

体外膜氧合患者的早期康复治疗进展

Advances in early rehabilitation therapy for patients on extracorporeal membrane oxygenation

林青¹, 宋孟龙², 邓磊², 李依², 杨雪婷², 牛丽², 张洋², 李玲², 周平^{2△}

LIN Qing, SONG Meng-long, DENG Lei, LI Yi, YANG Xue-ting, NIU Li, ZHANG Yang, LI Ling, ZHOU Ping

1. 成都中医药大学医学与生命科学学院, 四川 成都 611137; 2. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院) 急救中心 EICU, 四川 成都 610072

【摘要】 近年来体外膜氧合(ECMO)技术迅速发展,其在危重症救治中的应用为患者提供了新的治疗选择。早期康复干预有助于改善 ECMO 患者的器官功能和生活质量,同时缩短 ICU 及总住院时长。然而,ECMO 患者的功能锻炼仍面临诸多挑战,主要集中在康复时机选择、团队建设及实施方案优化等方面。本文旨在探讨 ECMO 患者早期康复的临床意义、实施时机及具体方法。

【关键词】 体外膜氧合;早期康复;功能锻炼

【中图分类号】 R493

【文献标志码】 B

【文章编号】 1672-6170(2026)04-0220-04

体外膜氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)作为一项重要的机械循环支持手段,ECMO 操作复杂、创伤较大且风险较高,主要适用于常规治疗无效、预期死亡率超过 80%的急性难治性心肺衰竭患者^[1,2]。根据血液回输路径的不同,分为静脉-静脉(VV-ECMO)和静脉-动脉(VA-ECMO)两种模式。接受 ECMO 治疗的患者常因病情危重、长期制动、大量使用镇痛镇静药物等因素,易发生 ICU 获得性衰弱(intensive care unit acquired weakness, ICU-AW)、谵妄及呼吸机相关性肺炎等并发症,导致呼吸机脱机困难、ICU 住院时间延长、残疾风险与病死率增加,严重影响患者预后。近年来研究表明,对 ECMO 患者实施早期康复干预具有安全性和临床价值,不仅能改善器官功能、运动耐力及生活质量,还能缩短住院时间并提高生存率^[2-6]。但 ECMO 患者常伴有血流动力学不稳定、多器官功能衰竭及管路管理复杂等问题,早期康复的实施仍面临诸多挑战。

目前,早期康复在国际上尚未形成统一定义,各医疗中心在实施时机和方法上存在差异。通常将 ECMO 启动后 24~48 小时至 4 周内开展的运动干预视为早期康复,内容包括被动与主动床上活动、呼吸训练以及渐进式下床活动等,具体形式涉及体位管理、关节活动度训练、床上坐起、功能性电刺激、踏车训练、站立及步行训练等^[1]。早期康复是 ECMO 患者治疗的重要组成部分。由于 ECMO 患者通常需要长期卧床,并需要大量使用镇静剂、肌松剂及激素等药物,这些因素在一定程度上可导

致血管、神经和肌肉等外周组织的损伤。早期康复干预有助于预防卧床相关并发症,改善器官功能,同时减少谵妄发生率、机械通气时间、ICU 住院时间,可能降低死亡率并提高患者出院后的生活质量^[2,6,7]。

1 ECMO 患者早期康复的意义

现有研究普遍支持 ECMO 患者早期康复的可行性与临床价值。Ferreira 等^[8]证实物理治疗在该人群中安全可行。两项系统评价进一步提供了量化证据:一项涵盖 14 项研究、共计 1753 例患者的系统评价表明,早期康复虽未显著影响短期或长期死亡率,但可提高出院时的独立行走能力及出院后的存活时间^[7]。另一项 2023 年的系统评价则发现^[2],早期康复与住院时间及机械通气时间缩短、血管活性药物用量减少相关,同时可能改善功能状态、降低死亡率并减少医疗费用。然而,临床医生对 ECMO 患者实施早期康复仍持有谨慎态度,主要担心康复训练期间出现氧合维持困难、血流动力学不稳定及管路脱落等风险。尽管如此,随着 ECLS 的广泛应用,特别是在 COVID-19 大流行期间及后期,越来越多的研究证实康复训练对改善患者预后具有至关重要的意义^[7,9,10]。

1.1 促进肺康复 VV-ECMO 患者常因原发肺损伤及机械通气导致呼吸功能严重受损,需要通过肺康复等物理干预手段促进其功能恢复。早期康复包括呼吸训练和肺功能锻炼,可有效降低呼吸机相关性肺损伤风险、提升静态肺顺应性、促进痰液排出,并改善肺不张及肺叶塌陷等并发症,为患者尽早脱离 ECMO 支持创造条件^[6,7]。

