, 11(10): 3024-3028.
 - [15] Biscotti M, Yang J, Sonett J, et al. Comparison of extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass for lung transplantation. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 148(5): 2410-2415.
 - [16] Braun HJ, Pulcrano ME, Weber DJ, et al. The utility of ECMO after liver transplantation: experience at a high-volume transplant center and review of the literature. Transplantation, 2019, 103(8): 1568-1573.
 - [17] Peng JC, Ding J, He ZY, et al. The efficacy of extracorporeal membrane oxygenation in liver transplantation from non-heart-beating donors: a systemic review and meta-analysis. Medicine (Baltimore), 2019, 98(9): e14722.
 - [18] 中国医学会器官移植学分会, 中国医师协会器官移植医师分会. 体外膜肺氧合在中国公民逝世后捐献供器官保护中的应用专家共识(2016 版). 中华移植杂志(电子版), 2016, 10(3): 107-111.
 - [19] Ong J, Zhang J, Lorusso R, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in pregnancy and the postpartum period: a systematic review of case reports. Int J Obstet Anesth, 2020, 43: 106-113.
 - [20] Pacheco LD, Saade GR, Hankins G. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) during pregnancy and postpartum. Semin Perinatol, 2018, 42(1): 21-25.
 - [21] 吴亚芬, 罗金, 陈涛, 等. 开胸心肺复苏及 ECMO 辅助下救治剖宫产术中羊水栓塞一例. 临床麻醉学杂志, 2020, 36(11): 1141-1142.
 - [22] Choi JH, O'Malley TJ, Maynes EJ, et al. Surgical pulmonary embolectomy outcomes for acute pulmonary embolism. Ann Thorac Surg, 2020, 110(3): 1072-1080.
 - [23] Ghoreishi M, DiChiacchio L, Pasirja C, et al. Predictors of recovery in patients supported with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for acute massive pulmonary embolism. Ann Thorac Surg, 2020, 110(1): 70-75.
 - [24] Oh YN, Oh DK, Koh Y, et al. Use of extracorporeal membrane oxygenation in patients with acute high-risk pulmonary embolism: a case series with literature review. Acute Crit Care, 2019, 34(2): 148-154.
 - [25] 乔莉, 张劲松. 重视体外膜肺氧合技术在重症中毒患者中的应用. 中华急危重症护理杂志, 2020, 1(2): 101-103.
 - [26] 江山, 赵维珊, 孙杨. 体外膜肺氧合用于重度肺泡蛋白沉积症患者双肺同期大容量灌洗术 1 例. 中华麻醉学杂志, 2018, 38(10): 1277-1278.
 - [27] 张伟, 潘纯, 宋青. 危重症新型冠状病毒肺炎损伤治疗过程中应关注的问题. 解放军医学杂志, 2020, 45(3): 236-240.
 - [28] Chaves RCF, Rabello Filho R, Timenetsky KT, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: a literature review. Rev Bras Ter Intensiva, 2019, 31(3): 410-424.
 - [29] Badulak JH, Shinar Z. Extracorporeal membrane oxygenation in the emergency department. Emerg Med Clin North Am, 2020, 38(4): 945-959.
 - [30] 新型冠状病毒肺炎体外膜肺氧合支持治疗专家组. 新型冠状病毒肺炎体外膜肺氧合支持治疗专家共识. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(3): 314-319.
 - [31] Merkle J, Djorjevic I, Sabashnikov A, et al. Mobile ECMO: a divine technology or bridge to nowhere. Expert Rev Med Devices, 2017, 14(10): 821-831.

(收稿日期:2021-05-17)