

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2021.06.02

心脏术后静脉-动脉体外膜氧合辅助患者 血管并发症对预后的影响及危险因素分析

徐 博,蔡 彤,李呈龙,杜中涛,杨 峰,崔永超,邢智辰,辛 萌,王鹏程,江春景,贾 明,王 红,侯晓彤

[摘要]:目的 对接受静脉-动脉体外膜氧合(V-A ECMO)辅助的心脏术后心源性休克患者血管并发症的发生情况进行分析,评估血管并发症发生的危险因素以及对患者预后的影响。**方法** 本研究为单中心回顾性研究,纳入2017年1月至2020年12月接受股静脉-股动脉V-A ECMO辅助的成人心脏术后心源性休克(PCS)患者,根据有无血管并发症将患者分为两组,比较临床预后,并采用多因素分析确定血管并发症的危险因素。**结果** 331例接受V-A ECMO治疗的PCS患者中,118例(35.6%)发生血管并发症,其中6例(1.8%)出现下肢缺血或插管处动脉血栓需手术干预,16例(4.8%)插管部位出血需要手术干预,其余96例(29.0%)出现轻度下肢缺血无须处理。年龄大于或等于60岁(OR 1.797, $P=0.020$)、ECMO前6h血乳酸水平(OR 1.062, $P=0.002$)、ECMO前6h序贯器官衰竭(SOFA)评分(OR 1.160, $P=0.025$)、单纯冠状动脉旁路移植术(CABG)(OR 0.576, $P=0.032$)与血管并发症相关。有和无血管并发症患者的住院生存率分别为22.9%和45.5%($P<0.001$)。**结论** 血管并发症与较高的住院死亡率相关。年龄大于或等于60岁、ECMO前6h血乳酸水平及SOFA评分是发生血管并发症的独立危险因素,而单纯CABG术则为血管并发症发生的独立保护性因素。

[关键词]: 心源性休克;静脉-动脉;体外膜氧合;并发症;插管;结局;心脏手术

Effect of vascular complications on prognosis and risk factors analysis in patients supported with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation after cardiac surgery

Xu Bo, Cai Tong, Li Chenglong, Du Zhongtao, Yang Feng, Cui Yongchao, Xing Zhichen, Xin Meng, Wang Pengcheng, Jiang Chunjing, Jia Ming, Wang Hong, Hou Xiaotong
Center for Cardiac Intensive Care, Beijing Institute of Heart Lung and Blood Vessels Diseases, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China
Corresponding author: Hou Xiaotong, Email: xt.hou@ccmu.edu.cn

[Abstract]: Objective This study was designed to analyze the incidence of vascular complications in patients with postcardiotomy cardiogenic shock (PCS) assisted by veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA ECMO), and to evaluate the risk factors of vascular complications and their impact on the prognosis of patients. **Methods** Adult PCS patients receiving femoral VA ECMO from January 2017 to December 2020 were enrolled in this study. Patients were divided into two groups according to the presence or absence of vascular complications. Clinical outcomes were compared between the two groups. Multivariable logistic regression was performed to identify risk factors independently associated with vascular complications. **Results** Among 331 patients with PCS treated with VA ECMO, 118 (35.6%) had vascular complications, in which there were 6 patients (1.8%) with severe extremity ischemia or thrombosis needed surgical intervention, 16 patients (4.8%) with uncontrolled bleeding needed surgical intervention, and 96 patients (29.0%) with mild extremity ischemia. Age ≥ 60 years (OR 1.797, $P=0.020$), blood lactate level 6 hours before ECMO (OR 1.062, $P=0.002$), sequential organ failure assessment (SOFA) 6 hours before ECMO (OR 1.160, $P=0.025$), and simple coronary artery bypass grafting (CABG) (OR 0.576, $P=0.032$) were associated with vascular complications. The in-hospital survival rates of patients with and without vascular complications were 22.9% and 45.5%, respectively ($P<0.001$). **Conclusion** Vascular complications was

基金项目:国家重点研发计划(2016YHC1301001);北京市医院管理中心临床医学发展专项项目(ZYLX202111);北京市医院管理中心“登峰”计划专项项目(FDL20190601)

作者单位:100029 北京,首都医科大学附属北京安贞医院心脏外科危重症中心 北京市心肺血管疾病研究所

通信作者:侯晓彤,Email: xt.hou@ccmu.edu.cn

associated with higher in-hospital mortality among adult PCS patients receiving peripheral VA-ECMO support. Age ≥ 60 years, blood lactate level 6 hours before ECMO, SOFA 6 hours before ECMO were independent risk factors for vascular complications, while CABG alone was an independent protective factor.

