

战时体外膜肺氧合应用专家共识(2024)

全军胸心血管外科学专业委员会,
联勤保障部队心血管外科专科联盟,
《创伤与急危重病医学》杂志

[关键词] 战时; 体外膜肺氧合; 危重伤员; 急救; 转运

Key words: Wartime; Extracorporeal membrane oxygenation; Critical patients; Emergency; Transfer

中图分类号: R459

DOI: 10.16048/j.issn.2095-5561.2024.01.01

文章编号: 2095-5561(2024)01-0001-04

体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)是一种改良的体外循环技术,可进行循环和呼吸辅助,近年来已经广泛应用于各种急性循环和(或)呼吸衰竭患者的救治^[1-2]。该技术置入方便、对环境要求低、可安全转运危重患者的特点使其可在战时用于危重伤员的急救与转运^[3-5]。但我军目前缺少此类实践,尚无相关指南或共识指导。为此,全军胸心血管外科学专业委员会、联勤保障部队心血管外科专科联盟与《创伤与急危重病医学》杂志成立专家共识编写组,制定《战时ECMO应用专家共识》,旨在指导ECMO战时应用实践,促进ECMO技术在我军各级救治机构的应用。

1 ECMO概况

ECMO是将部分静脉血引流至体外,经膜肺氧合后再由驱动泵泵回体内动脉/静脉系统,可提供强大的呼吸、循环功能支持,迅速改善低氧血症、提高全身氧供,同时,清除二氧化碳,允许受伤的心/肺“休息”,避免或尽量减少潜在的伤害性治疗,以促进心/肺恢复,用于各种原因导致的常规治疗无效的循环和(或)呼吸功能衰竭的临时替代治疗。ECMO包括静脉到动脉(venous-arterial ECMO,VA-ECMO)和静脉到静脉(veno-venous ECMO,VV-ECMO)两种基本类型,可提供循环与呼吸支持^[6]。其主要适应证包括心搏骤停、心源性休克、心脏术后支持、难治性室性心动过速、难治性急性呼吸功能衰竭和心肺移植过渡期的支持治疗等^[7-8]。

2 战时ECMO应用组织实施

2.1 战时ECMO救治应用范围 根据战场特点及伤情特点,战时ECMO场景主要包括以下几个方面:(1)呼吸衰竭,主要包括各种创伤后出现的急性呼吸窘迫综合征;(2)循环衰竭,主要是战创伤后心脏骤停的抢救及心脏骤停后循环衰竭;(3)海水淹溺、失

温;(4)高原肺水肿等^[9-11]。

2.2 战时ECMO特点及人员、物品准备 针对战时伤病员早期救治,强调应遵循“超前加强,前伸配置,突出急救,加快后送”的原则。ECMO前移可避免心肺严重损伤者过早死亡,同时,不仅能使严重损伤的心肺得以充分休养,还能为心肺功能及其他脏器功能的保护与修复赢得宝贵时间,以期获得较高的救治成功率。由于ECMO技术对于医疗资源有相对较高的基本要求,因此,战时ECMO通常应用于早期治疗阶段,特殊情况下可用于医疗条件相对较好的紧急救治阶段。为更好的发挥ECMO在危重伤员救治中的作用、提高救治效果,建议组建专门的战时ECMO小组,负责此类患者的救治与转运工作^[12]。

根据不同战场态势和场景,ECMO实施及转运要求必须具备基本的电源、氧气源和监护条件,人员和物品必须根据实际情况进行调配和选择,可分为基本人员物品保障和高级人员物品保障^[11,13]。基本人员保障包括:麻醉医师1人,负责伤员麻醉、疼痛管理及插管操作;外科医师1人,负责ECMO系统预充及插管操作;护师1人,负责插管操作配合。高级人员保障包括:麻醉医师1人,负责伤员麻醉与疼痛管理;体外循环医师1人,负责ECMO系统预充及设备管理;外科医师2人,负责ECMO插管,包括经皮插管与切开插管;重症医师1人,负责ECMO后伤员综合管理;护师2人,一名负责插管操作配合,一名负责各种物品准备。人员选择可根据具体情况酌情调整,以同时满足救治要求和伤员安全。设备物品清单样表见表1~2,品牌型号及实际数量根据实际情况填写。

