

· 专家共识 ·

成人体外膜肺氧合患者院际转运专家共识

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

通信作者: 马青变, 北京大学第三医院急诊科, Email: maqingbian@medmail.com.cn;

张国强, 中日友好医院急诊科, Email: zhangchong2003@vip.sina.com; 熊辉, 北

京大学第一医院急诊科, Email: 13911875206@163.com; 张劲松, 江苏省人民医院

急诊科, Email: zhangiso@sina.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.02.007

体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO), 是一种改良的体外循环技术, 当常规生命支持无效时, 为潜在可逆的循环和 (或) 呼吸衰竭的患者提供临时生命支持, 为患者从心肺疾病中恢复赢得宝贵的时间^[1]。自 20 世纪 70 年代以来, ECMO 逐渐应用于临床并用于转运危重患者, 截至 2019 年 2 月根据体外生命支持组织 (extracorporeal life support organization, ELSO) 年度注册报告的摘要数据显示, 共 112 231 例患者接受了体外生命支持 (extracorporeal life support, ECLS), 在这些患者中共 62 607 例患者存活出院或转诊^[2]。近年来, 我国开展 ECMO 例数呈逐年上升趋势, 根据中国体外生命支持情况调查分析的数据, 2017 年全国 233 家医院开展 ECMO 总例数为 2 826 例^[3]。

在发达国家, ECMO 院际转运危重患者被证明是安全可行的^[4-5], 且积累了丰富的经验, 但在国内 ECMO 院际转运处于起步阶段, 尚无相关指南或共识指导。因此, 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和中国急诊体外膜肺氧合联盟组织国内相关领域专家成立了共识编写组, 共同制订了《成人体外膜肺氧合患者院际转运专家共识》, 旨在规范 ECMO 院际转运相关流程, 并为进一步开展临床实践和相关研究提供指导意见。

1 共识的制定方法

共识的制订方法采用共识会议法, 过程包括: 题目的选定和申请, 成立编写小组, 提出关键问题, 系统检索相关文献, 撰写专家共识初稿。初稿提交共识编写组专家函审, 提出修改意见, 修订后召开专家讨论会, 确定终稿, 再次提交共识编写组专家审核定稿, 最终专家组成员得出一致性程度较高的推荐意见^[6]。

2 ECMO 辅助方式

ECMO 有静脉到动脉 (venoarterial ECMO, VA-ECMO) 和静

脉到静脉 (venovenous ECMO, VV-ECMO) 两种类型。VA-ECMO 可为患者提供呼吸和循环支持, 对于血流动力学不稳定和 (或) 严重心功能障碍的患者, 应考虑 VA-ECMO 转运。VV-ECMO 仅提供呼吸支持, 可用于严重呼吸衰竭患者的转运, 因此, 患者必须具备一定的心脏泵血功能。

3 ECMO 院际转运模式

ECMO 院际转运主要有“直接 ECMO 转运” (primary ECMO transport) 和“间接 ECMO 转运” (secondary ECMO transport) 两种模式。“直接 ECMO 转运”指 ECMO 转运团队在转诊医院为患者进行 ECMO 置管, 然后将患者转运至 ECMO 中心。“间接 ECMO 转运”指患者在转诊医院已经置管并开始 ECMO 治疗, 由于特殊原因需转运至其他 ECMO 中心^[7]。

4 ECMO 院际转运指征

ECMO 应用指南会定期在 ELSO 官网更新 (<http://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx>), 患者需同时满足 ECMO 应用的适应证, 除外禁忌证, 且符合 ECMO 转运条件后可考虑 ECMO 院际转运^[8-10]。

