

· 论著 ·

输血治疗与接受体外膜肺氧合治疗患者发生院内感染及死亡的关系研究



扫描二维码
查看更多

扎亚, 王宝珠, 阿迪拉·阿扎提

【摘要】 目的 分析输血治疗与接受体外膜肺氧合 (ECMO) 治疗患者发生院内感染及死亡的关系。方法 回顾性选取2017年12月至2022年7月在新疆医科大学第一附属医院住院并接受ECMO治疗的成年患者83例为研究对象。所有患者接受动脉-静脉体外膜肺氧合 (VA-ECMO) 治疗, 患者如在ECMO治疗过程中发生大量失血 (出血量 >20 ml/kg), 则进行输血治疗。收集患者的临床资料, 根据患者是否进行输血治疗, 将其分为输血组 ($n=45$) 和未输血组 ($n=38$)。采用多因素Logistic回归分析探讨接受ECMO治疗患者发生院内感染、死亡的影响因素。结果 输血组心源性休克发生率、联合主动脉内球囊反搏 (IABP) 治疗者占比、ECMO治疗前进行心肺复苏者占比和ECMO治疗后白细胞计数 (WBC)、中性粒细胞计数 (N)、国际标准化比值 (INR)、天冬氨酸氨基转移酶 (AST)、丙氨酸氨基转移酶 (ALT)、乳酸及院内感染发生率、死亡率高于未输血组, ECMO治疗前血红蛋白 (Hb)、红细胞计数 (RBC)、血小板计数 (PLT) 和ECMO治疗后Hb、RBC、PLT、纤维蛋白原 (FIB)、白蛋白低于未输血组 ($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示, 输血治疗是接受ECMO治疗患者发生院内感染的影响因素 [$OR=5.499$, $95\%CI$ (1.451, 21.848)], $P<0.05$; ECMO治疗后左心室射血分数 [$OR=0.899$, $95\%CI$ (0.816, 0.991)]、乳酸 [$OR=1.595$, $95\%CI$ (1.120, 2.269)] 是接受ECMO治疗患者死亡的影响因素 ($P<0.05$)。结论 输血治疗是接受ECMO治疗患者发生院内感染的危险因素, 而与患者死亡无关。

【关键词】 体外膜肺氧合作用; 输血; 感染; 死亡; 影响因素分析

【中图分类号】 R 654.1 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.012

Relationship between Blood Transfusion Therapy and Nosocomial Infection and Death in Patients Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation ZHA Ya, WANG Baozhu, ADILA · Azhati

Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China

Corresponding author: ADILA · Azhati, E-mail: adlndl@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the relationship between blood transfusion therapy and nosocomial infection and death in patients receiving extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). **Methods** A total of 83 adult patients who were hospitalized in the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University and received ECMO treatment from December 2017 to July 2022 were retrospectively selected as the study subjects. All patients received venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) treatment. If a large amount of blood loss (>20 ml/kg of blood loss) occurred during the ECMO treatment, patients should receive blood transfusion therapy. The clinical data of patients were collected and patients were divided into blood transfusion group ($n=45$) and non blood transfusion group ($n=38$) according to whether they received blood transfusion therapy. Multivariate Logistic regression analysis was used to investigate the influencing factors of nosocomial infection and death in patients receiving ECMO treatment. **Results** The incidence of cardiogenic shock, the proportion of patients treated with intra aortic balloon pump (IABP), the proportion of patients undergoing cardiopulmonary resuscitation before ECMO treatment, white blood cell count (WBC), neutrophil count (N), international normalized ratio (INR), aspartate transaminase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and lactic acid after ECMO treatment, the incidence of nosocomial infection and mortality in the blood transfusion group were higher than those in the non blood transfusion group, hemoglobin (Hb), red blood cell count (RBC) and platelet count (PLT) before ECMO treatment and Hb, RBC, PLT, fibrinogen (FIB) and albumin after ECMO treatment in blood transfusion group were lower than those in non blood transfusion group ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that blood transfusion therapy was an influencing factor of nosocomial infection in patients receiving ECMO treatment [$OR=5.499$, $95\%CI$ (1.451, 21.848)], $P<0.05$; left ventricular ejection fraction [$OR=0.899$, $95\%CI$ (0.816, 0.991)] and lactic

