

- [29] 曾瑞峰, 钟悦嘉, 赖成志, 等. 窒息法致大鼠心脏骤停-心肺复苏模型造模成功率与生存率影响因素的探讨[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(7): 65-71. DOI:10.3969/j.issn.1671-7856.2020.07.009.
- [30] Lim D, Lee SH, Kim DH, et al. The effect of high-dose intramuscular epinephrine on the recovery of spontaneous circulation in an asphyxia - induced cardiac arrest rat model[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2021, 21(1): 113. DOI:10.1186/s12872-021-01917-7.
- [31] Aoki T, Wong V, Endo Y, et al. Bio-physiological susceptibility of the brain, heart, and lungs to systemic ischemia reperfusion and hyperoxia-induced injury in post-cardiac arrest rats[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 3419. DOI:10.1038/s41598-023-30120-1.
- [32] Song XM, Qin HW, Li YJ, et al. Effects of electroacupuncture on repairing neurological damage following ischemic stroke based on miR-381-mediated SDF-1/CXCR4 signaling pathway[J]. Chinese Acupuncture & Moxibustion, 2024, 44(2): 175-181. DOI:10.13703/j.0255-2930.20220818-k0008.
- [33] Casarrubea M, Magnusson MS, Roy V, et al. Multivariate temporal pattern analysis applied to the study of rat behavior in the elevated plus maze: Methodological and conceptual highlights[J]. J Neurosci Meth, 2014, 234: 116-126. DOI:10.1016/j.jneumeth.2014.06.009.
- [34] Blennow Nordström E, Lilja G. Assessment of neurocognitive function after cardiac arrest[J]. Curr Opin Crit Care, 2019, 25(3): 234-239. DOI:10.1097/mcc.0000000000000607.
- [35] Roberti E, Chiarini G, Latronico N, et al. Electroencephalographic monitoring of brain activity during cardiac arrest: a narrative review[J]. Intensive Care Med Exp, 2023, 11(1): 4. DOI:10.1186/s40635-022-00489-w.
- [36] Moseby-Knappe M, Levin H, Blennow K, et al. Biomarkers of brain injury after cardiac arrest: a statistical analysis plan from the TTM2 trial biobank investigators[J]. Resusc Plus, 2022, 10: 100258. DOI:10.1016/j.resplu.2022.100258.
- [37] He JY, Lu HY, Deng RX, et al. Real-time monitoring of cerebral blood flow by laser speckle contrast imaging after cardiac arrest in rat[C]//2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). August 25-29, 2015, Milan, Italy. IEEE, 2015: 6971-6974. DOI:10.1109/EMBC.2015.7319996.
- [38] Cheng X, Zhang Y, Deng HD, et al. Lower versus higher oxygen targets for out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis[J]. Crit Care, 2023, 27(1): 401. DOI:10.1186/s13054-023-04684-3.

(收稿日期 : 2025-09-08)

(本文编辑 : 姜宇婷)

基于文献计量学的体外膜肺氧合患者神经损伤研究热点分析

周瑜^{1,2} 买世雄^{1,2} 梁永慧^{1,2} 黄曼^{1,2}

¹ 浙江大学医学院第二附属医院综合 ICU, 杭州 310052; ² 多脏器衰竭预警与干预教育部重点实验室 (浙江大学), 杭州 310052

通信作者: 黄曼, Email: huangman@zju.edu.cn

基金项目: 中央高校基本科研业务项目 (226-2025-00024)

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20260710-00598

体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 技术是救治心肺功能衰竭危重症患者的核心技术^[1], 而脑损伤是 ECMO 治疗过程中最严重的并发症^[2]。研究表明, ECMO 患者如合并脑损伤, 其病死率显著升高^[3]。ECMO 治疗期间常需应用大剂量镇静、肌松药物, 这些药物往往会掩盖神经系统的阳性体征, 导致临床上难以通过常规神经系统查体早期识别脑损伤, 因此建立一套针对 ECMO 患者的神经损伤监测与脑保护干预策略对远期神经预后至关重要^[4-6]。目前国内外 ECMO 相关脑损伤、神经保护相关文献逐年增长, 但现有研究领域较为分散, 尚未

