

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.11.032

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250812.1510.010\(2025-08-12\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250812.1510.010(2025-08-12))体外膜肺氧合技术在肝移植围手术期中的应用研究进展^{*}杨利文,熊 滨[△],庞 静,唐小刚

(广西壮族自治区人民医院重症医学科,南宁 530000)

[摘要] 肝移植是终末期肝病患者的终极治疗手段,近年来在技术革新与围手术期管理方面取得了明显进展,但其疗效仍受限于供肝短缺及围手术期心肺衰竭等挑战。体外膜肺氧合(ECMO)作为一种心肺功能替代支持技术,通过体外循环提供氧合与血流动力学稳定,在肝移植领域展现出多维度价值,尤其在供肝维护和复杂并发症管理中具有关键作用。该文综述了 ECMO 在肝移植中的应用研究进展,有助于深入了解该技术在肝移植领域的应用现状和未来发展方向,为临床实践和科学研究提供参考。

[关键词] 肝移植;体外膜肺氧合;供体维护;围手术期

[中图分类号] R657.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)11-2665-05

Research progress on the application of extracorporeal membrane oxygenation in the perioperative period of liver transplantation^{*}YANG Liwen, XIONG Bin[△], PANG Jing, TANG Xiaogang

(Department of Critical Care Medicine, People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi 530000, China)

[Abstract] Liver transplantation is the ultimate treatment for patients with end-stage liver disease. In recent years, significant progress has been made in technological innovation and perioperative management, but its efficacy is still limited by challenges such as donor liver shortage and postoperative cardiopulmonary failure. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), as a cardiopulmonary support technique, provides oxygenation and hemodynamic stability through extracorporeal circulation, demonstrating multidimensional value in the field of liver transplantation, especially in donor liver preservation and the management of complex complications. This article reviews the research progress of ECMO application in liver transplantation, facilitating a deeper understanding of the current status and future development directions of this technology in liver transplantation, providing references for clinical practice and scientific research.

[Key words] liver transplantation; extracorporeal membrane oxygenation; donor liver preservation; perioperative period

随着医疗技术的进步和体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)技术的成熟,ECMO 在肝移植中的应用前景日益广阔^[1-2]。研究表明,ECMO 可改善肝移植患者预后并提高手术成功率^[3]。本文综述了 ECMO 在肝移植中的研究进展,旨在探讨其应用现状与未来发展方向,为临床实践和科研提供参考。

1 ECMO 在供肝维护中的应用

传统低温保存法对心死亡捐献(donation after circulatory death, DCD)供肝存在局限性,可能加剧移植物缺氧性损伤及低灌注损伤^[4]。临床数据显示,DCD 供肝受体的 1 年死亡率、原发性移植肝无功能、缺血性胆管病发生率及再次移植率均高于脑死亡捐献组,其中胆管上皮对热缺血-冷缺血双重损伤的高度灵敏度是主要机制^[5-7]。当热缺血时间 ≤ 30 min 时,

肝功能恢复与胆管损伤风险呈负相关,术后 ALT/AST 水平升高可作为评估损伤程度的量化指标。

ECMO 区域灌注技术^[8]可在心死亡前期及移植前为供体器官提供含氧血液灌注,降低其缺血性损伤风险。该技术主要为线粒体补充 ATP,促进细胞修复。巴塞罗那临床中心于 2007 年首次证实^[9],ECMO 常温灌注可降低 DCD 肝移植的缺血损伤,改善受体预后。后续研究提出,常温区域灌注与机械灌注的协同模式可改善 DCD 移植结局,22~25 °C 的亚常温条件可平衡代谢抑制与细胞保护^[10-13]。2017 年,何晓顺等^[14]首创双通道 ECMO 常温灌注技术,即在阻断供肝血管前,经门静脉及肝动脉置入灌注管,利用两套简易 ECMO 装置在供肝离体后进行常温灌注。该技术可实现长达 72 h 的体外灌注,并维持供肝良好活性;术后肝功能恢复速度及手术稳定性均优于传统

^{*} 基金项目:广西科技计划项目(桂科 AD22035101)。[△] 通信作者,E-mail:icuxiong@sina.com。

冷保存组。2020 年,一项单中心观察性研究显示,33 例移植肝在术前采用 ECMO 常温局部灌注,马斯特里赫特 II/III DCD 供者分别为 9、24 例,受者中位存活时间延长(67 ± 9)个月和(41 ± 7)个月,仅 1 例因缺血性胆管病需再次移植^[15]。2023 年,大型动物实验证实,ECMO 联合低温机械灌注进行亚常温区域灌注对微循环修复具有协同增益^[16]。

