

体外膜肺氧合救治严重创伤患者 8 例 临床分析及文献复习

费丹婷¹ 李伟² 陈伟平² 沈云忠³ 许俊¹ 索源¹ 费敏岚¹ 郁慧杰¹

¹ 嘉兴市第一医院急诊科, 浙江嘉兴 314000; ² 平湖市第一人民医院急诊科, 浙江平湖 314200;

³ 海宁市中医院急诊科, 浙江海宁 314400

通信作者: 郁慧杰, Email: yhj88@sina.com

【摘要】 目的 探讨体外膜肺氧合(ECMO)救治严重创伤患者的适应证及抗凝方案并复习文献。**方法** 选择 2019 年 8 月至 2022 年 8 月嘉兴市第一医院 ECMO 团队救治的 8 例严重创伤所致呼吸衰竭、心力衰竭及心搏骤停患者作为研究对象。收集患者一般资料、受伤机制、伤情资料、ECMO 支持情况、抗凝方案和出院存活率等,结合文献分析 ECMO 在救治严重创伤患者中的价值。**结果** 8 例严重创伤患者中,男性 7 例,中位年龄 45.5(16.0~77.0)岁,中位创伤严重度评分(ISS)24.5(16.0~75.0)分。受伤原因包括交通事故伤和挤压伤。4 例患者因严重呼吸衰竭使用静脉-静脉 ECMO(VV-ECMO),其中 3 例为严重肺挫裂伤,1 例为支气管断裂合并肺挫裂伤;4 例使用静脉-动脉 ECMO(VA-ECMO),其中 1 例心源性休克,1 例心脏破裂,2 例心搏骤停。在严密监测下选择抗凝时机:1 例全程(8 d)无肝素抗凝,4 例短期(72 h 内)无肝素抗凝,2 例在 24 h 内开始低剂量肝素抗凝;8 例均未出现不可控大出血情况,3 例出现下肢肌间静脉血栓,2 例出现腓静脉血栓,1 例发生股动脉血栓。8 例全部成功撤机,7 例存活出院(存活率为 87.5%)。**结论** ECMO 在严重创伤中可作为最后的救治手段,严重肺挫裂伤、心脏挫伤及心搏骤停可作为 ECMO 的适应证,应在密切监测下选择个体化抗凝方案。

【关键词】 体外膜肺氧合; 呼吸衰竭; 心力衰竭; 创伤; 抗凝

基金项目: 浙江省嘉兴市急诊医学重点支持学科建设项目(2019-ZC-05)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.04.015

Clinical analysis and literature review of 8 cases with severe trauma treated by extracorporeal membrane oxygenation

Fei Danting¹, Li Wei², Chen Weiping², Shen Yunzhong³, Xu Jun¹, Suo Yuan¹, Fei Minlan¹, Yu Huijie¹

¹Department of Emergency Medicine, the First Hospital of Jiaxing, Jiaxing 314000, Zhejiang, China; ²Department of Emergency Medicine, the No.1 People's Hospital of Pinghu, Pinghu 314200, Zhejiang, China; ³Department of Emergency Medicine, Haining Hospital of Traditional Chinese Medicine, Haining 314400, Zhejiang, China