推荐意见 1.1: 经机械通气支持无效的难治性低氧血症 / 高碳酸血症的患者, 需要转院继续治疗的, 建议实施 ECMO 转运。

推荐意见 1.2: 经积极药物治疗无效的感染性休克 / 心源性休克的患者, 需要转院继续治疗的, 建议实施 ECMO 转运。

推荐意见 1.3: 若患者不适合启动或维持 ECMO 治疗, 则不建议 ECMO 院际转运。需 ECMO 院际转运的临床对象和影响因素包括以下内容, 见表 1。

5 ECMO 专业转运团队

ECMO 从置管、启动、运转、监测和护理都需要专业的团队来完成。因此, 患者需要在高容量 ECMO 中心接受

表 1 需 ECMO 院际转运的临床对象和影响因素

影响 ECMO 转运的临床因素	需要 ECMO 转运的临床情况
①经临床医师最乐观的判断, 传统方式转运时仍有病情恶化的风险	①无 ECMO 技术的医院出现了持续恶化的急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 或者急性难治性呼吸衰竭患者
②依赖一氧化氮 (nitric oxide, NO) 吸入治疗的低氧血症, 其不是传统转运的绝对禁忌证, NO 在转运过程中可安全使用	②因心力衰竭启动 ECMO 支持后, 需要转运至移植中心进行心脏移植或其他干预
③难治性休克可能只作为新生儿或者儿童启动 ECMO 转运的指征	③可能进行肺移植的患者需要 ECMO 才能安全转运到移植中心
④必须考虑转运前低灌注、低血压、酸中毒的水平和转运中恶化的风险	④患者因意外情况接受 ECMO 支持, 而所在医疗机构无法提供长期 ECMO 支持
	⑤患者不需要 ECMO 支持, 但传统方法无法安全转运, 可从 ECMO 转运中获益 ^[7]

治疗。ECMO 转运团队成立后, 这些团队可以在转诊机构启动 ECMO, 并将接受 ECMO 治疗的患者转运至 ECMO 中心^[11]。

推荐意见 2.1: 建议 ECMO 转运团队包括 ECMO 管理医师、ECMO 置管医师、ECMO 治疗师、转运护士和转运呼吸治疗师。

ECMO 转运团队的职责包括评估患者院际转运指征及保证患者转运安全等。不同的 ECMO 中心其转运团队的具体组成和团队成员角色可能不尽相同, 但组成 ECMO 转运团队的成员必须由有经验的人员来担任, 并根据临床情况、置管方式、运输时间或复杂性等可额外增加团队成员。ECMO 管理医师需由具备丰富 ECMO 患者管理经验的医师担任, 可为急诊重症医学 (emergency intensive care unit, EICU) 医师、危重医学科 (intensive care unit, ICU) 医师或麻醉医师, 通常也是 ECMO 转运团队的指挥者。ECMO 置管医师的职责是安全放置 ECMO 导管, 一般是血管外科医师、心脏外科医师、EICU 或 ICU 医师。ECMO 治疗师需在转运的各个阶段保证 ECMO 管路的安全, 必须具备丰富的 ECMO 管路/患者管理经验, 可由 EICU/ICU 护士或体外循环医师担任。转运护士主要负责转运阶段患者的护理工作, 并负责管理药物、液体和血液制品, 并建议转运护士也有 ECMO 患者/管路管理经验。转运呼吸治疗师负责机械通气、呼吸机的安置和管理等, 如果空间/团队配置不允许, 则转运护士、ECMO 管理医师和(或)治疗师必须能够胜任此角色^[7]。

推荐意见 2.2: 若患者尚未行 ECMO, ECMO 转运团队至少包括 1 名 ECMO 管理医师, 1 名 ECMO 置管医师和 1 名 ECMO 治疗师。

推荐意见 2.3: 若患者已经行 ECMO 支持, ECMO 转

运团队至少包括 2 名 ECMO 管理医师和 2 名 ECMO 治疗师。

推荐意见 2.4: ECMO 管理医师将与置管医师共同对患者进行最终评估, 决定 ECMO 应用模式和转运指征。

Broman 等^[4] 回顾总结了斯德哥尔摩卡罗林斯卡 ECMO 中心的经验, 在 2010-2013 年共有 322 例患者进行 ECMO 转运, 其中 282 例为“直接转运”, 40 例为“间接转运”。转运团队成员由一名 ECMO 管理医师 (麻醉医师), 一名 ICU 护士和一名置管医师组成。Foley 等^[12] 回顾了从 1990-1999 年 100 例 ECMO 转运的病例, 转运团队由 2 名内科医师和 2 名 ECLS 专家组成。Raspe 等^[13]、Philipp 等^[14] 和 D'Ancona 等^[15] 报道的共 49 例 ECMO 转运病例中, 转运团队由一名麻醉医师、一名心脏外科医师和一名体外循环医师/ECLS 专家组成。“直接转运”和“间接转运”的转运团队成员组成不同, 后者的要求更高, 因为考虑到患者已经接受 ECMO 治疗一段时间, 可能存在相关并发症, 如凝血异常, 而且患者可能有不同程度的器官功能衰竭。而且有文献报道显示^[16], “间接转运”与患者病死率高风险显著相关。