3 时机与指征

3.1 VV-ECMO启用指征 严重急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)和难治性低氧血症[氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) < 80 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)]或严重的高碳酸血症性呼吸衰竭($\text{pH} < 7.25$, $\text{PaCO}_2 \geq 60$ mmHg),在现有最佳常规治疗后仍不能保证患者安全,应考虑立即行VV-ECMO^[7-8]。

基金项目:辽宁省“兴辽英才”项目(XLYC2001001);辽宁省科技计划联合计划(2023020995-JH2/1017);陕西省重点项目(特别支持)(2023JC-XJ-11)

通信作者:王辉山, E-mail: huishanwang@hotmail.com;
刘金成, E-mail: liujinch69@sina.com

表 1 战时体外膜肺氧合应用设备物品基本保障清单

	设备	品牌型号	标配数量	实际数量
必备	ECMO 主机		1	
	手摇泵		1	
	监护仪		1	
	氧气瓶		1	
选配	便携超声		1	
	血气机		1	
	ACT 机		1	
	转运呼吸机		1	
手术器械 (无菌)	物品			
	阻断钳		3	
	乳突牵开器		2	
	弯盘		2	
	有齿镊		1	
	无齿镊		2	
	精细镊		1	
	持针器		2	
	组织剪		2	
	刀柄(刀片)		1	
	管钳		2	
	直角钳		2	
	甲状腺拉钩		2	
	中弯钳		4	
无菌物品	ECMO 套包		1	
	动脉插管		2	
	静脉插管		2	
	扩张鞘管		2	
	3/8-3/8 接头		2	
	3/8-3/8-3/8 接头		2	
清洁物品	ACT 试剂		5	
	血气试剂		5	
	头灯		1	
	管道钳		3	
	弹力绷带		1	
	胶布		1	
	肝素		5	
耦合剂		1		

表 2 战时体外膜肺氧合应用设备物品高级保障清单

	设备	品牌型号	标配数量	实际数量
必备	ECMO 主机		1	
	手摇泵		1	
	便携式监护仪		1	
	氧气瓶		1	
	便携超声		1	
	血气机		1	
	ACT 机		1	
手术器械 (无菌)	转运呼吸机		1	
	物品			
	阻断钳		3	
	乳突牵开器		2	
	弯盘		2	
	有齿镊		1	
	无齿镊		2	
	精细镊		1	
	持针器		2	
	组织剪		2	
	刀柄(刀片)		1	
	管钳		2	
	直角钳		2	
	甲状腺拉钩		2	
中弯钳		4		
无菌物品	ECMO 套包		1	
	动脉插管		2	
	静脉插管		2	
	扩张鞘管(导丝)		2	
	3/8-3/8 接头		2	
	3/8-3/8-3/8 接头		2	
清洁物品	ACT 试剂		5	
	血气试剂		5	
	头灯		1	
	管道钳		3	
	弹力绷带		1	
	胶布		1	
	肝素		5	
清洁物品	耦合剂		1	
	液体(1000 ml)		5	
	6F 鞘管(双公连接管,三通)		4	
	纱布, 针线		2	
	5-0 线		6	
	超声无菌套, 手套, 手术衣, 铺单		2	
	注射器, 输液器, 输血器, 穿刺套管针		2	
	ACT 试剂		5	
	血气试剂		5	
	头灯		1	
管道钳		3		
弹力绷带		1		
胶布		1		
肝素		5		
耦合剂		1		
液体(1000 ml)		5		