acid [OR=1.595, 95%CI (1.120, 2.269)] after ECMO treatment were influencing factors of the death of patients receiving ECMO treatment ($P < 0.05$). **Conclusion** Blood transfusion therapy was a risk factor for nosocomial infection in patients receiving ECMO treatment, but was not associated with death.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; Blood transfusion; Infections; Death; Root cause analysis

体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 是一种有效的体外心肺机械辅助技术, 该技术将部分静脉血液从体内引流至体外, 经膜肺氧合后再由驱动泵将氧合的血液泵入人体内, 其可同时提供双心室联合呼吸辅助, 在各种原因导致的常规治疗无效的循环衰竭和/或呼吸衰竭的治疗中发挥了重要作用^[1], 极大地提升了患者的存活率^[2-3]。在ECMO治疗过程中, 血流动力学的改变 (如血流停滞、湍流等) 影响了红细胞膜的稳定性, 同时红细胞受到体外循环管路的高剪切力和膜氧合器的压差影响, 其聚集性和可变形性发生改变, 易引起出血和溶血。另外, 如果红细胞的可变形性降低, 将对微循环产生巨大影响^[4]。为此, 部分接受ECMO治疗的患者常需要进行输血治疗。而输血制品中的免疫神经递质可引起免疫抑制及炎症反应^[5]。近期研究表明, 输注悬浮红细胞、新鲜冷冻血浆或血小板与心脏手术后的感染率及死亡率呈剂量依赖关系^[6]。而接受ECMO治疗的患者常合并心源性休克、重症肺炎等, 其病情危重, 对其进行输血治疗是否增加其感染率及死亡率仍有待进一步讨论, 且相关研究缺乏。本研究旨在分析输血治疗与接受ECMO治疗患者发生院内感染及死亡的关系, 以期接受ECMO治疗患者的临床治疗提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性选取2017年12月至2022年7月在新疆医科大学第一附属医院住院并接受ECMO治疗的成年患者83例为研究对象。纳入标准: (1) 住院期间接受ECMO治疗; (2) 年龄 ≥ 18 周岁; (3) ECMO治疗前未接受过输血治疗。排除标准: (1) ECMO治疗后血红蛋白 (hemoglobin, Hb) < 70 g/L者; (2) 临床资料不全者。

1.2 治疗方法 所有患者接受动脉-静脉体外膜肺氧合 (venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO) 治疗, 在超声引导下穿刺股动脉、股静脉以建立体外循环通路, 使用国产氧合器 (D905 EOS ECMO) 和国产体外循环管道 (成人型AB2415) 以及进口体外循环套件 (BE-PLS2050) 和进口离子泵头 (Revolution5) 进行VA-ECMO治疗, 转速为2 000~2 800 r/min, 泵流量为1.5~2.5 L/min。本研究的输血制品为悬浮红细胞, 由乌鲁木齐市血站提供, 患者如在ECMO治疗过程中发生大量失血 (出血量 > 20 ml/kg), 则进行输血治疗。