推荐意见 2.5: ECMO 转运团队需由临床经验丰富的医护人员组成, 且需经过 ECMO 专业培训。

推荐意见 2.6: ECMO 转运团队需针对院际转运进行定期模拟演练, 以保证转运安全。

一项针对 ECMO 转运的国际调查^[17] 纳入了全球 15 个 ECMO 中心, 调查结果显示 ECMO 转运团队成员除需要重症监护的临床经验外, 有六个中心 (40%) 要求成员通过 ELSO 认可的临床 ECMO 课程, 并定期参加培训和模拟。有四个中心 (27%) 要求参与 ECMO 转运的成员至少需要有 4 年 ECMO 管理的临床经验。有两个中心 (13%) 优先考虑医生的置管能力和经验。该研究纳入的 ECMO 中心大多数都有不同程度的定期 ECMO 转运模拟或演练, 转运团队的定期训练是保证转运安全的重要条件。

6 ECMO 转运前准备及设备

推荐意见 3.1: 患者是否适合转运由转出医院和接收医院共同商议, 并且最终应由接收医院主管医师决定。

推荐意见 3.2: 转运前需充分评估转运风险及获益, 征得家属同意并签署知情同意书后, 方进行转运, 安全是 ECMO 转运的首要条件。

推荐意见 3.3: 转运前需仔细检查仪器及管路设备, 转运团队成员必须熟悉所有设备的电压、电流和电源要求, 并填写检查表。

推荐意见 3.4: 转运前应进行 ECMO 安全检查, 检查内容应包括患者病情和生命体征, 目前药物使用情况 (例如血管活性药、正性肌力药、维持液、镇静等), 气源和氧

源情况,管路固定情况,呼吸机设置,最近实验室化验结果(包括氧合器前后血气、血红蛋白、血小板、乳酸、胆红素),泵及氧合器前后压力,抗凝(肝素泵速、ACT等)和可供紧急用血及抢救用药。

推荐意见 3.5:转运前患者需维持适当的通气及氧合,维持血流动力学基本稳定。

推荐意见 3.6:转运前停止一切非必要药物和液体的使用。

推荐意见 3.7:转运过程中需配备的设备包括 ECMO 系统及 ECMO 以外的设备,若有条件可使用便携式 ECMO 转运。

推荐意见 3.8:转运过程需使用专用的转运床,以放置 ECMO 设备、转运呼吸机、输液泵等,每个组件需固定,以防止因震动,变速导致管路脱出、机器故障等并发症。

推荐意见 3.9:转运过程中建议将氧合器固定在低于患者所在水平,可以降低血泵停转后空气栓塞的风险。

推荐意见 4.0:转运过程中应保持车厢内温度恒定,做好患者保暖工作。

ECMO 系统包括合适的血泵、氧合器及相关管路等,采用集成便携式 ECMO 转运系统,更加安全,便携,且不增加患者病死率,在成人 ECMO 转运中已有较丰富的使用经验^[4, 13, 18-19]。转运 ECMO 应配备应急泵或手动控制泵,以防出现主泵故障或电源故障时,能够保证血泵安全运转。还应配备不间断电源,能够在电源故障时满足所有设备的电力需求。ECMO 治疗期间需使用肝素抗凝,需密切监测活化凝血时间(activated clotting time, ACT),维持适当的 ACT 水平,警惕出血及管路血栓形成^[10]。ECMO 以外的设备包括转运呼吸机、输液泵、氧源、不间断电源,以及 ACT 监测仪、监护仪、除颤仪、便携式超声仪、血气分析仪、动静脉压力监测设备等,还需要备用抢救药物、血液制品(包括红细胞 4 U、血浆 200 mL、血小板 1 U)等^[7]。有文献报道^[20]ECMO 转运患者需使用专用的转运床,以放置 ECMO 设备、转运呼吸机及其他转运设备。患者、ECMO 管路与转运床之间要合理固定,使患者与 ECMO 插管的相对位置不变;转运过程中,尤其是经直升机、固定翼飞机转运时,转运床与交通工具之间也应固定稳妥,这些可以防止脱管等不良事件发生。转运前需维持患者氧合及血流动力学基本稳定,动脉血氧分压(PaO₂) ≥ 60 mmHg,动脉血氧饱和度(SaO₂) ≥ 0.90,收缩压(SBP) ≥ 90 mmHg,平均动脉压(MAP) ≥ 65 mmHg。