Corresponding author: Yu Huijie, Email: yhj88@sina.com

【Abstract】 Objective To explore the indications and anticoagulation programs of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in patients with severe trauma and review the literature. **Methods** Eight patients with respiratory failure, heart failure, and cardiac arrest caused by severe trauma treated by the ECMO team of the First Hospital of Jiaxing from August 2019 to August 2022 were selected as the study objects. General data, injury mechanism, traumatic condition, ECMO supporting situation, anticoagulation programs and discharge survival rate of patients were collected, and the value of ECMO in the treatment of patients with severe trauma was analyzed in combination with the literature. **Results** Among the 8 patients with severe trauma, 7 were males with a median age of 45.5 (16.0–77.0) years and a median injury severity score (ISS) of 24.5 (16.0–75.0) points. The mechanism of injury included motor vehicle collision and crush. Veno-venous ECMO (VV-ECMO) was used in 4 patients with severe respiratory failure, including 3 patients with severe pulmonary contusion and 1 patient with bronchial rupture combined with pulmonary contusion. Veno-arterial ECMO (VA-ECMO) was used in 4 patients, including 1 patient with cardiac shock, 1 patient with cardiac rupture, and 2 patients with cardiac arrest. The timing of anticoagulation was selected under close monitoring: 1 patient had no heparin anticoagulation throughout the course (8 days), 4 patients had no heparin anticoagulation within 72 hours, and 2 patients started low-dose heparin anticoagulation within 24 hours. None of the 8 patients had uncontrollable massive bleeding, 3 patients occurred limb intermuscular vein thrombosis, 2 patients occurred peroneal vein thrombosis, and 1 patient occurred femoral artery thrombosis. All 8 patients were successfully decannulated and 7 patients (87.5%) were survived. **Conclusion** ECMO can be used as the ultimate treatment in severe trauma, severe pulmonary contusion, cardiac contusion, and cardiac arrest can be indications of ECMO, and individualized anticoagulation programs should be selected under close monitoring.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; Respiratory failure; Heart failure; Trauma; Anticoagulation

Fund program: Jiaxing Key Discipline of Medicine-Emergency Medicine, Zhejiang Province (2023-ZC-004)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2023.04.015

严重创伤患者因心肺损伤出现呼吸、循环衰竭甚至心搏骤停时,常规救治手段往往效果不佳,病死率极高。体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)是抢救濒危危重患者的终极手段之一,在临床上的应用逐年增多,救治了许多既往无法救治的患者^[1-2]。既往有研究者认为,在 ECMO 运行过程中,肝素的使用必不可少,这增加了患者的出血风险,创伤合并严重出血被认为是 ECMO 使用的相对禁忌证。随着材料科技的进步和无肝素或低肝素新理念的发展,越来越多的成功案例被报告,人们普遍意识到,严重创伤不再是 ECMO 的相对禁忌证^[3-4]。但在严重创伤患者的救治过程中 ECMO 的适应证、启动时机及抗凝方案尚存在争议。现总结本院 2019 年 8 月至 2022 年 8 月使用 ECMO 技术救治的 8 例严重创伤患者的临床资料,并结合文献复习,报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料(表 1):收集本院 2019 年 8 月至 2022 年 8 月使用 ECMO 技术救治的 8 例严重创伤患者,其中男性 7 例,女性 1 例;中位年龄 45.5(16.0~77.0)岁,中位创伤严重度评分(injury severity score, ISS)24.5(16.0~75.0)分。受伤原因包括交通事故和挤压伤。8 例严重创伤患者中有 4 例采用静脉-静脉 ECMO(veno-venous ECMO, VV-ECMO),其中 3 例为严重肺挫裂伤,1 例为主支气管断裂合并肺挫裂伤;4 例采用静脉-动脉 ECMO(veno-arterial ECMO, VA-ECMO),其中 1 例为心脏挫伤合并心源性休克,1 例为心脏破裂合并心源性休克,2 例为心搏骤停。

1.2 ECMO 支持前情况(表 1~2):8 例患者入住急诊重症监护病房(intensive care unit, ICU)时均已行气管插管。4 例 VV-ECMO 患者出现不同程度呼吸窘迫,上机前纯氧条件下血气分析提示氧合指数(oxygenation index, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) <80 mmHg(1 mmHg ≈ 0.133 kPa),胸部 CT 主要表现为不同程度肺挫裂伤,单侧或双侧血气胸,合并肋骨骨折;4 例 VA-ECMO 患者中 2 例表现为心源性休克,为维持平均动脉压(mean arterial pressure,

MAP)大于 65 mmHg 给予去甲肾上腺素 1.2~4 mg/h,血乳酸在 5.0 mmol/L 以上并进行性升高,经胸心脏超声可见心肌收缩力减弱,心脏射血分数(ejection fraction, EF)下降;2 例为难治性心搏骤停,常规心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR) >15 min 难以恢复自主循环。