1.2 改善肌力和体能,预防并发症 ECMO 患者由于长期卧床、机械通气及深度镇静等因素,容易并发肌肉萎缩、关节活动受限及血栓形成等问题。早

【基金项目】四川省干保委重点研发项目(川干研 ZH2022-202)

△通讯作者

期康复干预可有效降低深静脉血栓形成风险,维持关节活动度和柔韧性,同时促进肌肉力量和耐力的恢复,从而改善患者的功能状态^[2,5]。

2 ECMO 患者早期康复现状

2.1 VV-ECMO 患者 多项研究表明^[10~12], VV-ECMO 患者接受平均 (7.2 ± 6.5) 次早期康复干预后,包括床上翻身、关节活动训练、坐姿训练、站立及步行等活动,均未出现与康复治疗相关的并发症,提示早期康复对 VV-ECMO 患者具有安全性。其中,多数患者可完成床上关节活动训练,部分患者甚至能进行步行训练,值得注意的是,这些患者的置管部位主要位于颈内静脉,少数位于股静脉处。随着颈内静脉双腔插管广泛运用于临床, VV-ECMO 患者早期康复的可能性进一步提高。双腔插管通过右侧颈内静脉置入,远端开口位于下腔静脉与右心房交界处,近端开口位于上腔静脉,中间开口则朝向三尖瓣^[3]。

多项研究表明,康复训练还能改善 VV-ECMO 患者的预后。清醒 VV-ECMO 患者实施积极功能康复锻炼(包括主动关节活动、坐站训练及离床行走等)后,其住院时间、出院时身体状态及医疗成本均优于接受常规护理的非清醒患者^[9,11~14]。VV-ECMO 桥接肺移植患者进行 3~12 天的下肢肌力训练(如腿部按压、床旁踏车等),结果显示患者肌力从 3 级提升到 4 级,并成功完成移植手术,进一步证实早期康复可改善患者肌力及预后^[15]。

2.2 VA-ECMO 患者 目前关于 VA-ECMO 患者早期康复的研究多为小样本单中心研究。由于股动脉置管管径较大、灵活性受限,且存在穿刺部位出血及导管移位等风险,传统观点认为此类患者不宜早期活动^[12]。近年来的研究逐步探索了 VA-ECMO 患者的早期康复干预策略,尽管多数研究仅限于床上被动或主动运动,但一项回顾性研究提供了新的证据^[15],该研究纳入了 104 例接受早期康复活动的 VA-ECMO 患者,其中 15 例为股动脉置管,康复内容包括床旁踏车、床椅转移及离床行走等。结果显示,患者从置管到下床的中位时间为 3 天(范围 0~26 天),首次行走的中位时间为 4 天(范围 1~42 天),首次行走距离中位数为 300 英尺。值得注意的是,患者在行走过程中未发生血流动力学不稳定、严重出血或导管脱位等并发症,且早期行走患者的 1 年生存率达 100%,ICU 及总住院时间分别为 12 天和 21 天。这一研究提示,经股动脉置管的 VA-ECMO 患者实施早期行走也具有安全性和可行性,但仍需要进一步研究以优化康复方案。

3 ECMO 患者早期康复的实施

3.1 康复时机评估 关于 ECMO 患者康复干预的最佳时机,目前尚未达成共识^[16,17]。尽管国际上普遍将“早期康复”定义为患者入住 ICU 24 小时后开始实施,但具体启动时间仍存在争议。多数研究建议在患者入住 ICU 的 72 小时后,在患者生命体征趋于稳定且确保安全的前提下开展康复治疗,以期获得最佳疗效^[18]。然而,一项 ECMO 中心的小样本随机对照试验($n=20$)显示,在 ECMO 启动 72 小时内开始为期 7 天的早期康复训练,与标准护理组相比,在 ICU 住院时间、总住院时间及死亡率方面均无显著统计学差异,这可能与样本量不足有关^[19]。