7 ECMO 转运方式

推荐意见 4.1:建议根据转运距离及转运持续时间决定 ECMO 转运方式,包括救护车、直升机和固定翼飞机。

推荐意见 4.2:建议转运距离 ≤ 400 km 可选择救护车,转运距离 >400 km 但 ≤ 650 km 可选择直升机,转运距离 >650 km 可选择固定翼飞机转运。

推荐意见 4.3:建议从临床、天气和资源优势的角度来选择转运方式,如果预计地面转运时间超过 3 ~ 4 h,则应考虑空中转运。

推荐意见 4.4:空中转运时需要考虑飞行环境对 ECMO 的影响,如飞行高度、气压变化、低氧环境等。

ECMO 转运方式包括地面转运和空中转运,地面转运通常采用救护车,空中转运包括直升机和固定翼飞机。Broman 等^[4]报道了卡罗琳斯卡 ECMO 中心已完成超过 700 例 ECMO 转运,约 59% 转运由固定翼飞机完成(其中约 8% 通过军用运输机运载救护车方式),直升机转运占 5%,地面救护车转运占 36%,在 2010-2013 年共 322 例 ECMO 转运中,转运距离范围为 6.9 km ~ 13 447 km。Tipograf 等^[8]回顾了过去 10 年共 265 例 ECMO 转运病例,其中救护车转运 259 例,固定翼飞机转运 6 例,转运距离中位数为 27.2 km。Bryner 等^[21]回顾了 20 年共 221 例 ECMO 转运的病例,其中地面转运 153 例,直升机转运 42 例,固定翼飞机转运 25 例,转运的平均距离为 172 ± 197 km,最远距离为 3 100 km。Mendes 等^[5]的系统性综述总结了 1 481 例在 ECMO 支持下转运的病例,涉及成人和儿童,其中救护车转运占 53%,固定翼飞机转运占 27%,直升机转运占 22%,转运的平均距离为 486 km,转运的平均时间是 17 h。空中转运时飞行高度应仔细计划,飞行高度越高,飞机经受的气流越小,消耗的燃料越少,转运时间越短。但是,在低气压环境下,氧气可能从血液中逸出,因避免过度氧合。ECMO 转运方式需综合病情、转运距离、转运时间、经济效益和自然条件等多方面因素后决定,保证转运安全、高效实施。

推荐意见 4.5:经验丰富的高容量 ECMO 中心每年应收治至少 20 例 ECMO 患者,且与转诊医院间应建立“轴心-辐条”合作模式。

推荐意见 4.6:条件允许时,患者应尽可能转运至经验丰富的高容量 ECMO 中心。

ECMO 启动及后续管理是非常复杂的工作,需要多学科合作完成,这就需要经验丰富的 ECMO 中心和 ECMO 团队。“轴心-辐条”模式是由 Combes 等^[22]提出的,Broman^[23]也建议 ECMO 中心和转诊医院间建立类似“轴心-辐条”的转运模式。高容量 ECMO 中心(轴心)具有 ECMO 启动和长期治疗的能力,通过转运 ECMO 团队可将周围合作医疗中心患者转运到高容量 ECMO 中心。在出现大流行性疾病或重大灾难的情况下,高容量 ECMO 中心的资源需用于治疗更严重和更

复杂的病例,因此,ECMO 的紧急置管和维持可以在这些合作医院(辐条)中进行,直至患者有条件通过 ECMO 转运团队转运至高容量 ECMO 中心,近年来英国^[24]、意大利^[25]和澳大利亚^[26-27]已建成这种转运模式。在“轴心-辐条”模式中,ECMO 转运团队建议位于高容量 ECMO 中心,一个高容量 ECMO 中心服务周边约 200 ~ 300 万人口^[17]。作为 ECMO 中心每年应达到至少收治 6 名 ECMO 患者的标准^[1],而经验丰富的高容量 ECMO 救治中心每年应至少完成 20 例 ECMO 治疗,而每年收治超过 30 例 ECMO 患者的中心,患者病死率显著降低^[10,28-30]。ECMO 转运流程见图 1。