有文献计量研究从宏观视角描绘该领域的知识体系与演化过程。

本研究采用文献计量分析方法, 以 Web of Science 核心合集 (Web of Science Core Collection, WOSCC) 收录的文献作为数据基础, 从年度发文、载文期刊、高产作者、研究国家 / 机构、关键词聚类与共现等多维度进行可视化分析, 系统梳理 ECMO 患者神经损伤相关领域的知识基础、发展时序与研究热点, 为临床医师规范实施 ECMO 床旁脑功能监护、制定个体化脑保护方案提供新的思路, 同时为后续基础与临床科研选题、多中心研究设计提供参考。

1 资料与方法

1.1 文献检索

以 WOSCC 的 SCI-Expanded 子库作为文献数据源,检索最终发表年份在 2000—2025 年。采用主题检索式开展检索:TS=(“extracorporeal membrane oxygenation” OR ECMO OR “extracorporeal life support” OR ECLS OR “extracorporeal cardiopulmonary resuscitation” OR ECPR OR “extracorporeal CPR”) AND TS=(neuro* OR brain OR cerebr* OR intracran* OR encephal*) AND TS=(stroke OR “brain death” OR infarct* OR hemorrhag* OR haemorrhag* OR injur* OR dysfunction* OR complication* OR abnormal*) AND FPY=(2000-2025),采集 ECMO 相关脑损伤、神经并发症英文文献。

1.2 文献筛选与纳入、排除标准

由两名研究人员根据纳入排除标准独立完成文献筛选。若仅依靠标题、摘要无法判定文献相关性,则调取全文通读。两人筛选结论存在分歧时,引入第三名研究者共同讨论裁定。纳入排除标准如下。

纳入标准:(1)文献语种为英文,文献类型限定原创论著;(2)研究以 ECMO 干预为核心研究内容;(3)研究主题紧密围绕 ECMO 相关脑损伤、神经功能异常。

排除标准:(1)题录信息缺失无法开展计量分析的文献;(2)重复文献;(3)仅采用细胞、动物等非人模型开展基础实验的文献(见图 1)。

1.3 统计学与可视化方法

采用 Excel 软件完成文献年度发文、期刊、作者、国家、机构的描述性统计;运用 CiteSpace 7.0.1 文献计量软件构建可视化图谱,开展关键词的共现、聚类与突现词分析(具体参数见附件)。

2 结果

2.1 年度发文量时序变化特征

2000—2025 年 ECMO 患者神经损伤领域相关文献年度

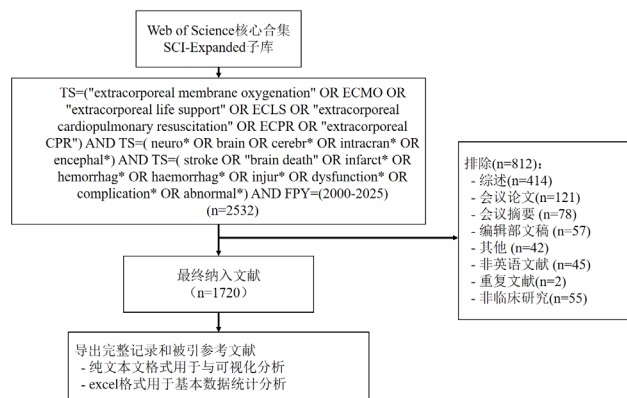


图 1 文献筛选与纳排流程

发文量整体呈阶段性增长。2000—2009 年处于低速起步期,年发文量常年维持在 30 篇以内;2010 年后发文量增长显著加快,2018 年出现小幅回落,随后迎来爆发式攀升。其中,2020 年全球新冠疫情暴发,发文量涨幅尤为突出,后续持续走高,2025 年达到统计周期内发文峰值。这反映出该领域关注度持续提升,近十年迎来快速发展阶段,相关技术的临床应用与科研投入大幅增长。见图 2。