1.3 ECMO 支持治疗(表 2)

1.3.1 常规治疗方法:① 积极控制出血,维持循环稳定,ECMO 上机前行手术 3 例,包括支气管动脉栓塞术、髂内动脉栓塞术、胸腔镜下肋间血管止血及

表 1 使用 ECMO 技术救治的 8 例患者概况

例序	受伤原因	年龄(岁)	性别	ISS(分)	胸部损伤相关诊断
例 1	挤压伤	16	男性	16	肺挫裂伤、创伤性血气胸
例 2	交通事故	24	男性	20	肺挫裂伤、创伤性血气胸
例 3	挤压伤	38	男性	16	主支气管断裂、肺挫裂伤、创伤性血气胸
例 4	交通事故	59	男性	34	肺挫裂伤、创伤性血气胸
例 5	交通事故	77	女性	29	心脏挫伤、心源性休克、肺挫裂伤
例 6	交通事故	53	男性	29	心脏破裂、创伤性心包填塞、心源性休克
例 7	交通事故	33	男性	75	颈椎脱位、心搏骤停 CPR 成功
例 8	挤压伤	55	男性	20	心脏挫伤、肺挫裂伤、心搏骤停 CPR 成功

表 2 使用 ECMO 技术救治的 8 例患者 ECMO 支持及转归

例序	ECMO 模式	氧合指数 (mmHg)	血乳酸 (mmol/L)	去甲肾上腺素 (mg/h)	上机前 EF	上机前手术	上机中手术	上机时机
例 1	VV	35	2.6	无	0.61	无	无	4 d
例 2	VV	61	7.6	2.4	0.67	支气管动脉栓塞术	无	5 d
例 3	VV	51	7.0	无	0.61	无	支气管修补术	2 h
例 4	VV	55	8.5	2.4	0.61	髂内动脉栓塞术、胸腔镜下肋间血管止血及肋骨固定术	无	10 h
例 5	VA	260	5.8	1.2	0.43	无	无	2 h
例 6	VA	203	6.5	4.0	无结果	心脏破裂修补术、心包穿刺术	无	22 h
例 7	VA	226	10.5	无	无结果	无	无	1.5 h
例 8	VA	205	15.3	无	无结果	无	无	5 h

例序	抗凝时间 (d)	目标 ACT(s)	ECMO 维持时间 (d)	机械通气时间 (d)	ICU 住院时间 (d)	总住院时间 (d)	结局	输注红细胞 (U)	输注血浆 (mL)
例 1	8	150 ~ 170	8	22	23	50	治愈	18.5	3 700
例 2	5	110 ~ 150	8	13	28	35	治愈	14.5	1 660
例 3	2	150 ~ 170	6	25	25	55	治愈	11.0	2 340
例 4	2	150	5	7	8	19	治愈	21.0	1 680
例 5	3	140 ~ 160	4	11	27	41	治愈	8.5	1 200
例 6	1	190	4	6	8	12	治愈	13.5	630
例 7	1	140 ~ 180	2	31	31	31	死亡	7.5	1 350
例 8	2	160 ~ 200	5	9	12	26	治愈	9.0	4 380

注: VV 为静脉-静脉, VA 为静脉-动脉, 上机时间为受伤至 ECMO 的时间, 抗凝时间为上机至抗凝开始的时间; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa

肋骨固定术、心脏破裂修补术和心包穿刺术; ECMO 上机中行支气管修补术 1 例, ECMO 下机后行胸腔镜下肺修补术 1 例; ② 8 例患者均行经口气管插管机械通气, 采用呼气末正压 (positive end-expiratory pressure, PEEP) 通气模式, 在 ECMO 上机前 PEEP 峰值 8~18 cmH₂O (1 cmH₂O ≈ 0.098 kPa), 同时给予镇静镇痛, 降低氧耗, 4 例因短期难以脱机行气管切开术; ③ 纤维支气管镜清除血凝块及痰痂; ④ 因昏迷合并吸入性肺炎给予抗感染治疗; ⑤ 积极输血输液, 纠正酸中毒、水电解质紊乱, 应用血管活性药物维持血压。