1.3 资料收集 在新疆医科大学第一附属医院嘉禾电子病历系统中收集患者的临床资料, 包括一般资料 [性别、年龄、吸烟史、饮酒史、疾病史 (冠心病、高血压、糖尿病)、基础疾病 (包括心源性休克、心搏骤停、急性心肌梗死、暴发性心肌炎、难治性室性心动过速)]、ECMO治疗方法 [是否联合主动脉内球囊反搏 (intra aortic balloon pump, IABP) 治疗]、ECMO治疗前是否进行心肺复苏、是否进行ECMO治疗、ECMO治疗后第1天左心室射血分数、实验室检查指标 {ECMO治疗前及ECMO治疗后第1天血常规三系指标 [Hb、红细胞计数 (red blood cell count, RBC)、白细胞计数 (white blood cell count, WBC)、血小板计数 (platelet count, PLT)、中性粒细胞计数 (neutrophil count, N)] 及ECMO治疗后第1天国际标准化比值 (international normalized ratio, INR)、纤维蛋白原 (fibrinogen, FIB)、天冬氨酸氨基转移酶 (aspartate transaminase, AST)、丙氨酸氨基转移酶 (alanine aminotransferase, ALT)、乳酸、肌酐、白蛋白}、院内感染 (由主治及以上资质医师确诊的感染性疾病, 包括肺部感染、泌尿道感染、皮肤软组织感染等) 发生情况、死亡 [包括心源性死亡、因多器官功能障碍综合征 (multiple organ dysfunction syndrome, MODS) 死亡] 情况。根据患者是否进行输血治疗, 将其分为输血组 ($n=45$) 和未输血组 ($n=38$)。

1.4 统计学方法 使用Microsoft Excel 2019建立患者信息资料库, 所有数据使用SPSS 25.0进行分析。符合正态分布的计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用两独立样本 t 检验; 不符合正态分布的计量资料以 $M (P_{25}, P_{75})$ 表示, 组间比较采用非参数检验; 计数资料以相对数表示, 组间比较采用 χ^2 检验; 采用多因素Logistic回归分析探讨接受ECMO治疗患者发生院内感染、死亡的影响因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 输血组和未输血组临床资料比较 输血组和未输血组性别, 年龄, 有吸烟史、饮酒史、冠心病史、高血压史、糖尿病史者占比, 心搏骤停、急性心肌梗死、暴发性心肌炎、难治性室性心动过速发生率, ECMO治疗后左心室射血分数、肌酐, ECMO治疗前WBC、N比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 输血组心源性休克发生率、联合IABP治疗者占比、ECMO治疗前进行心肺复苏者占比和ECMO治疗后WBC、N、INR、AST、

ALT、乳酸及院内感染发生率、死亡率高于未输血组，ECMO治疗前Hb、RBC、PLT和ECMO治疗后Hb、RBC、PLT、FIB、白蛋白低于未输血组，差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，见表1。

2.2 接受ECMO治疗患者发生院内感染影响因素的多因素Logistic回归分析 结合临床经验，参考既往相关文献^[6]，以年龄（实测值）、冠心病史（赋值：有=1，无=0）、高血压史（赋值：有=1，无=0）、糖尿病史（赋值：有=1，无=0）、输血治疗情况（赋值：是=1，否=0）、ECMO治疗前WBC（实测值）、ECMO治疗前N（实测值）为自变量，以接受ECMO治疗患者是否发生院内感染为因变量（赋值：是=1，否=0），进行多因素Logistic回归分析，结果显示，输血治疗是接受ECMO治疗患者发生院内感染的影响因素 ($P < 0.05$)，见表2。

2.3 接受ECMO治疗患者死亡影响因素的多因素Logistic回归分析 结合临床经验，参考既往相关文献^[6]，以年龄（实测值）、ECMO治疗前进行心肺复苏情况（赋值：是=1，否=0）、输血治疗情况（赋值：是=1，否=0）、ECMO治疗后左心室射血分数（实测值）、ECMO治疗后乳酸（实测值）为自变量，接受ECMO治疗患者死亡情况为因变量（赋值：是=1，否=0），进行多因素Logistic回归分析，结果显示，ECMO治疗后左心室射血分数、乳酸是接受ECMO治疗患者死亡的影响因素 ($P < 0.05$)，见表3。

表1 输血组和未输血组临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical data between transfusion group and non-transfusion group