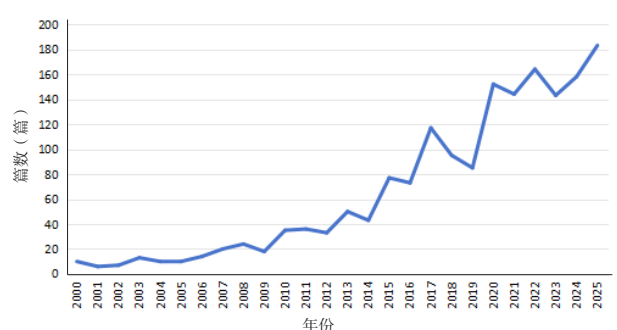


图 2 年度发文量时序变化趋势

2.2 核心载文期刊分布

统计领域发文量前 5 种期刊中,《ASAIO J》发文量第一(90 篇),是本领域核心载文期刊;《PEDIATRIC CRITICAL CARE MEDICINE》、《PERFUSION UK》、《RESUSCITATION》、《CRITICAL CARE MEDICINE》分列第 2~5 位。前五类期刊聚焦体外循环、危重症、儿科专科方向,神经科学类期刊刊载量偏少,说明 ECMO 患者神经损伤研究领域具有交叉学科属性。见表 1。

表 1 核心载文期刊前五位

排名	期刊简称	发表文献数量(篇)
1	ASAIO JOURNAL	90
2	PEDIATRIC CRITICAL CARE MEDICINE	80
3	PERFUSION UK	75
4	RESUSCITATION	56
5	CRITICAL CARE MEDICINE	52

2.3 高产核心作者分布

对本领域发文量前 10 位作者的统计显示,Cho Sung-Min 以 52 篇文献位居首位,为该领域核心领军学者;Rycus Peter、Whitman Glenn J. R.、Thiagarajan Ravi R. 均发表 40 篇以上,各位列 2~4 位;其余高产作者发文集中于 20~40 篇区间。高产学者研究方向多集中于儿科 ECMO、体外生命支持相关神经并发症。见表 2。

2.4 发文国家分布

对本领域全球发文量前 10 位国家的统计结果显示,美国累计发文 754 篇,占据主导地位;德国、中国分别以 169 篇、138 篇位列第二、三位;意大利、英国、日本等欧美、东亚发达国家紧随其后。整体研究成果高度集中于 ECMO 研

表 2 高产核心作者前十位

排名	作者	文献数量 (篇)
1	Cho Sung-Min	52
2	Rycus Peter	45
3	Whitman Glenn J. R.	44
4	Thiagarajan Ravi R.	43
5	Kim Bo Soo	25
6	Lorusso Roberto	23
7	Bembea Melania M.	23
8	Raman Lakshmi	21
9	Geocadin Romergryko G.	20
10	Dalton Heidi	20

发技术发达与临床应用成熟的欧美地区，我国虽位列全球第三，但与美国科研产出存在显著差距，国产 ECMO 研发与临床应用仍有待进一步加强。见表 3。

2.5 高产研究机构和医疗机构分布

统计结果显示，本领域发文量前 10 所机构均为欧美高校与儿童专科医院，哈佛大学以 119 篇发文量位居第一；医疗机构方面波士顿儿童医院 85 篇排名第一。其中，全球发文量最多的研究机构和医疗机构大多数隶属于美国，且多数机构深耕儿科重症体外支持，提示北美儿童重症中心在该领域临床与基础研究发展中占主导地位。见表 4、5。

2.6 主要国家年度发文演化特征

对 2000—2025 年发文量前 5 位国家的年度发文年度趋势进行分析，揭示各国发文总量每年持续增长，可划分为三个发展阶段：2000—2011 年各国发文数量均处于低位平稳阶段，美国长期保持首位；2012—2018 年全球研究同步稳步增

表 3 发文国家前十位

排名	国家	发表数量 (篇)
1	美国	754
2	德国	169
3	中国	138
4	英国	137
5	意大利	120
6	日本	114
7	加拿大	108
8	法国	99
9	荷兰	75
10	澳大利亚	69

表 4 高产研究机构前十位

排名	机构名称	发表数量 (篇)
1	哈佛大学	119
2	约翰·霍普金斯大学	99
3	宾夕法尼亚大学	82
4	密歇根大学	80
5	多伦多大学	62
6	贝勒医学院	52
7	匹兹堡大学	49
8	法国国家健康与医学研究院	47
9	犹他大学	44
10	伦敦大学	40

表 5 高产医疗机构前十位

排名	机构名称	发表数量 (篇)
1	波士顿儿童医院	85
2	费城儿童医院	62
3	宾夕法尼亚医学中心	62
4	约翰·霍普金斯医学中心	45
5	贝勒医学院附属医院	38
6	多伦多病童医院	29
7	威尔康奈尔医学中心	28
8	大奥蒙德街儿童医院	27
9	纽约长老会医院	26
10	克利夫兰医学中心	25