3.2 VA-ECMO 启用指征 (1)各种原因引起的顽固性心源性休克: 心脏指数 $< 2 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 持续 3 h; 代谢性酸中毒, 碱剩余 (base excess, BE) $> -5 \text{ mmol/L}$, 持续 3 h; 平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP) $< 60 \text{ mmHg}$, 持续 3 h; 少尿 $< 0.5 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。(2)战创伤后心脏骤停, 常规心肺复苏效果不佳, 通过 ECMO 辅助心肺复苏。(3)因溺水等原因导致的意外低体温通过 ECMO 复温。(4)中毒或药物过量、过敏反应。(5)心

脏或大血管的创伤性损伤已经基本控制出血等^[2,6]。

3.3 注意事项 由于战创伤伤员多存在不同程度的出血,因此,在应用 ECMO 前应充分评估是否合并严重的活动性出血。如存在活动性出血应尽量彻底止血,保证 ECMO 期间活动性出血已得到相对控制,以防止因活动性出血导致 ECMO 辅助失败^[3,14]。

4 战时 ECMO 建立与管理

由于战时 ECMO 具有建立时间紧、周围环境不确定因素多,并且 ECMO 辅助后不可能在战场长期运行,需要尽快转运等特点,在 ECMO 组织实施时应采取损伤控制的思路:战术区以控制病情为主,先维持基本生命支持,而不是实施完全、精细的 ECMO 辅助;当转运至后方医院后再实施精准及优化的治疗。

4.1 插管策略 建立 ECMO 外周血管通路时,首选经床旁即时超声引导下经皮穿刺插管^[15]。结合战时伤员多为青年男性的特点,首选 15Fr 插管作为股动脉、17Fr 插管作为颈内静脉灌注插管,21Fr 静脉插管作为股静脉引流插管,以减少战时 ECMO 团队的物资准备负担^[16-17]。如经皮穿刺失败,尽量选择显露股动脉后直视下穿刺置管,确需切开股动脉,需要充分考虑转运后送的距离与时间,如预计时间超过 6 h,建议酌情增加股浅动脉远端灌注,以保证插管远端肢体血供^[18-19]。

4.2 抗凝策略 战创伤 ECMO 运行与管理可参考常规 ECMO 运行管理策略。但是,由于战创伤多存在不同程度的出血,其抗凝策略与常规 ECMO 管理略有不同。战创伤后,VV-ECMO 在无活动性出血的情况可以在 1~5 d 内实施无抗凝 ECMO^[14]。而对于无抗凝 VA-ECMO 相关研究较少,结合心脏手术后 VA-ECMO 的临床实践,12~24 h 的无抗凝 ECMO 是安全的。而在启动抗凝之后,一般也仅需要维持较低抗凝目标[部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)40~50 s、激活全血凝固时间(activated clotting time, ACT)160~180 s]。具体抗凝药物的选择可根据实际情况选择普通肝素、比伐卢定或阿加曲班等^[20-24]。

4.3 转运管理 为避免 ECMO 支持伤员大量占用战术区救治机构医疗资源,此类伤员 ECMO 建立成功后应尽快转运至后方医院。ECMO 转运团队可由 ECMO 建立团队的全部或部分人员组成,最少需要 3 人参与,以应对转运过程中的各种意外情况。ECMO 转运方式包括地面转运和空中转运,应优先选择能快速将伤员转运至后方医院的运载方式,通常 400 km 以内可选择轮式载具,400~650 km 可选择直升机,650 km 以上可选择固定翼飞机^[25-27]。

5 ECMO 团队建立与培训

ECMO 辅助伤员通常伤情危重,病死率高。战场条件下开展 ECMO 工作比平时更加紧急,更加复杂,

因此,应平时在我军各级医疗机构建立 ECMO 团队,以提高未来战时伤员的救治效果。ECMO 团队人员原则上应由重症医学、血管外科、麻醉、呼吸、体外循环等专业的医师构成,该团队需要能对伤员快速做出二次评估,团队成员需要高效协同,以保证 ECMO 建立快速、高效、安全,并可迅速的转入 ECMO 转运工作。此外,由于 ECMO 技术在我军各级医疗机构发展十分不平衡,能够高效、有序开展 ECMO 工作的医疗机构有限,可充分利用各地方学会(如中国生物医学工程学会体外循环分会、中国医师协会体外生命支持分会、中国胸心血管麻醉学会体外生命支持分会)的规范化培训平台,对军队 ECMO 专业人员进行定期培训,以保证 ECMO 团队能够快速建立 ECMO,安全实施 ECMO 转运,控制 ECMO 期间并发症,提高伤病员救治效果^[28-30]。