为扩大供体来源,老年供体、脂肪肝供体及心脏停搏供体(non-heart-beating donor, NHBD)的边缘移植物已被用于移植。因此,减少 NHBD 肝脏的热缺血时间成为器官保存的关键。尽管 ECMO 技术理论上可使 NHBD 的器官捐献量增加 20%~25%^[17],但其临床应用仍面临多个核心问题:(1)技术标准尚未统一,各中心在灌注温度、持续时间及血流参数方面尚未达成共识;(2)禁忌证界定不明,严重凝血功能障碍、不可逆性脑损伤及全身性感染属于绝对禁忌,但针对老年供体或脂肪肝供体等特殊人群的风险评估体系尚未建立;(3)卫生经济学瓶颈突出,ECMO 设备购置成本高昂且需多学科团队支持,限制了其在基层医疗机构的推广。

2 ECMO 在肝移植围手术期应用

2.1 术前应用

肝肺综合征(hepatopulmonary syndrome, HPS)是终末期肝病的严重并发症,其核心病理机制是肝功能失代偿导致的血管活性介质失衡,表现为扩血管介质(如一氧化氮)与缩血管介质比例失调,继而引发肺内血管异常扩张、通气血流比例失调及顽固性低氧血症。尽管针对肺动脉高压的多模式治疗策略已应用于 HPS 治疗^[18],但效果有限。目前,肝移植仍是 HPS 唯一有效的根治性方法。严重 HPS 伴重度低氧血症或肺动脉高压曾被视为肝移植的绝对禁忌证^[19],此类患者常因快速进展的呼吸衰竭而丧失手术机会。ECMO 在肝移植领域的探索始于 1994 年,首例报道为肝移植术后并发急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)及循环衰竭的患者,经静脉-动脉 ECMO 支持 7 d 后成功脱机^[20]。此案例虽非直接针对 HPS,但初步验证了 ECMO 在肝移植围手术期提供心肺支持的可行性。然而,早期 ECMO 技术(如硅胶膜肺的高血栓风险)及肝素抗凝相关的出血并发症,加之当时重症监护水平的限制,阻碍了其推广应用。近年来,较多个案报告和小型研究探索了 ECMO 在可逆性 HPS 患者肝移植术中及术后的应用价值^[21-26]。2015 年,SHARMA 等^[27]首次报道了在 HPS 患者肝移植术中成功应用静脉-静脉体外膜肺氧合(veno-venous extracorporeal membrane oxygenation, VV-ECMO)的案例。患者术前 PaO_2 仅 35 mmHg,无肝期氧合指数($\text{PaO}_2/\text{吸入氧浓度}$)降至 <80 mmHg;启动 VV-ECMO(流量 4.5 L/min,吸入氧浓度 100%)后血氧饱和度维持在 90%以上,术后 5 d 顺利撤机。该案例表明 ECMO 可通过提供有效气体交换,为 HPS 患者创造肝移植手术窗口

期,并减轻高浓度氧疗相关的再灌注肺损伤。2022 年,一项 meta 分析显示,接受 ECMO 支持的 HPS 患者出院存活率达 82.4%^[28]。PARK 等^[29]的回顾性研究指出,术前接受 VV-ECMO 的肝移植患者术后 1 年生存率为 50%,高于传统机械通气对照组的 20%。更有观点主张,相较于补救性应用,预防性或计划性启动 ECMO(特别是 VA-ECMO)能有效降低再灌注期急性右心衰竭风险,使既往无法耐受手术的患者获得移植机会。2018 年,法国一项多中心研究提出“预防性 ECMO”策略^[30]:对于术前 $\text{PaO}_2 < 40$ mmHg、肺内分流率 $> 30\%$ 的 HPS 患者,在麻醉诱导前预置 VV-ECMO(采用股静脉-右颈内静脉双腔管),维持术中氧合指数 > 150 mmHg。该策略降低了术中低氧血症相关心搏骤停发生率(由 12%降至 3%),并缩短了术后机械通气时间(中位时间由 7 d 缩短至 3 d)。BARBAS 等^[31]报道,采用术前计划性 VA-ECMO 成功支持严重肺动脉高压患者完成了肝移植。