长；2019 年后发文量爆发式上升，中国和德国发文增幅尤为突出。整体而言，欧美国家起步更早，我国近十年科研追赶势头显著，全球整体研究参与度持续提高。见图 3。

2.7 关键词聚类分析

关键词聚类图谱共形成 20 个主题集群，各聚类主题区分显著，并存在紧密内在关联，见图 4。心脏骤停（#0）为领域的核心聚类和交汇主线。急性呼吸窘迫综合征（#1）、心力衰竭（#15）、心源性休克（#18）、意外低温（#12）等围绕启动 ECMO 的原发疾病；脑损伤（#2）、急性脑损伤（#9）、出血性卒中（#19）等围绕 ECMO 相关神经损伤类型；脑血流速度（#7）、血流（#16）等围绕脑循环监测方面；神经发育结局（#6）、神经系统结局（#14）等围绕预后评估；其他聚类涉及特殊应用场景、病种及生物标志物等。聚类间连线密集，提示各大研究板块交叉融合度较高，研究方

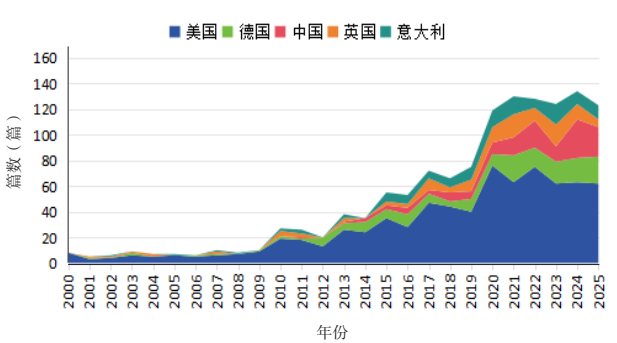


图 3 主要国家年度发文趋势

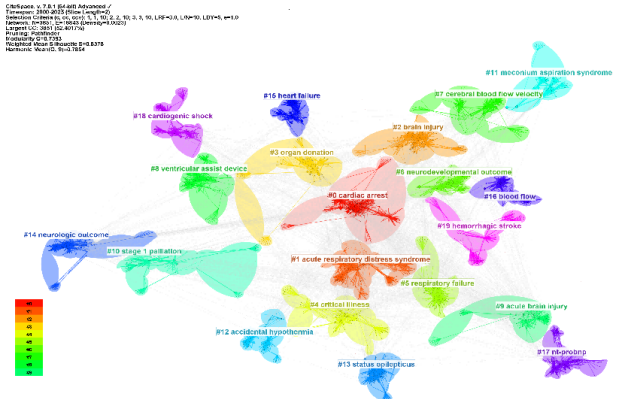


图 4 关键词聚类网络图

向存在较强的互通性。

2.8 关键词时间趋势

通过关键词时间线图描绘 ECMO 患者神经损伤领域各聚类主题的时序演化脉络,提示心脏骤停(#0)聚类贯穿全部研究时段,是本领域长期核心研究主线。急性呼吸窘迫综合征(#1)、心力衰竭(#15)、心源性休克(#18)、意外低温(#12)等 ECMO 支持重点疾病聚类持续存在。本领域早期研究聚焦 ECMO 适应证、危重患者基础救治、器官捐献与脑损伤基础临床问题,随着研究推进与技术发展,

脑血流速度(#7)、血流(#16)、癫痫持续状态(#13)等神经血流动力学及床旁神经监测相关方向逐步兴起。近年来急性脑损伤(#9)、出血性卒中(#19)、神经发育结局(#6)、神经系统预后(#14)持续受到关注,并涌现出机器学习、脑损伤生物标志物、近红外光谱监测等新兴热点。见图 5。

2.9 突现关键词分析

通过 Citespace 分别对 2000—2025 年的文献中监测技术、预后评估、干预治疗三大方向的突现关键词进行分析,提示经颅多普勒超声、持续脑电图、近红外光谱、CT、