6 结语

ECMO 在呼吸与循环衰竭的支持中应用越来越广泛,在外军已有用于伤员救治和转运的报道^[3-5],效果满意。ECMO 应用于战时危重伤病员的救治具有广阔的前景,但由于 ECMO 建立、管理、转运等过程复杂,对 ECMO 团队成员理论知识与操作水平要求较高,因此,需要进行规范化的培训和平时有意识的训练才能保证战时 ECMO 工作的顺利开展。目前,关于战时 ECMO 应用的文献多以个案报道为主,仅初步证实了其可行性,相关证据级别较低,且我军尚未实际应用,只能利用平时创伤 ECMO 工作积累与总结经验,完善 ECMO 应用各阶段流程,为 ECMO 战时应用做好充分的准备。

执 笔: 刘宇(北部战区总医院)、金振晓(空军军医大学西京医院)、洪小杨(解放军总医院第七医学中心)

专家组成员(按姓氏汉语拼音排序): 段维勋(空军军医大学西京医院)、方庆(中部战区总医院)、何涸(南部战区总医院)、洪小杨(解放军总医院第七医学中心)、金振晓(空军军医大学西京医院)、李白翎(海军军医大学长海医院)、李楠(北部战区总医院)、刘金成(空军军医大学西京医院)、刘洋(空军军医大学西京医院)、刘宇(北部战区总医院)、孙立(解放军总医院第六医学中心)、王常田(东部战区总医院)、王辉山(北部战区总医院)、肖娟(陆军军医大学新桥医院)、辛梅(西部战区总医院)、赵荣(空军军医大学西京医院)

参考文献:

- [1] Guérin C,Reignier J,Richard JC,et al.Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome[J].N Engl J Med,2013,368(23):2159-2168.