项目	输血组 (n=45)	未输血组 (n=38)	检验统计量值	P值
性别 (男/女)	32/13	29/9	0.286 ^a	0.592
年龄 [M (P ₂₅ , P ₇₅), 岁]	59 (53, 70)	62 (55, 71)	-0.818 ^b	0.413
吸烟史 [n (%)]	21 (46.7)	16 (42.1)	0.174 ^a	0.677
饮酒史 [n (%)]	11 (24.4)	14 (36.8)	1.504 ^a	0.220
冠心病史 [n (%)]	15 (33.3)	15 (39.5)	0.337 ^a	0.562
高血压史 [n (%)]	26 (57.8)	26 (68.4)	0.997 ^a	0.318
糖尿病史 [n (%)]	15 (33.3)	15 (39.5)	0.337 ^a	0.562
基础疾病 [n (%)]				
心源性休克	11 (24.4)	0	10.708 ^a	0.001
心搏骤停	3 (6.7)	1 (2.6)	0.116 ^a	0.733
急性心肌梗死	21 (46.7)	16 (42.1)	0.174 ^a	0.677
暴发性心肌炎	1 (2.2)	0	-	-
难治性室性心动过速	10 (22.2)	3 (7.9)	3.020 ^a	0.074
联合IABP治疗 [n (%)]	22 (48.9)	8 (21.1)	6.917 ^a	0.009
ECMO治疗前进行心肺复苏 [n (%)]	21 (46.7)	3 (7.9)	15.068 ^a	<0.001
ECMO治疗后左心室射血分数 ($\bar{x} \pm s, \%$)	48.2 ± 11.5	51.5 ± 9.5	1.424 ^c	0.158

(续表1)

项目	输血组 (n=45)	未输血组 (n=38)	检验统计量值	P值
Hb [M (P ₂₅ , P ₇₅), g/L]				
ECMO治疗前	102 (101, 114)	117 (101, 132)	-2.990 ^b	0.003
ECMO治疗后	91 (84, 105)	109 (94, 117)	-3.411 ^b	0.001
RBC [M (P ₂₅ , P ₇₅), × 10 ¹² /L]				
ECMO治疗前	3.4 (2.9, 3.7)	3.9 (3.3, 4.5)	-2.957 ^b	0.003
ECMO治疗后	3.0 (2.7, 3.5)	3.7 (3.1, 4.0)	-3.405 ^b	0.001
WBC [M (P ₂₅ , P ₇₅), × 10 ⁹ /L]				
ECMO治疗前	10.8 (8.8, 15.5)	9.7 (8.3, 11.9)	-1.398 ^b	0.162
ECMO治疗后	11.0 (8.4, 14.1)	9.2 (8.0, 10.6)	-2.578 ^b	0.010
PLT [M (P ₂₅ , P ₇₅), × 10 ⁹ /L]				
ECMO治疗前	161 (124, 250)	188 (162, 261)	-2.908 ^b	0.036
ECMO治疗后	125 (96, 178)	180 (145, 229)	-3.355 ^b	0.001
N [M (P ₂₅ , P ₇₅), × 10 ⁹ /L]				
ECMO治疗前	9.1 (6.7, 13.3)	7.8 (5.8, 9.9)	-1.901 ^b	0.057
ECMO治疗后	9.1 (6.3, 12.6)	6.5 (4.8, 8.0)	-3.415 ^b	0.001
ECMO治疗后INR [M (P ₂₅ , P ₇₅)]	1.3 (1.1, 1.5)	1.1 (1.0, 1.2)	-2.955 ^b	0.003
ECMO治疗后FIB [M (P ₂₅ , P ₇₅), g/L]	3.0 (2.7, 3.6)	3.5 (3.1, 4.0)	-2.719 ^b	0.007
ECMO治疗后AST [M (P ₂₅ , P ₇₅), U/L]	67 (24, 525)	28 (19, 54)	-2.911 ^b	0.004
ECMO治疗后ALT [M (P ₂₅ , P ₇₅), U/L]	60 (24, 215)	29 (19, 58)	-2.203 ^b	0.028
ECMO治疗后乳酸 [M (P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	2.4 (1.4, 4.4)	1.4 (1.2, 2.2)	-3.318 ^b	0.002
ECMO治疗后肌酐 [M (P ₂₅ , P ₇₅), μmol/L]	84 (69, 100)	74 (56, 91)	-1.686 ^b	0.092
ECMO治疗后白蛋白 ($\bar{x} \pm s, \text{g/L}$)	30.3 ± 5.8	35.8 ± 4.1	5.035 ^a	<0.001
院内感染 [n (%)]	16 (35.6)	4 (10.5)	7.057 ^a	0.008
死亡 [n (%)]	11 (24.4)	0	10.708 ^a	0.001