8 并发症的监测及处理

推荐意见 5.1: 监测患者相关并发症,转运期间至少每 4 h 监测血气分析、ACT 和其他血液学指标。

推荐意见 5.2: 监测设备相关并发症,转运期间密切监测 ECMO 设备运转情况,保证泵装置、氧合器、循环管路的正常运行。

推荐意见 5.3: 监测转运人员相关并发症,配备经验丰富的 ECMO 转运团队。

推荐意见 5.4: 监测交通工具及环境相关并发症,配备

备用救护车,提前规划转运路线等。

推荐意见 5.5: 需制定各种并发症的紧急处理预案,转运途中一旦出现意外情况,将患者紧急转入沿途就近的医院进行救治。

ECMO 转运并发症包括患者相关并发症和患者以外的并发症,斯德哥尔摩卡罗琳斯卡 ECMO 中心回顾了 2010-2013 年 322 例 ECMO 转运病例^[4],其中 82 例患者转运过程中报告了不良事件(27.3%);14 例转运中报告了超过 1 个不良事件,其不良事件共报告 94 个。可以分为五个主要相关方面:患者、转运人员、设备、车辆和环境;最多的不良事件是和患者相关(22%),其中最常见的是潮气量(意外)下降(12.7%)。Ericsson 等^[31]的回顾性研究也有类似的结果,65% 的转运并发症与患者相关,其中最常见的是潮气量下降,转运人员相关并发症占 5.8%,常见于设备操作失误。设备相关并发症占 14.6%,交通运输相关并发症占 12.6%,涉及救护车故障或电源故障,或救护车尺寸错误等,没有患者因为转运并发症死亡。国内有文献^[32]报道了 5 例 ECMO 转运,其中 1 例患者转运中出现氧气供应中断,最终死亡。ECMO 转运中最常见的不良事件包括电源故障、局部管路或接头渗漏、膜肺内血栓形成或渗漏、管路破裂及低碳酸血症、膜肺接头受损、转运途中救护车压缩机故障、氧气供应不足等^[33-34]。因肝素的全身抗凝,出血是 ECMO 治疗期间常见的并发症,其中颅内出血最为严重,出血会显著增加患者病死率^[35],转运过程中需监测 ACT(目标为 160 ~ 200 s)^[19],严密监测患者神志、瞳孔,同时严密评估患者各类置管、口鼻腔、气道等部位有无出血情况,必要时给予输注血浆和血小板。另外,需时刻评估肢体末端血运、温度、色泽、足背动脉搏动、双下肢有无肿胀等情况,做好保温工作^[36]。ECMO 转运过程中并发症的发生率以及处理效果直接影响患者的预后,早发现、早处理对于提高患者院内存活率具有重要意义^[37-38]。

9 ECMO 转运预后

推荐意见 6.1: 推荐由高容量 ECMO 中心、经验丰富的转运团队进行 ECMO 转运,安全性将得到提高。

一项 ECMO 转运的国际调查^[17]纳入 9 个国家 15 个 ECMO 中心总共约 2 000 例 ECMO 转运病例,其中有 4 例死亡;密歇根大学报道的 221 例 ECMO 转运中有 1 例死亡^[21];卡罗琳斯卡大学医院报道的 908 例 ECMO 转运中有 2 例死亡^[16],而绝大多数患者并未因 ECMO 转运并发症而导致死亡^[4,31]。ECMO 转运期间会出现较多并发症,但不影响患者病死率。大多数已发表的文献数据支持使用 ECMO 进行危重患者院际转运,而经验丰富的转运 ECMO 团队会减少转运并发症,降