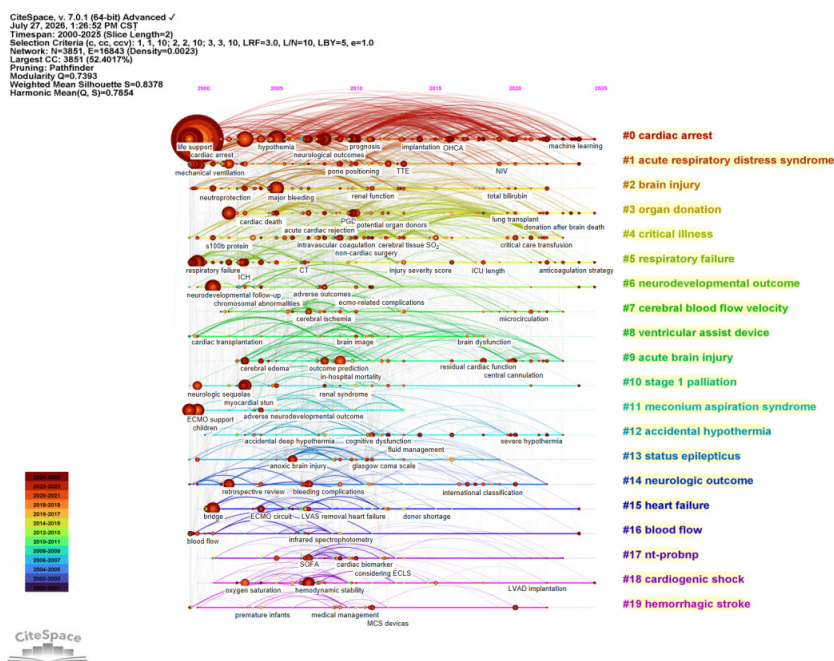


图 5 关键词时间线图

MRI 等监测技术先后突现。对神经损伤的预后评估从急性脑损伤,神经并发症、颅内出血、缺血性卒中等基础疾病,逐步转向脑功能表现分级、神经元特异性烯醇化酶等量表和生物标志物水平的量化评估。干预治疗层面从早期器官移植,到目标温度管理、保护性通气、持续血液净化治疗等脑与其他脏器保护策略研究方向转变。见图 6~8。

3 讨论

本研究基于 WOSCC 收录的 1 720 篇 ECMO 患者脑损伤领域的英文原创论著,借助 Excel、CiteSpace 开展文献计量可视化分析,描绘了该领域发文时序、期刊作者、国家机构及关键词聚类与演化脉络。通过突现关键词解析,分析了研究阶段变迁、核心热点。

2000 年以来 ECMO 患者脑损伤领域迎来快速发展,与全球 ECMO 技术快速发展与普及、多模态床旁神经监测技术突破相契合,发展规律与 ECMO、创伤性脑损伤等领域的文献计量研究结果一致^[7-8]。2010 年以来,体外生命支持技

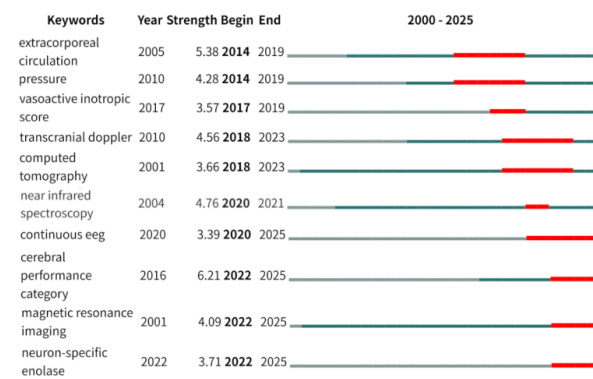


图 6 监测技术相关突现关键词前十位

术规范逐步落地、重症监护床旁监测设备普及,针对 ECMO 神经损伤的回顾性队列研究逐年增多,儿科 ECMO 神经发育预后^[9]逐渐成为稳定的学科分支。2020 年后,该领域迎来爆发式增长,与新冠疫情期间大量重症患者接受 VV-ECMO 救治密切相关,对脑损伤的关注度增加^[10],无创脑监测、脑血流自主调节、生物标志物等细分方向快速涌现,