注：IABP=主动脉内球囊反搏，ECMO=体外膜肺氧合，Hb=血红蛋白，RBC=红细胞计数，WBC=白细胞计数，PLT=血小板计数，N=中性粒细胞计数，INR=国际标准化比值，FIB=纤维蛋白原，AST=天冬氨酸氨基转移酶，ALT=丙氨酸氨基转移酶；^a表示 χ^2 值，^b表示Z值，^c表示t值，-表示结果不存在

表2 接受ECMO治疗患者发生院内感染影响因素的多因素Logistic回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of nosocomial infection in patients receiving ECMO

变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
年龄	-0.009	0.024	0.138	0.711	0.991	(0.946, 1.039)
冠心病史	-0.677	0.699	0.940	0.332	0.508	(0.129, 1.998)
高血压史	0.572	0.687	0.694	0.405	1.772	(0.461, 6.805)
糖尿病史	1.010	0.636	2.520	0.112	2.747	(0.789, 9.562)
输血治疗	1.705	0.680	6.286	0.012	5.499	(1.451, 21.848)
ECMO治疗前WBC	0.192	0.155	1.537	0.215	1.211	(0.895, 1.640)
ECMO治疗前N	-0.107	0.167	0.410	0.522	0.899	(0.648, 1.246)

表3 接受ECMO治疗患者死亡影响因素的多因素Logistic回归分析
Table 3 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of death in patients receiving ECMO

变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
年龄	-0.023	0.038	0.358	0.550	0.978	(0.908, 1.053)
ECMO治疗前进行心肺复苏	0.119	1.056	0.013	0.910	1.126	(0.142, 8.924)
输血治疗	18.520	6 153.412	<0.001	0.998	110 425 914.700	(0, ∞)
ECMO治疗后左心室射血分数	-0.106	0.050	4.567	0.033	0.899	(0.816, 0.991)
ECMO治疗后乳酸	0.467	0.180	6.714	0.010	1.595	(1.120, 2.269)

3 讨论

在ECMO治疗过程中,红细胞受到体外循环管路的高剪切力和膜氧合器的压差影响,细胞膜的性质发生改变,导致其易破裂并引发出血和溶血。据报道,接受ECMO治疗的患者出血并发症的发生率高达40%^[7],这导致患者对输血治疗的需求增加,但目前关于接受ECMO治疗患者的输血治疗策略,国内外研究尚无定论^[8]。分析原因可能是很少有研究能够评估输注悬浮红细胞对患者带来的不良反应,故无法权衡输血治疗的利弊。而了解输注悬浮红细胞对患者带来的不良反应,将有助于指导血液制品的合理使用,并使患者获益。有研究表明,输注悬浮红细胞与患者发生院内感染和死亡有关^[6],而输血治疗是否增加接受ECMO治疗患者的感染率及死亡率仍有待进一步讨论。本研究旨在分析输血治疗与接受ECMO治疗患者发生院内感染及死亡的关系。

本研究结果显示,输血组ECMO治疗前Hb、RBC、PLT低于未输血组,分析原因为输血组患者在ECMO治疗期间发生了大量失血;而输血组ECMO治疗后Hb、RBC、PLT仍低于未输血组,分析原因为输血组有较多患者接受IABP治疗,在ECMO治疗的同时进行IABP治疗会进一步导致血液稀释、消耗^[9]。本研究结果还显示,输血组ECMO治疗后WBC、N高于未输血组,这说明输血组患者存在炎症反应;输血组ECMO治疗后白蛋白低于未输血组,分析原因为在炎症状态下,毛细血管通透性增加,可导致白蛋白渗出,进而引起白蛋白降低^[10]。另外,本研究结果还显示,输血组ECMO治疗后AST、ALT高于未输血组,说明输血组患者肝功能出现异常,而关于ECMO治疗后出现肝功能异常的原因目前国内外研究尚未阐明,有待今后研究进一步讨论。此外,输血组ECMO治疗后乳酸高于未输血组,说明输血组患者组织灌注不良,提示其预后可能较差^[11]。本研究结果还显示,输血组ECMO治疗后INR高于未输血组、FIB低于未输血组,说明输血组患者凝血功能出现异常,这考虑与患者大量失血、肝功能异常及应用抗凝药物有关。