3.2 康复训练的安全性评估和监测 绝大多数 ECMO 患者均具备康复治疗的潜在适应症,但由于其病情危重且管路复杂,在特定情况下(如活动性出血、恶性心律失常、需大剂量血管活性药物维持血流动力学稳定、重度低氧血症或严重酸中毒等),康复治疗的风险可能超过潜在获益。因此,在实施早期康复前需进行全面的安全性评估,以明确适应证并排除禁忌证。康复治疗介入的最佳时机和方式需综合考虑患者镇静状态、意识水平、ECMO 配置、插管类型及位置等因素。目前,ECMO 患者早期康复的安全性评估主要参照 ICU 患者康复启动与中止标准,涵盖心血管、呼吸、神经、骨骼肌肉系统及其他相关指标等多个维度^[1,20]。具体如下:①心血管系统:血流动力学稳定、40 次/分<心率<130 次/分、80 mmHg<收缩压<180 mmHg、65 mmHg≤平均动脉压≤110 mmHg、无危及生命的心律失常、低肺栓塞风险的深静脉血栓、不影响血流动力学的重度主动脉瓣狭窄;②呼吸系统:气管插管或气管切开,呼吸平稳、脉搏血氧饱和度>0.90 且吸入氧浓度≤0.60 或氧合指数≥200 mmHg,氧分压>60 mmHg,二氧化碳分压<80 mmHg,呼吸频率<30 次/分、血液酸碱度>7.25、呼气末正压<10 cmH₂O;③神经系统:清醒、镇静深度(Ricmond 躁动镇静评分-1~+1),能服从命令、无神经肌肉疾病、无颅内压升高、无昏迷、理解并做出正确动作;④骨科系统:无不稳定性骨折;⑤其他因素:体温≤40℃、无活动性出血、无腹部开放性伤口、无姑息治疗。

股动脉置管的 VA-ECMO 患者需由高级物理治疗师和重症医学专家共同评估后才可进行床下康复训练^[20]。在获得患者或家属知情同意并优化镇痛方案的基础上,需密切监测生命体征(包括基线值及运动期间的变化),如血压、心率、血氧饱和度及 ECMO 流量等。同时,应特别注意管路稳定性,

预防因位置改变导致的出血或 ECMO 流量下降,确保所有连接部位安全固定。目前尚未见康复治疗期间 ECMO 管路脱出的文献报道。

ECMO 患者下床行走是一项复杂的干预措施,需经过严格评估以确保安全性。VA-ECMO 患者下床行走的评估标准:①神经系统:具备执行指令的认知能力;②心血管系统:无 IABP 或临时心室辅助装置,且血流动力学稳定或仅需小剂量血管活性药物维持;③呼吸系统:已拔除气管插管;④血液系统:无活动性出血(24 小时内输血<4 单位);⑤肌肉骨骼系统:具备行走的体力条件^[19]。

一项纳入 511 例心肺衰竭患者的研究显示^[21],35% 的患者在 ECMO 支持期间接受了积极物理治疗,其中 78% 实现了下床活动,但有创机械通气和股部插管可能降低下床活动率。2024 年的一项系统评价表明^[22],与非清醒 ECMO 相比,清醒 ECMO 即无需镇静或气管插管,可能改善患者预后,更有利于早期康复的实施。ECMO 患者下床运动时可采用简化回路装置,仅保留离心泵、氧合器、控制台和管道等核心部件,并暂停非必要治疗(如血液透析)。导管固定需使用扎带或缝合线,活动期间可根据临床情况调整 ECMO 流量和氧合参数。若出现血流动力学不稳定、低氧血症或其他不适症状,应立即终止物理康复治疗^[23]。

3.3 康复训练的方法 在临床实践中,ECMO 患者的康复训练可根据意识状态分为主动和被动干预,并在训练过程中密切监测生命体征^[17,24]。对于镇静或无意识的患者,需每日评估关节活动度及肌张力,可采用体位管理、夹板固定、被动活动及持续被动运动(20 分钟/天)等方法维持关节功能,预防软组织挛缩,同时结合神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES)预防肌肉萎缩^[25,26]。对于躁动-镇静量表(Richmond Agitation-Sedation Scale, RASS)≥-1 且配合物理康复治疗的患者,可尝试床上主动康复训练;意识清醒并能遵循指令的患者,可进行呼吸训练、体位转换及坐位平衡训练等,对于下肢功能较差的虚弱患者,可使用床上自行车。对于能够下床的患者,可借助轮椅。当患者具备站立能力时,可逐步开展步态训练及行走耐力训练。除了上述康复训练方法外,康复过程中可借助站立升降机、助行器及床旁踏车等设备辅助训练,以预防肌肉萎缩和提高肌肉力量。若患者出现生命体征不稳定,应立即终止训练并调整康复方案^[1,16,20,23,27]。