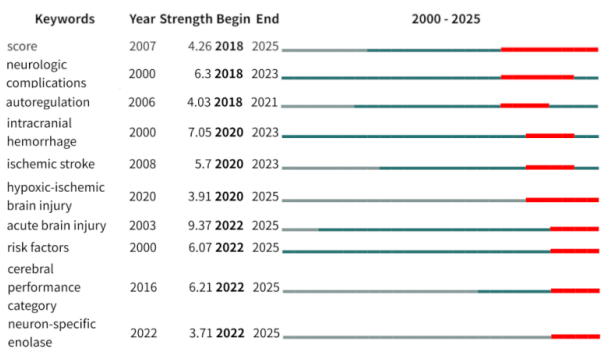


图 7 预后评估相关突现关键词前十位

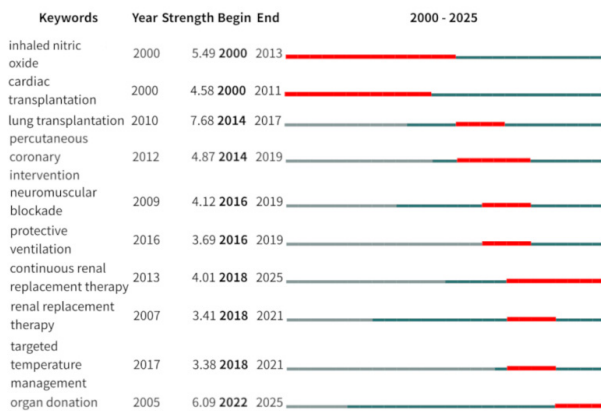


图 8 干预治疗相关突现关键词前十位

推动多模态神经监测、个体化脑保护等领域研究快速发展。

美国依托顶尖高校、儿童医学研究机构形成科研集群，高产机构、核心作者高度集中，实现了国际学术引领。载文期刊集中于《ASAIO J》、《Pediatric Critical Care Medicine》、《Perfusion UK》等危重症、体外循环专科期刊，但本领域的论著尚未在神经重症领域建立刊载阵地。我国在该领域起步较晚，ECMO 研究国产化进度滞后^[11]，虽然近 5 年发展迅速，但仍有待进一步加强多学科联合攻关，强化原创技术研发和学术影响力。

儿童 ECMO 神经损伤的研究领域已建立较为独立健全的学术体系，高产医疗机构中波士顿儿童医院等儿科机构位列前十，《Pediatric Critical Care Medicine》为本领域第二大载文期刊，有 Glenn J. R. Whitman 等多位高产顶尖学者长期深耕该领域，关键词聚类中神经发育结局、先天性心血管病姑息手术等儿科相关主题贯穿整个时段。而成人 ECMO 相关文献多为单中心短期回顾性研究，缺乏长期认知功能随访队列，多模态神经监测、个体化脑保护临床研究也相较不足，有待对成人 ECMO 患者人群搭建针对神经损伤评估的长期随访数据库，进一步推动有关研究开展。

VA-ECMO 与 VV-ECMO 两种模式对应的脑损伤风险特征不同，在本研究相关的关键词聚类图谱也有各自特点。

心脏骤停^[12]、心源性休克^[13]、出血性卒中^[14]、ECPR^[15] 等均为 VA-ECMO 核心关联主题，相关突现词贯穿 2000—2025 年全时间段，且暴发强度较高。VA-ECMO 的支持人群往往存在全脑低灌注、动脉插管操作风险、抗凝风险大等情况，颅内出血、大面积缺血卒中等神经并发症高，针对经颅多普勒脑灌注监测^[16]、低温脑保护^[17]、脑自主调节^[18] 阈值探索的相关研究较多。而 VV-ECMO 主要与急性呼吸窘迫综合征聚类相关，针对其脑损伤聚类及突现关键词数量较少，但新冠疫情期间对 ECMO 相关神经损伤关注度高，在肺保护性通气、俯卧位、无创通气等方面涌现较多研究^[19]。

在本领域监测技术、预后评估、干预治疗三个方向的突现关键词时序演变方面，早期热点集中于脏器移植、吸入一氧化氮等基础支持方案。2014—2019 年体外循环相关研究集中爆发。2018 年后神经影像学、脑血流自主调节^[18] 逐渐成为热点。近五年来急性脑损伤、脑功能表现分级^[20]、神经元特异性烯醇化酶^[21]、NIRS^[22]、S100b^[23]、持续脑电图^[24] 等成为当下研究前沿。整体研究重心由体外生命支持基础救治，逐步转向 ECMO 相关神经损伤早期识别、生物标志物检测与个体化脑保护干预。