ECMO 术前应用(尤其是预防性或计划性应用)为严重 HPS/门脉性肺动脉高压(portopulmonary hypertension, PoPH)患者提供了潜在移植机会,其核心价值在于争取心肺功能恢复时间窗及优化围手术期管理。然而,由于患者选择复杂、技术要求高、抗凝管理困难、资源有限且缺乏高级别证据支持,ECMO 仅适用于经验丰富的移植中心和经严格筛选的危重患者的高级支持策略,而非标准治疗。

2.2 术中应用

肝移植再灌注期心脏停搏死亡率可超过 80%。YOON 等^[32]报道,109 例接受 ECMO 支持的肝移植中,围手术期 ECMO 脱机成功率为 51%,1 年生存率达 42.6%;合并感染性休克或高胆红素血症的患者死亡率更高。TEJANI 等^[24]报道了 1 例应用 VA-ECMO 成功救治的再灌注期心脏停搏病例,但同时指出此类复苏总体成功率较低,建议在自主循环无法快速恢复时尽早启动 ECMO 支持。

LEE 等^[33]报道了 2 例合并 PoPH 的肝移植病例,围手术期采用 VV-ECMO 联合经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)实施动态监测。1 例因严重凝血功能障碍(国际标准化比值 > 2.5)全程未使用抗凝药物,再灌注期 TEE 监测显示,2 例患者均出现右心室严重扩大伴收缩功能降低;经及时提升 ECMO 流量($1.6 \sim 2.4$ L/min)并辅以钙剂强心治疗后,右心室功能迅速改善。研究提出,TEE 应作为 PoPH 患者肝移植术中的常规监测手段,该研究揭示了 ECMO 联合 TEE 在复杂肝移植中兼具“可调节性心肺支持”与“精准干预”的双重价值,同时警示了器械相关并发症对手术解剖结构的影响^[34]。

PoPH 是终末期肝病的高危并发症,死亡率高。若无 ECMO 提供术中右心室卸载,这类患者通常难以耐受肝移植。

针对复杂心肺功能障碍,静脉-动脉-静脉体外膜肺氧合(VAV-ECMO)模式展现出独特优势。有研究

报道了 1 例肝移植术后出现 PoPH 危象的患者^[35], 采用 VAV-ECMO(股动脉-右心房-股静脉置管)同时提供循环支持(占心输出量 65%)及肺循环氧合血灌注, 最终成功过渡至靶向药物治疗。WU 等^[28]汇总全球 17 例 ECMO 支持的 HPS 肝移植病例数据, 显示中位支持时间为 13 d, 出院存活率达 82.4%(14/17)。术前启动 ECMO 组($n=6$)与术后启动组($n=11$)的存活率无明显差异(83.3% vs. 81.8%), 但术前组 ICU 停留时间更短(32 d vs. 47 d)。亚组分析表明, 采用个体化抗凝策略(ACT 目标值 140~160 s, 联合血栓弹力图监测)可将出血并发症发生率从 38%降低至 12%。这些证据提示, 通过严格筛选患者和实施个体化管理, ECMO 可安全用于肝移植患者, 支持其在严重 HPS 患者围手术期中的应用。

然而, ECMO 应用仍面临多项挑战。(1)抗凝困境: 需在肝病相关凝血功能障碍基础上精细平衡抗凝强度, 防治血栓形成与出血事件;(2)并发症风险: 包括插管相关损伤/肢体缺血、血流干扰血管吻合、感染及全身炎症反应加剧;(3)技术复杂性: 高度依赖经验丰富的多学科团队支持。

2.3 术后应用

肝移植术后并发感染性休克是致命性并发症, 死亡率^[35]。ABE 等^[36]首次报道了 ECMO 在儿科相关并发症中的应用: 1 例 5 岁胆管闭锁患儿在活体肝移植术后因难治性感染性休克接受 VA-ECMO 支持, 最终成功控制感染且未遗留神经后遗症。LEE 等^[37]针对成人患者的报道显示, 肝移植术后并发难治性感染性休克并接受 ECMO 支持者存活率仅 25%(2/8 例); 存活组患者乳酸水平及序贯器官衰竭评分下降, 而非存活组胆红素与 C 反应蛋白水平持续升高, 提示这些指标的动态变化可能具有预后价值。