NMES 通过电流刺激肌肉和神经,诱导肌肉强直收缩,模拟运动治疗效果。一项小样本前瞻性观

察研究($n=3$)探讨了 NMES 在双侧股静脉插管 VV-ECMO 患者早期康复中的应用^[25]。研究将 16 个矩形电极(90 mm×50 mm)置于双下肢股外侧肌、股内侧肌及腓骨长肌的运动点,采用双相对称脉冲(75 Hz, 400 μ s 宽),设置 5 秒刺激(1.6 秒上升,0.8 秒下降)和 21 秒间歇的循环模式,结果显示, NMES 耐受性良好,未引起 ECMO 流量及心血管参数变化,但由于样本量有限,其安全性仍需进一步验证。

当前的临床实践强调采用渐进式强度锻炼及多学科团队协作模式促进患者康复^[16]。关于康复期间 ECMO 参数(如平均血流量、扫气流速及血管活性药物剂量)的调整策略仍存在争议^[2]。一项随机对照研究表明,ECMO 患者在接受主动康复与被动康复期间,呼吸、血流动力学及 ECMO 参数均无显著统计学差异^[28]。ECMO 参数的变化可能与运动类型、强度及患者个体差异相关,这一领域仍需要进一步深入研究。

3.4 康复训练团队 传统观点认为,ECMO 患者难以参与高强度康复训练,因其需要大量人力支持。早期康复的成功实施依赖于多学科团队的协作,成员包括 ECMO 专家、重症医学医师、物理治疗师及 1~2 名 ICU 护士等不同专业的高级医护人员^[1,13,17,27]。每位成员在患者生命体征监测、管路管理及设备维护等方面承担特定职责,以确保康复过程的安全性^[13]。

4 总结与展望

早期康复训练应作为 ECMO 患者管理的重要组成部分,但由于缺乏统一的标准及充分临床数据支持,其推广实施仍面临诸多挑战。目前,各医疗中心在康复训练方案、团队配置及设备支持方面存在显著差异,且大部分中心存在康复团队人手不足、设备匮乏等问题,导致早期康复难以开展,多数患者仅能接受被动运动,且康复干预多延迟至转出 ICU 后。ECMO 患者早期康复的成功实施依赖于全面的风险评估、个体化治疗方案及专业康复团队的建设。ECMO 技术的复杂性及患者病情的多样性(如心/肺移植术后、ARDS、肺栓塞、急性心力衰竭及心脏骤停等)使得早期康复的安全性和获益仍需进一步研究。目前尚缺乏比较 VA-ECMO 与 VV-ECMO 模式下康复并发症及参数变化的研究。未来需开展多中心大样本研究,尤其是随机对照试验,以定制更优化的个体化康复方案。此外,尽管 ECMO 设备(移动 ECMO)已取得显著进展,但开发更便携的设备以降低患者活动风险仍是重要方向。