- [2] Vyas A, Bishop MA. Extracorporeal membrane oxygenation in adults [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024.
- [3] Zonies D. ECLS in trauma: practical application and a review of current status [J]. *World J Surg*, 2017, 41(5): 1159-1164.
- [4] Zhang Y, Zhang L, Huang X, et al. ECMO in adult patients with severe trauma: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Med Res*, 2023, 28(1): 412.
- [5] Read MD, Nam JJ, Biscotti M, et al. Evolution of the United States military extracorporeal membrane oxygenation transport team [J]. *Mil Med*, 2020, 185(11-12): e2055-e2060.
- [6] 杨峰, 王粮山. 成人体外膜氧合循环辅助专家共识 [J]. *中华重症医学电子杂志(网络版)*, 2018, 4(2): 114-122.
- [7] Tasaka S, Ohshimo S, Takeuchi M, et al. ARDS clinical practice guideline 2021 [J]. *J Intensive Care*, 2022, 10(1): 32.
- [8] 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) [J]. *ASAIO J*, 2021, 67(6): 601-610.
- [9] Heng X, Cai P, Yuan Z, et al. Efficacy and safety of extracorporeal membrane oxygenation for burn patients: a comprehensive systematic review and meta-analysis [J]. *Burns Trauma*, 2023, 11: tkac056.
- [10] Hamm MS, Sams VG, DellaVolpe MJD, et al. Case report of extracorporeal membrane oxygenation and aeromedical evacuation at a deployed military hospital [J]. *Mil Med*, 2018, 183(suppl_1): 203-206.
- [11] Read MD, Nam JJ, Biscotti M, et al. Evolution of the United States Military Extracorporeal Membrane Oxygenation Transport Team [J]. *Mil Med*, 2020, 185(11-12): e2055-e2060.
- [12] Wang C, Zhang L, Qin T, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in trauma patients: a systematic review [J]. *World J Emerg Surg*, 2020, 15(1): 51.
- [13] 中国医药教育协会急诊专业委员会, 中华医学会急诊分会复苏学组, 中国急诊体外膜肺氧合联盟. 成人体外膜肺氧合患者院际转运专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(2): 165-170.
- [14] Muellenbach RM, Kredel M, Kunze E, et al. Prolonged heparin-free extracorporeal membrane oxygenation in multiple injured acute respiratory distress syndrome patients with traumatic brain injury [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 72(5): 1444-1447.
- [15] 中国研究型医院学会危重医学专业委员会. 床旁即时超声在成人体外膜肺氧合管理中的应用中国专家共识 [J]. *中华危重病急救医学*, 2022, 34(10): 1012-1023.
- [16] Jayaraman AL, Cormican D, Shah P, et al. Cannulation strategies in adult veno-arterial and veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: techniques, limitations, and special considerations [J]. *Ann Card Anaesth*, 2017, 20(Supplement): S11-S18.
- [17] Napp LC, Kühn C, Hoepfer MM, et al. Cannulation strategies for percutaneous extracorporeal membrane oxygenation in adults [J]. *Clin Res Cardiol*, 2016, 105(4): 283-296.
- [18] Formica F, D'Alessandro S, Sangalli F, et al. Distal perfusion cannula in femorofemoral ECMO: prophylactic or therapeutic approach [J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 58: 388-389.
- [19] Hou X. Distal perfusion cannula use in femoro-femoral VA-ECMO [J]. *Perfusion*, 2022, 37(5): 437-438.
- [20] Helms J, Frere C, Thiele T, et al. Anticoagulation in adult patients supported with extracorporeal membrane oxygenation: guidance from the Scientific and Standardization Committees on Perioperative and Critical Care Haemostasis and Thrombosis of the International Society on Thrombosis and Haemostasis [J]. *J Thromb Haemost*, 2023, 21(2): 373-396.
- [21] Rajsic S, Treml B, Jadzic D, et al. aPTT-guided anticoagulation monitoring during ECMO support: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Crit Care*, 2023, 77: 154332.
- [22] Chlebowski MM, Baltagi S, Carlson M, et al. Clinical controversies in anticoagulation monitoring and antithrombin supplementation for ECMO [J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 19.
- [23] Olson SR, Murphree CR, Zonies D, et al. Thrombosis and bleeding in extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) without anticoagulation: a systematic review [J]. *ASAIO J*, 2021, 67(3): 290-296.
- [24] McMichael ABV, Ryerson LM, Ratano D, et al. 2021 ELSO Adult and Pediatric Anticoagulation Guidelines [J]. *ASAIO J*, 2022, 68(3): 303-310.
- [25] Tipograf Y, Liou P, Oommen R, et al. A decade of interfacility extracorporeal membrane oxygenation transport [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 157(4): 1696-1706.
- [26] Mendes PV, de Albuquerque Gallo C, Besen BAMP, et al. Transportation of patients on extracorporeal membrane oxygenation: a tertiary medical center experience and systematic review of the literature [J]. *Ann Intensive Care*, 2017, 7(1): 14.
- [27] Broman LM, Holzgraefe B, Palmér K, et al. The Stockholm experience: interhospital transports on extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Crit Care*, 2015, 19(1): 278.
- [28] Zakhary BM, Kam LM, Kaufman BS, et al. The utility of high-fidelity simulation for training critical care fellows in the management of extracorporeal membrane oxygenation emergencies: a randomized controlled trial [J]. *Crit Care Med*, 2017, 45(8): 1367-1373.
- [29] G Peacock J, A Call J, R Olivier K. Radiotherapy for metastatic fibrolamellar hepatocellular carcinoma [J]. *Rare Tumors*, 2013, 5(3): e28.
- [30] Puślecki M, Ligowski M, Kiel M, et al. ECMO therapy simulator for extracorporeal life support [J]. *Am J Emerg Med*, 2018, 36(3): 506-508.

(收稿日期: 2024-01-10)