此外, 个案报道证实 ECMO 可作为暴发性 Wilson 病合并肺出血^[38]及肝移植术后心肌病^[39]患者的围手术期过渡支持措施。在儿童术后心肺衰竭方面, WIKLUND 等^[40]报道, 4 例(1~11 岁)接受 VA/VV-ECMO 治疗的患者存活率为 50%(2/4), 但同时指出需关注 ECMO 可能加剧全身炎症反应综合征及基础疾病复发的风险。目前, ECMO 在国内肝移植患者中的应用报道相对少见^[41]。

慢加急性肝衰竭(acute-on-chronic liver failure, ACLF)是指在肝硬化基础上发生的急性失代偿^[42], 并伴随肝外器官(肾、脑)、凝血、循环和/或呼吸衰竭, 其 28 d 无肝移植死亡率高达 23%~74%^[43-44]。欧洲研究数据显示, 存在 ≥ 4 个器官衰竭的 ACLF 患者 28 d 无移植死亡率高达 90%~100%^[45]。合并多器官衰竭(multiple organ failure, MOF)具有极高的围手术期死亡率, 被视为肝移植禁忌证^[43]。2023 年, CHOI 等^[46]首次报道成功应用 ECMO 支持合并 MOF 的 ACLF 患者过渡至肝移植, 提示该技术有望突破此类患者的肝移植适应证限制。

目前, ECMO 应用于肝移植术后严重并发症(如

感染性休克、ACLF/MOF)的证据尚不充分, 且患者预后普遍不佳。其筛选标准极其严格, 需满足感染源可控或已清除、心肺功能具备可逆性等条件; 严重凝血功能障碍、活动性出血及不可逆中枢神经系统衰竭为禁忌证。尽管如此, 对于经过严格筛选的致命性并发症患者, ECMO 仍可作为一种潜在的挽救性治疗措施。

3 小 结

ECMO 在缩短 DCD 肝移植的热缺血时间、为严重 HPS/PoPH 患者创造移植机会、在再灌注期提供关键心肺支持等方面具有重要价值。然而, 其应用仍面临患者筛选复杂、技术与管理要求高、抗凝管理困境、医疗资源限制、循证证据不足等多重挑战。目前, ECMO 仅作为经验丰富的移植中心、针对高度选择的危重患者实施的高级支持策略, 而非标准治疗。人工智能驱动的 ECMO 参数实时调控系统^[47]有望实现个体化精准支持。对于肝移植术后合并严重并发症的患者, 尽管 ECMO 支持的循证证据有限, 仍可为严格筛选的致命性并发症患者提供潜在挽救手段。

参考文献

- [1] 齐波, 杨立群, 鄢和新, 等. 慢加急性肝衰竭肝移植的围手术期管理[J]. 中华肝脏病杂志, 2023, 31(6): 564-568.
- [2] 中华医学会器官移植学分会围手术期管理学组. 肝衰竭肝移植围手术期管理中国专家共识(2021 版)[J]. 中华消化外科杂志, 2021, 20(8): 835-840.
- [3] HOGEN R, SEDRA A H, MOTAMED A, et al. The evolving role of ECMO in liver transplantation[J]. Curr Opin Organ Transplant, 2021, 26(3): 333-338.
- [4] 卡地尔丁·艾海提, 叶建荣, 吐尔干艾力·阿吉. 离体肝脏冷缺血时间对自体肝移植术后早期肝脏功能及并发症影响研究[J]. 中国实用外科杂志, 2023, 43(3): 315-318.
- [5] 中华医学会器官移植学分会围手术期管理学组. 肝移植围手术期血管并发症诊治专家共识(2021 版)[J]. 中华外科杂志, 2021, 59(8): 641-645.
- [6] 庄莉, 刘相艳. 肝移植受者围手术期管理及并发症预防与治疗[J]. 中华消化外科杂志, 2021, 20(10): 1037-1041.
- [7] 胡鑫文, 李亭. 成人原位肝移植术后常见胆道胆管并发症的诊疗[J]. 器官移植, 2022, 13(5): 569-576.
- [8] PENG J C, DING J, HE Z Y, et al. The efficacy of extracorporeal membrane oxygenation in liver transplantation from non-heart-beating donors: a systemic review and meta-analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(9): e14722.