综上所述,ECMO 患者的康复策略需谨慎制定,早期康复的实施应限于具备多学科团队协作能力

的高容量 ECMO 中心,以确保安全性和可行性。

【参考文献】

- [1] Kourek C, Nanas S, Kotanidou A, et al. Modalities of exercise training in patients with extracorporeal membrane oxygenation support[J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2022, 9(2): 34.
- [2] Chatziefstratiou AA, Fotos NV, Giakoumidakis K, et al. The early mobilization of patients on extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review[J]. *Nurs Rep*, 2023, 13(2): 751-764.
- [3] Baasner AK, Koeppen M, Rosenberger P. Risk of cannulation site bleeding during physical therapy mobilization during extracorporeal membrane oxygenation: a retrospective analysis in patients with acute respiratory failure[J]. *Med Klin Intensivmed Notfmed*, 2023, 118(1): 65-72.
- [4] Maslarska M, Piepenburg S, Westermann D, et al. Muscle ultrasound shear wave elastography for detection of early onset lower limb ischemia in patients with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Intensive Care Med Exp*, 2023, 11(1): 91.
- [5] Higuchi T, Ide T, Fujino T, et al. Clinical characteristics and predictive biomarkers of intensive care unit-acquired weakness in patients with cardiogenic shock requiring mechanical circulatory support[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 3535.
- [6] Gu? an Z, Pastucha D, Sněhotová Z, et al. The role of acute rehabilitation during the COVID-19 pandemic: a retrospective study in the Czech republic[J]. *Life (Basel)*, 2023, 13(5): 1212.
- [7] Ozgur MM, Altınay E, Oğus H, et al. Functional and social recovery and outcomes after extracorporeal membrane oxygenation support in COVID-19 patients[J]. *ASAIO J*, 2025, 71(5): 396-402.
- [8] Ferreira DDC, Marcolino MAZ, Macagnan FE, et al. Safety and potential benefits of physical therapy in adult patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a systematic review[J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2019, 31(2): 227-239.
- [9] Rivera JD, Fox ES, Fernando SM, et al. Physical rehabilitation and mobilization in patients receiving extracorporeal life support: a systematic review[J]. *Crit Care Explor*, 2024, 6(6): e1095.
- [10] Andersen EM, Kelly TL, Sharp A, et al. Active rehabilitation in a patient during and after venovenous extracorporeal membrane oxygenation with a diagnosis of COVID-19: a case report[J]. *J Acute Care Phys Ther*, 2022, 13(1): 8-15.
- [11] Turner DA, Cheifetz IM, Rehder KJ, et al. Active rehabilitation and physical therapy during extracorporeal membrane oxygenation while awaiting lung transplantation: a practical approach[J]. *Crit Care Med*, 2011, 39(12): 2593-2598.
- [12] Keibun R. 980: awake ECMO and active rehabilitation strategies for venovenous ECMO as a bridge to recovery[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(12): 321.
- [13] Obreja V, Marcarian T, Miller PS. Ambulation protocol for adult patients receiving extracorporeal membrane oxygenation: a quality improvement initiative[J]. *Crit Care Nurse*, 2025, 45(1): 52-60.
- [14] Mark A, Crumley JP, Rudolph KL, et al. Maintaining mobility in a patient who is pregnant and has COVID-19 requiring extracorporeal membrane oxygenation: a case report[J]. *Phys Ther*, 2021, 101(1): pzaa189.
- [15] Hermens J, Braithwaite S, Heijnen G, et al. Awake extracorporeal membrane oxygenation requires adequate lower body muscle training and mobilisation as successful bridge to lung transplant[J]. *Intensive Care Med Exp*, 2015, 3(1): A510.
- [16] Polastri M, Eden A, Swol J. Rehabilitation for adult patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Perfusion*, 2024, 39(1_suppl): 115S-126S.
- [17] Polastri M, Eden A, Loforte A, et al. Physiotherapy for patients on extracorporeal membrane oxygenation support: how, When, and Who. An international EuroELSO survey[J]. *Perfusion*, 2024, 39(1): 162-173.
- [18] Haji JY, Mehra S, Doraiswamy P. Awake ECMO and mobilizing patients on ECMO[J]. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 37(2): 309-318.
- [19] Pasrija C, Mackowick KM, Raithel M, et al. Ambulation with femoral arterial cannulation can be safely performed on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(5): 1389-1394.
- [20] Hodgson CL, Hayes K, Linnane M, et al. Early mobilisation during extracorporeal membrane oxygenation was safe and feasible: a pilot randomised controlled trial[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(5): 1057-1059.
- [21] Abrams D, Madahar P, Eckhardt CM, et al. Early mobilization during extracorporeal membrane oxygenation for cardiopulmonary failure in adults: factors associated with intensity of treatment[J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2022, 19(1): 90-98.
- [22] Yue HY, Peng W, Luo K, et al. Impact of awake extracorporeal membrane oxygenation on patients mortality with cardiogenic shock: a systematic review and trial sequential meta-analysis based on observational studies[J]. *BMJ Open*, 2024, 14(10): e086383.
- [23] Nunez JI, Gosling AF, O' Gara B, et al. Bleeding and thrombotic events in adults supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation: an ELISO registry analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(2): 213-224.
- [24] Hayes K, Hodgson CL, Webb MJ, et al. Rehabilitation of adult patients on extracorporeal membrane oxygenation: a scoping review[J]. *Aust Crit Care*, 2022, 35(5): 575-582.
- [25] Kourek C, Raidou V, Antonopoulos M, et al. Safety and feasibility of neuromuscular electrical stimulation in patients with extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(13): 3723.
- [26] Xu C, Yang F, Wang Q, et al. Effect of neuromuscular electrical stimulation in critically ill adults with mechanical ventilation: a systematic review and network meta-analysis[J]. *BMC Pulm Med*, 2024, 24(1): 56.
- [27] Kho ME, Berney S, Pastva AM, et al. Early in-bed cycle ergometry in mechanically ventilated patients[J]. *NEJM Evid*, 2024, 3(7): EVIDoa2400137.
- [28] Hayes K, Holland AE, Pellegrino VA, et al. Early rehabilitation during extracorporeal membrane oxygenation has minimal impact on physiological parameters: a pilot randomised controlled trial[J]. *Aust Crit Care*, 2021, 34(3): 217-225.

(收稿日期:2025-11-12;修回日期:2026-04-03)

(本文编辑:侯晓林)