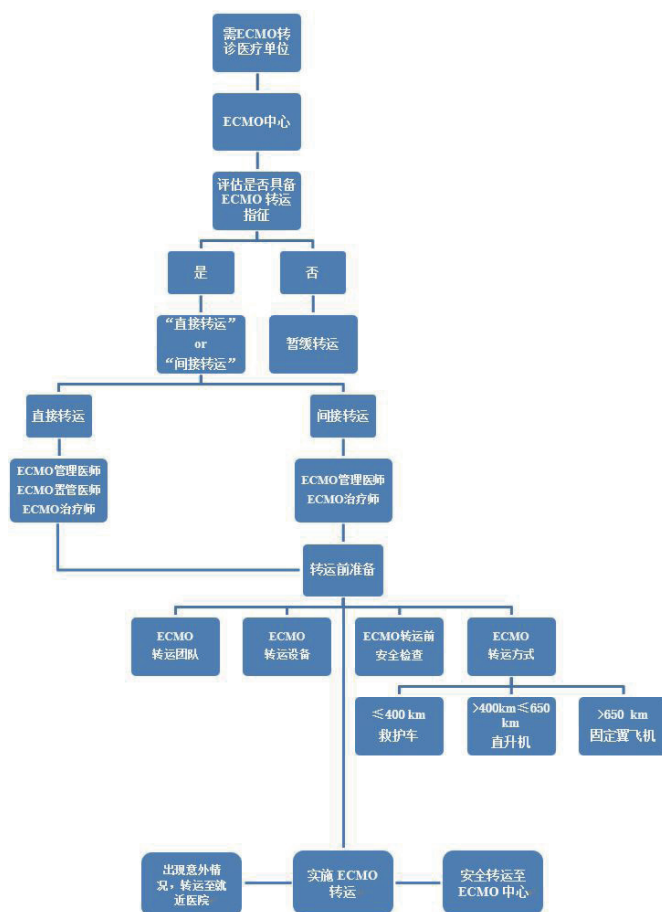


图 1 ECMO 转运流程图

低病死率。

10 结语

ECMO 在成人呼吸衰竭和（或）循环衰竭中的应用越来越广泛，有证据表明，对于严重呼吸循环衰竭患者，早期应用 ECMO 能够提高患者存活率^[30, 39]。ECMO 应用前景广阔，但 ECMO 转运过程极为复杂，转运团队的成员应该在院前急救、重症监护、ECMO 生理学、ECMO 技术和 ECMO 置管方面具有丰富的经验，能够及时处理转运期间出现的并发症。目前大多数发表的文献证实了 ECMO 院际转运的可行性、安全性，但相关证据级别较低，缺乏大型随机对照试验，还需不断总结经验，完善转运流程。

执笔人：付源伟 马青变 熊辉

专家组成员（按姓名拼音顺序）：

曹 钰 曾 俊 柴湘平 陈晓辉 崇 巍 邓 颖 葛洪霞
龚 平 郭树彬 郭 伟 郭治国 韩继媛 韩晓彤 洪玉才
黄 曼 江 华 蒋龙元 康 健 兰 超 李培武 李 硕
李文放 李小刚 李 旭 卢中秋 陆远强 罗 哲 马 渝
马岳峰 聂时南 潘龙飞 裴红红 彭再梅 秦海东 秦历杰
石松菁 宋振举 孙同文 田 慈 田英平 王旭东 吴彩军
夏 剑 邢吉红 徐峰(山东) 徐峰(苏州) 徐 军 燕宪亮 詹 红
张 泓 张剑锋 张进军 张 茂 张文武 张育才 张 喆
郑亚安 周光居 朱长举 朱志强