对比既往关于 ECMO 患者神经损伤领域的综述，多局限于单一监测手段或单中心临床总结^[25]，且缺少宏观知识梳理，本研究整合发文、机构、作者、关键词多维计量图谱，系统搭建了 ECMO 神经损伤领域知识框架。在临床层面，本研究的结果提示无创神经监测、儿童脑保护是临床优化核心方向。在科研层面，本研究可为国内学者提供选题参考，建议加强国际合作，围绕脑自主调节、近红外监测等前沿开展多中心队列研究。

局限性方面，本研究数据源仅选取 WOSCC 英文临床研究文献，未纳入中文数据库与动物基础实验文献，对于相关基础研究的热点追踪有待进一步扩大文献收录的范围。聚类结果仅能区分 VA-ECMO 和 VV-ECMO 有关场景的分析，难以从置管方式角度对脑损伤相关研究热点进行进一步细分。基于文献计量学的分析仅能反映文献发表分布规律，要总结与评价对 ECMO 患者有效的神经监测技术与脑保护方法，仍需进一步梳理高质量的临床证据，并开展循证医学证据评价。

4 结论

本研究通过文献计量分析系统梳理了 ECMO 相关脑损伤领域的研究现状。该领域近十年发展迅猛，全球科研格局以美国为主导，研究核心聚焦 ECMO 神经损伤监测技术、预后评估及儿科神经保护，无创床旁监测、生物标志物、儿童脑保护为目前的研究前沿热点。当前成人 ECMO 多模

态神经监测、个体化脑保护临床研究相较不足,有待深化多中心研究和国际协作,进一步完善 ECMO 神经损伤的诊疗体系。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

本文附件和思维导图请登录中华急诊网 (www.cem.org.cn) 浏览 (Html 格式全文)