1.3.2 ECMO 设置: ① 抗凝方案: 8 例患者均使用 QUADROX PLS 氧合器及 ROTAFLOW 离心泵, 管路均采用 Bioline 涂层, 上机前使用 5 000 U 肝素预充管路。1 例因持续存在活动性出血选择全程 (8 d) 无肝素抗凝; 4 例短期 (3 d 内) 无肝素抗凝, 在评估活动性出血量减少后给予低剂量肝素抗凝; 2 例 24 h 内开始低剂量肝素抗凝, ECMO 运行过程中密切监测出血情况及管路、氧合器血栓, 动态评估下肢血管血栓情况, 维持目标活化凝血时间 (activated coagulation time, ACT) 110~200 s, 通过输血及输注血制品纠正凝血功能障碍; ② 参数设置: VV-ECMO 初始设置血流量 3.5~4.0 L/min, 转速 3 500~4 000 r/min, 氧流量 4.5~6.0 L/min; VA-ECMO 初始设置血流量 3.5~5.0 L/min, 转速 3 500~4 200 r/min, 氧流量 2~4 L/min。

1.4 转归 (表 2): 8 例患者氧合器出现不同程度小血栓, 3 例出现下肢肌间静脉血栓, 2 例出现腓静脉血栓, 1 例发生股动脉血栓, 通过手术取栓未遗留下肢缺血后遗症。8 例患者在上机后均未出现脑出血及其他不可控大出血。VV-ECMO 维持时间 5~8 d, 机械通气时间 7~25 d; VA-ECMO 维持时间 2~5 d, 机械通气时间 9~31 d; 8 例患者救治后均成功撤机, 7 例治愈出院 (存活率 87.5%), 1 例死亡。

2 文献复习

2.1 创伤患者 ECMO 的适应证: 部分严重创伤患者可能出现常规治疗策略难以纠正的呼吸衰竭, VV-ECMO 能使机体得以在体外进行气体交换治疗, 可让创伤性肺损伤得到修复的机会, 并避免有害的过度通气造成继发性肺损伤^[5]。Swol 等^[6]对 279 例 ECMO 治疗的严重创伤患者进行回顾性分析, 结果显示, 急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 是 VV-ECMO 最常见的适应证。

VV-ECMO 也能为创伤性支气管破裂的救治赢得手术时间^[7]。在为数不多的案例分析及个案报道中, 发现 VA-ECMO 主要用于外伤性心搏骤停、失血性休克以及心脏挫伤引起的急性心力衰竭 (心衰) 等^[8-11]。Lee 等^[12]总结了 VA-ECMO 成功救治创伤性主动脉破裂的经验。使用 VA-ECMO 可以维持重要器官的灌注, 有助于改善神经功能预后^[13]。

2.2 创伤患者 ECMO 的上机时机: 根据指南推荐, VV-ECMO 的上机时机包括: PaO₂/FiO₂<50 mmHg 超过 3 h, PaO₂/FiO₂<80 mmHg 超过 6 h, 或动脉血 pH 值<7.25 并伴动脉血二氧化碳分压 (arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)>60 mmHg 超过 6 h; VA-ECMO 上机时机包括: 使用大量正性肌力药物效果不佳, 严重心力衰竭常规治疗无效, 心排血指数<33.34 L·s⁻¹·m⁻² 持续 3 h 以上, 血乳酸>5 mmol/L 并进行性升高^[14-18]。但关于严重创伤患者 ECMO 的上机时机以及管理参数目前尚无统一标准。在一项单中心研究中, 幸存者启动 ECMO 的时间较死亡者晚 (d: 15.0 比 7.8)^[19]。而另一项为期 10 年的单中心研究表明, ECMO 用于严重创伤最常见的指征是肺损伤继发严重低氧性呼吸衰竭, 早期 (<72 h) 比晚期效果更好^[20]。对于年龄小、损伤程度轻 (ISS<35 分)、组织灌注损伤可逆的创伤性心肺功能不全建议早期启动 VA-ECMO^[21]。