参 考 文 献

- [1] Extracorporeal Life Support Organization. ELSO GUIDELINES FOR ECMO CENTERS. <https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/faf3f6a3c7cusersshydocumentselsoguidelinesecmocentersv1.8.pdf>. March 2014.
- [2] Extracorporeal Life Support Organization. Registry report, international summary. Available at: <https://www.else.org/Registry/Statistics/InternationalSummary.aspx>. Accessed January, 2019.
- [3] 侯晓彤, 李呈龙, 江瑜. 2017 中国体外生命支持情况调查分析[J]. 中华医学杂志, 2018,98(44):3603-3606.DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.44.011.
- [4] Broman L M, Holzgraefe B, Palmér K, et al. The Stockholm experience: interhospital transports on extracorporeal membrane oxygenation[J]. Crit Care, 2015,19(1):278. DOI:10.1186/s13054-015-0994-6.
- [5] Mendes PV, de Albuquerque Gallo C, Besen B A M P, 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.DOI:10.1186/s13613-016-0232-7.
- [6] 周奇, 王琪, 俞阳, 等. 临床实践指南制定中的共识方法[J]. 药品评价, 2016,13(16):13-17. DOI:10.3969/j.issn.1672-2809.2016.16.002.
- [7] Dirnberger D, Fiser R, Harvey C, et al. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), 2015, Guidelines for ECMO transport. https://www.else.org/Portals/0/Files/ELSO%20GUIDELINES%20FOR%20ECMO%20TRANSPORT_May2015.pdf. Accessed in Jan-February 2018
- [8] 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.DOI:10.1016/j.jtcvs.2018.09.139.
- [9] Javidfar J, Brodie D, Takayama H, et al. Safe Transport of Critically Ill Adult Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation Support to a Regional Extracorporeal Membrane Oxygenation Center[J]. ASAIO Journal, 2011,57(5):421-425.DOI:10.1097/MAT.0b013e3182238b55.
- [10] 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[J]. 中华医学杂志, 2018,98(12):886-894. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.12.003.
- [11] Ahmad U, Krishnan S, McCurry KR. Commentary: Transporting the dead back to life: Improving extracorporeal membrane oxygenation care relies on optimization of transport and patient selection[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2019,157(4):1707-1708.DOI:10.1016/j.jtcvs.2018.12.055.
- [12] Foley DS, Pranikoff T, Younger JG, et al. A review of 100 patients transported on extracorporeal life support[J]. ASAIO J, 2002,48(6):612-619. DOI:10.1097/01.MAT.0000033641.79315.68.
- [13] Raspé C, Rückert F, Metz D, et al. Inter-hospital transfer of ECMO-assisted patients with a portable miniaturized ECMO device: 4 years of experience[J]. Perfusion, 2014,30(1):52-59. DOI:10.1177/0267659114531611.
- [14] Philipp A, Arlt M, Amann M, et al. First experience with the ultra compact mobile extracorporeal membrane oxygenation system Cardiohelp in interhospital transport[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2011,12(6):978-981.DOI:10.1510/icvts.2010.264630.
- [15] D' Ancona G, Capitano G, Chiaramonte G, et al. Extracorporeal membrane oxygenator rescue and airborne transportation of patients with influenza A (H1N1) acute respiratory distress syndrome in a Mediterranean underserved area[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2011,12(6):935-937.DOI:10.1510/icvts.2010.260448.
- [16] Fletcher-Sandersjoo A, Frenckner B, Broman M. A single-center experience of 900 interhospital transports on extracorporeal membrane oxygenation[J]. Ann Thorac Surg, 2019,107(1):119-127.DOI:10.1016/j.athoracsurg.2018.07.040.
- [17] Broman LM, Dimberger DR, Malfertheiner MV, et al. International survey on extracorporeal membrane oxygenation transport[J]. ASAIO J, 2019.DOI:10.1097/MAT.0000000000000997.