参 考 文 献

- [1] Zochios V, Brewer JM, Velia Antonini M, et al. Extracorporeal life support in adult critically ill patients: mechanisms of benefit in respiratory and cardiac failure[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2026; aamag321. DOI:10.1093/ajrcm/aamag321.
- [2] Joram N, Thiagarajan RR, Bembea M, et al. Can we reduce the risk of neurological injury in critically ill children on initiation of ECLS? A narrative review of potential modifiable factors[J]. *Perfusion*, 2025, 40(1_suppl): 29S-38S. DOI:10.1177/02676591251329555.
- [3] Khanduja S, Kim J, Kang JK, et al. Hypoxic-ischemic brain injury in ECMO: pathophysiology, neuromonitoring, and therapeutic opportunities[J]. *Cells*, 2023, 12(11): 1546. DOI:10.3390/cells12111546.
- [4] Tabet M, Custer C, Khan IR, et al. Neuromonitoring of pediatric and adult extracorporeal membrane oxygenation patients: the importance of continuous bedside tools in driving neuroprotective clinical care[J]. *ASAIO J*, 2024, 70(3): 167-176. DOI:10.1097/mat.00000000000002107.
- [5] Cai JX, Abudou H, Chen YS, et al. The effects of ECMO on neurological function recovery of critical patients: a double-edged sword[J]. *Front Med*, 2023, 10: 1117214. DOI:10.3389/fmed.2023.1117214.
- [6] Douflé G, Dragoi L, Morales Castro D, et al. Head-to-toe bedside ultrasound for adult patients on extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Intensive Care Med*, 2024, 50(5): 632-645. DOI:10.1007/s00134-024-07333-7.
- [7] Wang W, Ji JY, Han L, et al. Global hotspot and trend of extracorporeal membrane oxygenation for pulmonary embolism[J]. *Front Med*, 2025, 12: 1531716. DOI:10.3389/fmed.2025.1531716.
- [8] Karagianni MD, Brotis AG, Gatos C, et al. Neuromonitoring in severe traumatic brain injury: a bibliometric analysis[J]. *Neurocrit Care*, 2022, 36(3): 1044-1052. DOI:10.1007/s12028-021-01428-5.
- [9] Andersen KN, Yao SC, White BR, et al. Cerebral microhemorrhages in children with congenital heart disease: prevalence, risk factors, and association with neurodevelopmental outcomes[J]. *J Am Heart Assoc*, 2025, 14(3): e035359. DOI:10.1161/JAHA.123.035359.
- [10] Burzyńska M, Uryga A, Kasprówska M, et al. Cerebral autoregulation, cerebral hemodynamics, and injury biomarkers, in patients with COVID-19 treated with veno-venous extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Neurocrit Care*, 2023, 39(2): 425-435. DOI:10.1007/s12028-023-01700-w.
- [11] 黑飞龙, 江瑜, 侯晓彤. 中国体外循环的发展[J]. *中华医学杂志*, 2023, 103(48): 3875-3878. DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20231007-00648.
- [12] Smalcova J, Suen J, Huptych M, et al. The significance of possible non-occlusive mesenteric ischemia in relation to neurological outcomes in patients with refractory cardiac arrest - Secondary analysis of the Prague OHCA study[J]. *Resuscitation*, 2025, 214: 110642. DOI:10.1016/j.resuscitation.2025.110642.
- [13] Feng SN, Liu WL, Kang JK, et al. Impact of left ventricular venting on acute brain injury in patients with cardiogenic shock: an extracorporeal life support organization registry analysis[J]. *Crit Care Med*, 2025, 53(12): e2476-e2486. DOI: 10.1097/CCM.0000000000006897.
- [14] Hwang J, Kalra A, Shou BL, et al. Epidemiology of ischemic stroke and hemorrhagic stroke in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 433. DOI:10.1186/s13054-023-04707-z.
- [15] Supady A, Bělohávek J, Combes A, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory cardiac arrest[J]. *Lancet Respir Med*, 2025, 13(9): 843-856. DOI:10.1016/S2213-2600(25)00122-5.
- [16] Hanalioglu D, Temkit M', Hildebrandt K, et al. Neurophysiologic features reflecting brain injury during pediatric ECMO support[J]. *Neurocritical Care*, 2024, 40(2): 759-768. DOI:10.1007/s12028-023-01836-9.
- [17] Alderliesten T, Parmentier CEJ, Benders MJNL, et al. Cerebral oxygenation pattern during therapeutic hypothermia after perinatal asphyxia: a single center cohort study[J]. *Neonatology*, 2025, 122(6): 741-750. DOI:10.1159/000548127.
- [18] Sanford EL, Busch DR, Shah N, et al. Impaired cerebral autoregulation in pediatric patients with ECMO: a retrospective analysis of ECMO time periods and association with neurologic injury[J]. *Neurocrit Care*, 2026. DOI:10.1007/s12028-026-02531-1.
- [19] Long B, Lentz S, Gottlieb M. Emergency medicine updates: Acute respiratory distress Syndrome[J]. *Am J Emerg Med*, 2025, 96: 208-216. DOI:10.1016/j.ajem.2025.06.066.
- [20] Lee R, Helmy S, Cardona J, et al. Neurosurgical procedures in patients requiring extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Crit Care Explor*, 2024, 6(10): e1166. DOI:10.1097/CCE.0000000000001166.
- [21] Okubo R, Shirasaka T, Ushioda R, et al. Relationships among hemolysis indicators and neuron-specific-enolase in patients undergoing veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Artif Organs*, 2025, 28(1): 43-49. DOI:10.1007/s10047-024-01454-y.
- [22] Zhao D, Shou BL, Caturegli G, et al. Trends on near-infrared spectroscopy associated with acute brain injury in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *ASAIO J*, 2023, 69(12): 1083-1089. DOI:10.1097/MAT.0000000000002032.
- [23] Makovec M, Skitek M, Šimnovec L, et al. Neuron-specific enolase and S100B as biomarkers of ischemic brain injury during surgery[J]. *Clin Pract*, 2025, 15(4): 74. DOI:10.3390/clinpract15040074.
- [24] Khan IR, Dar IA, Johnson TW, et al. Correlations between quantitative EEG parameters and cortical blood flow in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation with and without encephalopathy[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2024, 41(7): 597-605. DOI:10.1097/WNP.0000000000001035.
- [25] Caffarelli M, Li Y, Amorim E, et al. Focal cerebral injury in pediatric extracorporeal life support: timing in relation to cannulation or other circuit events in a single-center retrospective series, 2015-2023[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2025, 26(7): e900-e908. DOI:10.1097/PCC.0000000000003736.

(收稿日期: 2026-07-10)

(本文编辑: 姜宇婷)