- [9] FONDEVILA C, HESSHEIMER A J, RUIZ A, et al. Liver transplant using donors after unexpected cardiac death: novel preservation protocol and acceptance criteria[J]. *Am J Transplant*, 2007, 7(7):1849-1855.
- [10] WATSON C, KOSMOLIAPTIS V, PLEY C, et al. Observations on the ex situ perfusion of livers for transplantation[J]. *Am J Transplant*, 2018, 18(8):2005-2020.
- [11] HESSHEIMER A J, COLL E, TORRES F, et al. Normothermic regional perfusion vs. super-rapid recovery in controlled donation after circulatory death liver transplantation[J]. *J Hepatol*, 2019, 70(4):658-665.
- [12] MATSUNO N, OBARA H, WATANABE R, et al. Rewarming preservation by organ perfusion system for donation after cardiac death liver grafts in pigs[J]. *Transplant Proc*, 2014, 46(4):1095-1098.
- [13] 谢炎, 蒋文涛. 供肝保存与功能维护助力肝移植发展[J]. *器官移植*, 2023, 14(2):201-206.
- [14] 何晓顺, 郭志勇, 鞠卫强, 等. 无缺血肝移植技术的创立: 附三例报告[J]. *中华器官移植杂志*, 2017, 38(10):577-583.
- [15] HERRERO-TORRES M A, DOMNIGUEZ BA-STANTE M, MOLINA-RAYA A, et al. Eight years of extracorporeal membrane oxygenation in liver transplantation: our experience[J]. *Transplant Proc*, 2020, 52(2):572-574.
- [16] IWATA H, OBARA H, NAKAJO T, et al. Beneficial effects of combined use of extracorporeal membrane oxygenation and hypothermic machine perfusion in porcine donors after cardiac death for liver transplantation[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(18):6031.
- [17] WANG C C, WANG S H, LIN C C, et al. Liver transplantation from an uncontrolled non-heart-beating donor maintained on extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Transplant Proc*, 2005, 37(10):4331-4333.
- [18] CHAN-DOMINY A C, RAHIMAN S N, ANDERS M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation and severe portopulmonary hypertension following liver transplantation: brief report[J]. *Int J Artif Organs*, 2015, 38(6):337-342.
- [19] 中华医学会器官移植学分会围手术期管理学组, 中国医师协会医师协会外科医师医生分会器官移植围手术期管理专业委员会. 门静脉性肺动脉高压肝移植围手术期管理中国专家共识(2021 版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2022, 21(1):10-14.
- [20] JENG L B, CHENG M H, LEE W C, et al. Extracorporeal membrane oxygenation therapy for adult respiratory distress syndrome developing post liver transplantation[J]. *Transplant Proc*, 1994, 26(4):2237-2238.
- [21] CHOI S R, LEE S C, LEE T Y, et al. Perioperative extracorporeal membrane oxygenation support for acute respiratory distress syndrome aggravated by hepatopulmonary syndrome in deceased donor liver transplantation: a case report [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(8):1422.
- [22] CHOI N K, HWANG S, KIM K W, et al. Intensive pulmonary support using extracorporeal membrane oxygenation in adult patients undergoing liver transplantation[J]. *Hepatogastroenterology*, 2012, 59(116):1189-1193.
- [23] YOO C S, SHIN Y H, KO J S, et al. Anesthetic management including extracorporeal membrane oxygenation therapy of liver transplant recipient with life-threatening hypoxemia-a case report-[J]. *Korean J Anesthesiol*, 2013, 65(2):151-157.
- [24] TEJANI M, YI S Y, EUDAILEY K W, et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a rescue device for postreperfusion cardiac arrest during liver transplantation[J]. *Liver Transpl*, 2015, 21(3):410-414.
- [25] KIM I K, NISSEN N N, STEGGERDA J, et al. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory failure in a liver transplant patient: a case report[J]. *Transplant Proc*, 2018, 50(10):4038-4041.
- [26] VAN HOOFF L, REGA F, DEVROE S, et al. Successful resuscitation after hyperkalemic cardiac arrest during liver transplantation by converting veno-venous bypass to veno-arterial ECMO[J]. *Perfusion*, 2021, 36(7):766-768.
- [27] SHARMA N S, WILLE K M, DIAZ GUZMAN E. Extracorporeal membrane oxygenation after liver transplantation in a patient with hepatopulmonary syndrome and an atrial septal defect [J]. *Int J Artif Organs*, 2015, 38(3):170-172.
- [28] WU W K, GROGAN W M, ZIOGAS I A, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in patients with hepatopulmonary syndrome undergoing liver transplantation: a systematic review of the literature[J]. *Transplant Rev (Orlando)*, 2022, 36(2):100693.