有研究发现,输注悬浮红细胞是心脏手术后患者发生院内感染的独立危险因素^[6]。本研究结果亦显

示,输血组院内感染发生率高于未输血组,且多因素Logistic回归分析结果显示,输血治疗是接受ECMO治疗患者发生院内感染的危险因素。输血制品中含有多种免疫神经递质,如残余白细胞、老化红细胞、残余血小板和细胞外囊泡等,这些免疫神经递质能够促进抗炎细胞因子释放,抑制单核/巨噬细胞释放,导致中性粒细胞活性降低、自然杀伤细胞活性降低、免疫细胞凋亡、T淋巴细胞活性降低及增殖受损^[9],从而诱导患者发生免疫抑制,使其发生感染性疾病。

有研究表明,输注悬浮红细胞产生的免疫抑制反应会对危重症患者的预后产生不良影响^[5]。LOPINTO等^[12]进行的单中心回顾性队列研究显示,输注悬浮红细胞与危重症患者死亡率升高相关。同时GUIMBRETIERE等^[13]的前瞻性研究结果显示,ECMO治疗与血制品大量消耗有关,大量输注血制品与患者发生院内死亡有关。本研究结果显示,输血组死亡率高于未输血组,但多因素Logistic回归分析结果显示,ECMO治疗后左心室射血分数、乳酸是接受ECMO治疗患者死亡的影响因素,而并未发现输血治疗是接受ECMO治疗患者死亡的影响因素,与上述研究结果^[12-13]不符,考虑与上述研究并未对患者自身的病情严重程度进行细致评价有关。本研究结果还显示,输血组心源性休克发生率、联合IABP治疗者占比、ECMO治疗前进行心肺复苏者占比高于未输血组,说明输血组患者病情比较危重,这可能是导致其死亡的主要原因,而与输血治疗并无直接因果关系。因此,笔者认为ECMO治疗期间给予患者输血治疗是可行的,但应尽可能减少输血治疗产生的不良反应,如院内感染。而减少输血治疗产生的不良反应,最重要的是制定最佳输血治疗策略。SROUJI等^[14]研究表明,输血治疗产生的影响可能是患者病情与不良反应共同作用的结果,因而需要个性化地制定接受ECMO治疗患者的输血治疗策略。近期有关最佳输血治疗策略的研究主要涉及设置严格的输血阈值^[15]和使用去白细胞的悬浮红细胞输血制品^[16]两方面,但相关研究相对缺乏,仍需进一步探索接受ECMO治疗患者的最佳输血治疗策略。

综上所述,输血治疗是接受ECMO治疗患者发生院内感染的危险因素,而与患者死亡无关。但本研究尚存

在一定局限性：首先，本研究为单中心的回顾性研究，且样本量较小，研究结果可能存在一定偏倚。另外，本研究缺乏更加详细的临床资料，无法更加细致地评价输注单位剂量的悬浮红细胞对接受ECMO治疗患者发生院内感染或死亡的影响。因此，尚需要多中心、大样本量的随机对照研究进一步评价输血治疗及其剂量与接受ECMO治疗患者发生院内感染及死亡的关系。