2.3 创伤患者的抗凝方案: ECMO 运行过程中, 出血和血栓是最常见的并发症, 总体出血风险为 33%^[22], 而在严重创伤患者中, 原发病导致的凝血功能障碍限制了 ECMO 在创伤患者中的应用。ECMO 在创伤患者中的抗凝策略成了一大难点。《成人体外膜氧合循环辅助专家共识》^[14]建议, 临床上应遵循个体化原则, 通过监测 ACT、活化部分凝血活酶时间 (activated partial thromboplastin time, APTT)、抗凝血因子 Xa、血小板和纤维蛋白原水平, 以及血栓弹力图等指标综合判断来平衡出血与栓塞的风险。一项 Meta 分析证实, 低剂量肝素抗凝在 ECMO 支持患者中是一种安全可行的策略^[23]。短期无肝素 ECMO 治疗在有抗凝禁忌症患者中很少发生血栓栓塞性并发症^[24]。一项多中心研究显示, 大部分创伤患者在 ECMO 上机后 72 h 内进行抗凝, 出血风险并未增加, 抗凝组与非抗凝组血栓形成和出血风险差异无统计学意义^[3]。Arlt 等^[25]在 10 例严重创伤患者中使用了有肝素涂层回路的 ECMO, 起初未使用肝素, 在出血及休克得到控制后应用低剂量肝素以

使 APTT 达到正常参考范围的 2 倍或 ACT>150 s; Strumwasser 等^[19]在创伤患者中维持 ACT 150~180 s 或 APTT 65~90 s 均未出现血栓栓塞或血凝块情况。通过使用具有肝素涂层的管路、设置较高的流速,减少了全身肝素使用剂量,降低了出血风险的同时减少了血栓栓塞症的发生。

3 讨论

本组病例中,在排除不可逆性脑损伤及无法控制的大出血后,3 例因严重肺挫裂伤、1 例因支气管断裂导致严重呼吸窘迫选择 VV-ECMO 模式,1 例心脏挫伤、1 例心脏破裂、2 例心搏骤停因循环不稳定选择 VA-ECMO 模式,上机适应证也与现有的研究结果相符^[6, 20]。对于严重胸部外伤而言,需要密切监测疾病的发展趋势,不应拘泥于现有的上机时机,ECMO 团队的经验及家属意愿有时是起决定性作用的,可选择适当放宽指征,在疾病尚未进展到不可逆阶段时,早期采用 ECMO 治疗,使患者获得最大效益。