- [18] Forrest P, Cheong JY, Vallely MP, et al. International retrieval of adults on extracorporeal membrane oxygenation support[J]. *Anaesth Intens Care*, 2011,39(6):1082-1085.DOI:10.1177/0310057X1103900616.
- [19] Alwardt CM, Wilson DS, Alore ML, et al. Performance and safety of an integrated portable extracorporeal life support system for adults[J]. *J Extra Corpor Technol*, 2015,47(1):38-43.
- [20] 葛润生, 陆铸今, 孙波. 体外膜肺氧合转运在危重症患儿救治中的应用[J]. *中华儿科杂志*, 2016,54(11):875-878.DOI:10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2016.11.022.
- [21] Bryner B, Cooley E, Copenhaver W, et al. Two decades' experience with interfacility transport on extracorporeal membrane oxygenation[M]. 2014: 1363-1370.DOI:10.1016/j.athoracsur.2014.06.025.
- [22] Combes A, Brodie D, Bartlett R, et al. Position paper for the organization of extracorporeal membrane oxygenation programs for acute respiratory failure in adult patients[J]. *Am J Resp Crit Care Med*, 2014,190(5):488-496.DOI:10.1164/rccm.201404-0630CP.
- [23] Broman LM. Inter-hospital transports on extracorporeal membrane oxygenation in different health-care systems[J]. *J Thor Dis*, 2017,9(9):3425-3429.DOI:10.21037/jtd.2017.07.93.
- [24] Vaja R, Chauhan I, Joshi V, et al. Five-year experience with mobile adult extracorporeal membrane oxygenation in a tertiary referral center[J]. *Crit Care*, 2015,30(6):1195-1198.DOI:10.1016/j.jccr.2015.07.032.
- [25] Patroniti N, Zangrillo A, Pappalardo F, et al. The Italian ECMO network experience during the 2009 influenza A(H1N1) pandemic: preparation for severe respiratory emergency outbreaks[J]. *Intensive Care Med*, 2011,37(9):1447-1457.DOI:10.1007/s00134-011-2301-6.
- [26] Burrell AJC, Pilcher DV, Pellegrino VA, et al. Retrieval of adult patients on extracorporeal membrane oxygenation by an intensive care physician model[J]. *Artif Organs*, 2018,42(3):254-262. DOI:10.1111/aor.13010.
- [27] Forrest P, Ratchford J, Burns B, et al. Retrieval of critically ill adults using extracorporeal membrane oxygenation: an Australian experience[J]. *Intensive Care Med*, 2011,37(5):824-830.DOI:10.1007/s00134-011-2158-8.
- [28] Freeman CL, Bennett TD, Casper TC, et al. Pediatric and neonatal extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Crit Care Med*, 2014,42(3):512-519.DOI:10.1097/01.ccm.0000435674.83682.96.
- [29] Barbaro RP, Odetola FO, Kidwell KM, et al. Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality: Analysis of the extracorporeal life support organization registry[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2015,191(8):894-901.DOI:10.1164/rccm.201409-1634OC.
- [30] Abrams D, Garan A R, Abdelbary A, et al. Position paper for the organization of ECMO programs for cardiac failure in adults[J]. *Intensive Care Med*, 2018,44(6):717-729.DOI:10.1007/s00134-018-5064-5.
- [31] Ericsson A, Frenckner B, Broman LM. Adverse events during inter-hospital transports on extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Prehosp Emerg Care*, 2017,21(4):448-455.DOI:10.1080/10903127.2017.1282561.
- [32] 徐磊, 王志勇, 李彤, 等. 体外膜肺氧合与机械通气用于严重急性呼吸窘迫综合征患者院间转运的对比研究[J]. *中华危重病急救医学*, 2014,26(11):789-793. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.11.005.
- [33] Biscotti M, Agerstrand C, Abrams D, et al. One hundred transports on extracorporeal support to an extracorporeal membrane oxygenation center[J]. *Ann Thorac Surg*, 2015,100(1):34-40.DOI:10.1016/j.athoracsur.2015.02.037.
- [34] Lindén V, Palmér K, Reinhard J, et al. Inter-hospital transportation of patients with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation-national and international experience[J]. *Intensive Care Med*, 2001,27(10):1643-1648.DOI:10.1007/s001340101060.
- [35] Aubron C, Cheng A C, Pilcher D, et al. Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a 5-year cohort study[J]. *Crit Care*, 2013,17(2):R73. DOI:10.1186/cc12681.
- [36] 叶卫国, 胡炜, 夏柳勤, 等. 体外膜肺氧合支持在危重患者院际转运中的应用体会[J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2018,17(06):609-613. DOI:10.7507/1671-6205.201804011.
- [37] Fleming GM, Gurney JG, Donohue JE, et al. Mechanical component failures in 28,171 neonatal and pediatric extracorporeal membrane oxygenation courses from 1987 to 2006[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2009,10(4):439-444.DOI:10.1097/PCC.0b013e318198b275.
- [38] 周伯颐, 楼松, 龙村, 等. 体外膜肺氧合联合主动脉内球囊反搏治疗对危重患者的影响[J]. *中国体外循环杂志*, 2018,16(01):12-15.DOI:10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2018.01.04.
- [39] Giles JP, Miranda M, Ravindranath T, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial.[J]. *Lancet*, 2009,374(9698):DOI:10.1016/S0140-6736(09)61069-2.

(收稿日期: 2020-01-05)

(本文编辑: 何小军)