作者贡献：扎亚进行文章的构思与设计，文献/资料收集、整理，数据的统计学处理，撰写与修订论文；扎亚、王宝珠进行研究的实施与可行性分析、结果的分析与解释；阿迪拉·阿扎提负责文章的质量控制及审核，对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 何立芸, 牛杰. 成人体外膜肺氧合的应用及并发症 [J]. 中国医学前沿杂志 (电子版), 2019, 11 (3): 前插1, 1-前插1, 7. DOI: 10.12037/YXQY.2019.03-01.
- [2] KARAGIANNIDIS C, BRODIE D, STRASSMANN S, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: evolving epidemiology and mortality [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (5): 889-896. DOI: 10.1007/s00134-016-4273-z.
- [3] 周亮, 邵敏, 王昌会, 等. 接受体外膜肺氧合治疗患者预后的影响因素研究 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2020, 28 (9): 46-51. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.09.010.
- [4] LANSINK-HARTGRING A O, HOFFMANN R, VAN DEN BERGH W, et al. Changes in red blood cell properties and platelet function during extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Clin Med*, 2020, 9 (4): 1168. DOI: 10.3390/jcm9041168.
- [5] MUSZYNSKI J A, SPINELLA P C, CHOLETTE J M, et al. Transfusion-related immunomodulation: review of the literature and implications for pediatric critical illness [J]. *Transfusion*, 2017, 57 (1): 195-206. DOI: 10.1111/trf.13855.
- [6] Transfusion of red blood cells, fresh frozen plasma, or platelets is associated with mortality and infection after cardiac surgery in a dose-dependent manner [J]. *Anesth Analg*, 2020, 130 (2): e32. DOI: 10.1213/ANE.0000000000004528.
- [7] CHENG R, HACHAMOVITCH R, KITTLESON M, et al. Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1, 866 adult patients [J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97 (2): 610-616. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2013.09.008.
- [8] 司念, 李可, 魏晴. 体外膜肺氧合支持下的输血策略 [J]. *临床输血与检验*, 2021, 23 (4): 412-415. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2021.04.002.
- [9] KASEER H, SOTO-ARENALL M, SANGHAVI D, et al. Heparin vs bivalirudin anticoagulation for extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Card Surg*, 2020, 35 (4): 779-786. DOI: 10.1111/jocs.14458.
- [10] ECKART A, STRUJA T, KUTZ A, et al. Relationship of nutritional status, inflammation, and serum albumin levels during acute illness: a prospective study [J]. *Am J Med*, 2020, 133 (6): 713-722.e7. DOI: 10.1016/j.amjmed.2019.10.031.
- [11] SMITH M, VUKOMANOVIC A, BRODIE D, et al. Duration of veno-arterial extracorporeal life support (VA ECMO) and outcome: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) registry [J]. *Crit Care*, 2017, 21 (1): 45. DOI: 10.1186/s13054-017-1633-1.
- [12] LO PINTO H, ALLYN J, PERSICHINI R, et al. Predictors of red blood cell transfusion and its association with prognosis in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Int J Artif Organs*, 2018, 41 (10): 644-652. DOI: 10.1177/0391398818785132.
- [13] GUIMBRETIERE G, ANSELMINI A, ROISNE A, et al. Prognostic impact of blood product transfusion in VA and VV ECMO [J]. *Perfusion*, 2019, 34 (3): 246-253. DOI: 10.1177/0267659118814690.
- [14] SROUJI L S, MOORE-CLINGENPEEL M, HENSLEY J, et al. Shock severity modifies associations between RBC transfusion in the first 48 hours of sepsis onset and the duration of organ dysfunction in critically ill septic children [J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2020, 21 (8): e475-484. DOI: 10.1097/pcc.0000000000002338.
- [15] CARSON J L, STANWORTH S J, DENNIS J A, et al. Transfusion thresholds for guiding red blood cell transfusion [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 12 (12): CD002042. DOI: 10.1002/14651858.CD002042.pub5.
- [16] JACKSON H T, OYETUNJI T A, THOMAS A, et al. The impact of leukoreduced red blood cell transfusion on mortality of neonates undergoing extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Surg Res*, 2014, 192 (1): 6-11. DOI: 10.1016/j.jss.2014.06.013.

(收稿日期: 2022-09-21; 修回日期: 2022-11-02)

(本文编辑: 崔丽红)