本研究中 8 例患者均采用 5 000 U 肝素预充管路,上机后通过密切监测生命体征、凝血功能、血常规等指标,在活动性出血得到控制后选择个体化抗凝策略。在合并出血性休克及凝血功能障碍的患者中,按照创伤后大出血和凝血障碍管理指南^[26]进行输血。8 例患者均未出现脑出血及其他不可控大出血;1 例出现下肢动脉血栓,通过手术取栓未遗留下肢缺血后遗症。证实个体化抗凝策略相对安全可行。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Zonies D, Merkel M. Advanced extracorporeal therapy in trauma [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2016, 22 (6): 578–583. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000366.
- [2] Menaker J, Tesoriero RB, Tabatabai A, et al. Veno-venous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO) for acute respiratory failure following injury: outcomes in a high-volume adult trauma center with a dedicated unit for VV ECMO [J]. *World J Surg*, 2018, 42 (8): 2398–2403. DOI: 10.1007/s00268-018-4480-6.
- [3] Kruit N, Prusak M, Miller M, et al. Assessment of safety and bleeding risk in the use of extracorporeal membrane oxygenation for multitrauma patients: a multicenter review [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2019, 86 (6): 967–973. DOI: 10.1097/TA.0000000000002242.
- [4] Bedeir K, Seethala R, Kelly E. Extracorporeal life support in trauma: worth the risks? A systematic review of published series [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, 82 (2): 400–406. DOI: 10.1097/TA.0000000000001292.
- [5] 李建伟, 梁宏开, 吴桂深, 等. 体外膜肺氧合在成人急性呼吸窘迫综合征中的临床应用 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2017, 24 (1): 40–43. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2017.01.013.
- [6] Swol J, Brodie D, Napolitano L, et al. Indications and outcomes of extracorporeal life support in trauma patients [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 84 (6): 831–837. DOI: 10.1097/TA.0000000000001895.
- [7] 田仁斌, 陈松, 宋扬. ECMO 支持下成功救治成人重症胸外伤 1 例 [J]. *中华危重病急救医学*, 2021, 33 (10): 1257–1259. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200424-00328.
- [8] Misselbrook GP, Hameed SM, Garraway N, et al. VA-ECMO as a salvage strategy for blunt cardiac injury in the context of multisystem trauma [J]. *BMJ Case Rep*, 2021, 14 (4): e241034. DOI: 10.1136/bcr-2020-241034.
- [9] Tseng YH, Wu TI, Liu YC, et al. Venoarterial extracorporeal life support in post-traumatic shock and cardiac arrest: lessons learned [J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2014, 22: 12. DOI: 10.1186/1757-7241-22-12.
- [10] Huh U, Song S, Chung SW, et al. Is extracorporeal cardiopulmonary resuscitation practical in severe chest trauma? A systematic review in single center of developing country [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, 83 (5): 903–907. DOI: 10.1097/TA.0000000000001680.
- [11] Wang CT, Zhang L, Qin T, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in trauma patients: a systematic review [J]. *World J Emerg Surg*, 2020, 15 (1): 51. DOI: 10.1186/s13017-020-00331-2.
- [12] Lee SK, Gongora E, O'Donnell S, et al. Intraoperative rescue extracorporeal membrane oxygenation and damage control during repair of a traumatic aortic injury [J]. *J Surg Case Rep*, 2017, 2017 (2): rjx022. DOI: 10.1093/jsr/rjx022.
- [13] Lang NW, Schwihla I, Weihs V, et al. Survival rate and outcome of extracorporeal life support (ECLS) for treatment of acute cardiorespiratory failure in trauma patients [J]. *Sci Rep*, 2019, 9 (1): 12902. DOI: 10.1038/s41598-019-49346-z.
- [14] 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.
- [15] 中国医师协会呼吸医师分会危重症医学专业委员会, 中华医学会呼吸病学分会危重症医学学组. 体外膜式氧合治疗成人重症呼吸衰竭推荐意见 [J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2019, 42 (9): 660–684. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2019.09.006.
- [16] 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. DOI: 10.1097/MAT.0000000000001432.
- [17] Combes A, Hajage D, Capellier G, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome [J]. *N Engl J Med*, 2018, 378 (21): 1965–1975. DOI: 10.1056/NEJMoa1800385.
- [18] 侯晓彤, 杨峰, 童朝晖, 等. 中国开展成人体外膜肺氧合项目建议书 [J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26 (11): 769–772. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.11.001.
- [19] Strumwasser A, Tobin JM, Henry R, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in trauma: a single institution experience and review of the literature [J]. *Int J Artif Organs*, 2018, 41 (12): 845–853. DOI: 10.1177/0391398818794111.
- [20] Amos T, Bannon-Murphy H, Yeung M, et al. ECMO (extra corporeal membrane oxygenation) in major trauma: a 10 year single centre experience [J]. *Injury*, 2021, 52 (9): 2515–2521. DOI: 10.1016/j.injury.2021.03.058.
- [21] 吕康, 韩荣燕, 周光居, 等. 体外膜肺氧合在严重创伤救治中的应用研究进展 [J]. *中华创伤杂志*, 2021, 37 (8): 761–767. DOI: 10.3760/cma.j.cn501098-20210313-00170.
- [22] Zangrillo A, Landoni G, Biondi-Zoccai G, et al. A meta-analysis of complications and mortality of extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Crit Care Resusc*, 2013, 15 (3): 172–178.
- [23] Lv XC, Deng MJ, Wang L, et al. Low vs standardized dose anticoagulation regimens for extracorporeal membrane oxygenation: a meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2021, 16 (4): e0249854. DOI: 10.1371/journal.pone.0249854.
- [24] Lorusso R, Gelsomino S, Parise O, et al. Neurologic injury in adults supported with veno-venous extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure: findings from the Extracorporeal Life Support Organization Database [J]. *Crit Care Med*, 2017, 45 (8): 1389–1397. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002502.
- [25] Arlt M, Philipp A, Voelkel S, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe trauma patients with bleeding shock [J]. *Resuscitation*, 2010, 81 (7): 804–809. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.02.020.
- [26] Spahn DR, Bouillon B, Cerny V, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition [J]. *Crit Care*, 2019, 23 (1): 98. DOI: 10.1186/s13054-019-2347-3.

(收稿日期: 2022-10-31)

(责任编辑: 邸美仙)