- [29] PARK S J, PARK J Y, RI H S, et al. Expanded efficacy of venovenous extracorporeal membrane oxygenation support for deceased donor liver transplantation [J]. *Transplant Proc*, 2021, 53(6):1813-1816.
- [30] LAICI C, BIANCHINI A, MIGLIONICO N, et al. Planned extracorporeal life support employment during liver transplantation: the potential of ECMO and CRRT as preventive therapies- case reports and literature review [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(3):1239.
- [31] BARBAS A S, SCHRODER J N, BORLE D P, et al. Planned initiation of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation prior to liver transplantation in a patient with severe portopulmonary hypertension [J]. *Liver Transpl*, 2021, 27(5):760-762.
- [32] YOON Y I, LIM J H, LEE S G, et al. Role of extracorporeal membrane oxygenation as a salvage therapy for liver transplantation recipients in a high-volume transplant center [J]. *Liver Transpl*, 2023, 29(1):67-79.
- [33] LEE J, ALLEN W L, SCOTT C L, et al. Pre-emptive venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for liver transplantation-judicious candidate selection [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(15):4965.
- [34] 中华医学会超声医学分会, 中国医师协会外科医师分会, 中国医师协会介入医师分会, 等. 肝移植超声临床实践指南(2023 版) [J]. *中华医学杂志*, 2023, 103(31):2365-2388.
- [35] 李瀚, 贾亚男, 贺强, 等. 危重症肝病肝移植术后免疫抑制剂管理和感染的防治进展 [J]. *器官移植*, 2020, 11(3):344-349.
- [36] ABE M, IDE K, NISHIMURA N, et al. Successful venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for postoperative septic shock in a child with liver transplantation: a case report [J]. *Pediatr Transplant*, 2017, 21(8):e13063.
- [37] LEE K W, CHO C W, LEE N, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support for refractory septic shock in liver transplantation recipients [J]. *Ann Surg Treat Res*, 2017, 93(3):152-158.
- [38] SON S K, OH S H, KIM K M, et al. Successful liver transplantation following veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in a child with fulminant Wilson disease and severe pulmonary hemorrhage: a case report [J]. *Pediatr Transplant*, 2012, 16(7):E281-285.
- [39] LAUTERIO A, BOTTIROLI M, CANNATA A, et al. Successful recovery from severe inverted Takotsubo cardiomyopathy after liver transplantation: the efficacy of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2022, 88(3):199-201.
- [40] WIKLUND L, HARALDSSON A, SELIMOVIC N, et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to lung transplantation in a patient with persistent severe porto-pulmonary arterial hypertension following liver transplantation [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2011, 39(5):777-778.
- [41] 王卫利, 高思楠, 孙超, 等. 体外膜氧合在肝移植术后儿童重度急性呼吸窘迫综合征中的应用 [J]. *中华器官移植杂志*, 2020, 41(6):367-371.
- [42] 陈煜, 段钟平. 美国胃肠病学会《慢加急性肝衰竭临床指南》解读 [J]. *中华肝脏病杂志*, 2022, 30(2):204-206.
- [43] MONSEL A, MAL H, BRISSON H, et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to liver transplantation for acute respiratory distress syndrome-induced life-threatening hypoxaemia aggravated by hepatopulmonary syndrome [J]. *Crit Care*, 2011, 15(5):R234.
- [44] 张天翼, 于也萍, 夏强, 等. 肝移植治疗慢加急性肝衰竭研究进展 [J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2021, 41(2):257-261.
- [45] 雒博晗, 韩国宏. 《2023 年欧洲肝病学会临床实践指南: 慢加急性肝衰竭》摘译 [J]. *中华消化杂志*, 2023, 43(8):520-527.
- [46] CHOI M C, MIN E K, YIM S H, et al. Successful recovery after veno-arterio-venous extracorporeal membrane oxygenation immediately before liver transplantation in multi-organ failure including acute respiratory distress syndrome: a case report [J]. *Transplant Proc*, 2023, 55(3):684-686.
- [47] 周光居, 韩明帅, 张茂. 体外膜肺氧合技术的进展与未来趋势 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2025, 34(3):275-279.

(收稿日期: 2025-03-07 修回日期: 2025-07-24)

(编辑: 张芃捷)