[Key words]: Postcardiotomy cardiogenic shock; Veno-arterial; Extracorporeal membrane oxygenation; Complications; Cannulation; Outcomes; Cardiac surgery

静脉-动脉体外膜氧合(veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, V-A ECMO)是在心脏术后心源性休克(postcardiotomy cardiogenic shock, PCS)患者中广泛应用的一种临时经皮机械循环辅助装置。部分患者经过 V-A ECMO 辅助过渡到自身心功能恢复或接受更高级别心室辅助装置植入,为后续治疗提供时间^[1]。成功置管是 V-A ECMO 患者预后良好的基础,常用置管方式包括股动静脉经皮穿刺置管和外科切开置管^[2-3]。股动脉置管相关的血管并发症是 V-A ECMO 最常见、且最严重的并发症之一,包括 V-A ECMO 置管侧远端肢体缺血和出血^[4-5]。常规放置股动脉远端灌注管可以有效防止肢体远端缺血,但仍有部分患者出现下肢缺血需要外科处理,并影响到患者的预后^[6-8]。V-A ECMO 插管相关出血虽不及肢体远端缺血危及生命,但发生率较高,给 V-A ECMO 患者的管理造成困难。本研究对接受 V-A ECMO 辅助的心脏术后心源性休克患者血管并发症的发生情况进行分析,以评估血管并发症发生的危险因素以及对患者预后的影响。

1 资料与方法

1.1 临床资料 本研究为单中心回顾性研究,纳入 2017 年 1 月至 2020 年 12 月接受股静脉-股动脉(V-A) ECMO 辅助的 331 名成人 PCS 患者。对于不能脱离心肺转流(cardiopulmonary bypass, CPB)的患者在术中建立 ECMO 辅助,撤离 CPB 后返回 ICU。术后发生难治性室性心律失常、进行性心脏功能衰竭或特发性心脏骤停的患者多于 ICU 建立 ECMO 辅助,或由普通病房建立 ECMO 辅助后转入 ICU。

PCS 的临床标准包括:在正性肌力药、磷酸二酯酶抑制剂或主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)的支持下,收缩压小于 80 mmHg,中心静脉压大于 12 mmHg 且进行性升高,终末期器官衰竭[尿量小于 0.5 ml/(kg·h)]并出现代谢性酸中毒(pH 小于 7.3,血清乳酸浓度大于 3.0 mmol/L)。

1.2 ECMO 管理方法 V-A ECMO 插管由经过严

格训练的 ECMO 团队成员完成。插管采用切开直视或经皮穿刺技术置入。使用改良 Seldinger 技术完成股动静脉插管及远端灌注管的置入,股静脉插管选用 Bio-Medicus 19 Fr 或 21 Fr 插管,尖端放置于右心房水平。股动脉插管选用 Bio-Medicus 15 Fr 或 17 Fr 插管。患者的股动脉插管远端利用超声引导技术或直视下切开置入 6 Fr 远端灌注插管以保证插管同侧远端肢体灌注。

ECMO 运转后,调整 ECMO 流量,使混合静脉血氧饱和度(SvO₂)维持在 75%以上。患者插管前应用肝素(0.5 mg/kg),ECMO 辅助期间,若无活动性出血,尽早给予肝素持续静脉泵入,维持活化凝血时间(activated clotting time, ACT)180~220 s。若血红蛋白水平低于 80 g/L,则给予输注悬红。补充血小板使血小板数量维持在 50×10⁹/L 以上。

ECMO 撤机指征:使用小剂量正性肌力药物即可维持血流动力稳定;床旁超声心动检查结果提示心脏运动良好,左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) $\geq 25\%$ 。撤机前进行 ECMO 试停机试验,试停成功后拔除股动静脉插管,停止 ECMO 治疗。

1.3 观察终点 血管并发症分为严重血管并发症和轻度血管并发症。严重血管并发症定义为需要外科手术干预的 ECMO 插管部位出血或 ECMO 插管远端肢体缺血。外科手术指征包括插管部位出血需要手术止血,以及下肢缺血恶化需要手术干预(血栓清除、筋膜切开术或截肢)。需进行手术干预但因患者死亡或自动出院及转院而未进行手术干预的并发症同样记录为严重血管并发症。轻度血管并发症只记录轻度下肢缺血病例,即 ECMO 置管一侧下肢皮温凉、苍白或趾端紫绀但无需外科处理。患者的临床预后终点为住院生存及撤机成功。撤机成功定义为患者撤除 V-A ECMO 后存活超过 48 h。其他并发症包括神经系统并发症(经 CT 证实的缺血性脑卒中、出血性脑卒中及脑死亡)、高胆红素血症及合并肾替代治疗。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 26 统计学软件建立数据库并进行分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料以率或百分比表示。计量资料的比

较采 t 检验或 Mann-Whitney U 检验,计数资料的比较采用卡方检验。危险因素采用 Logistic 回归分析,单因素 $P < 0.1$ 的变量均纳入多因素分析。Kaplan Meier 法绘制生存曲线并进行比较。 $P < 0.05$ 具有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基础资料 2017 年 1 月至 2020 年 12 月期间,本研究共纳入 331 例患者,男性 235 例,平均年龄(58.8 ± 13.2)岁,接受手术类型包括冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)、瓣膜手术、CABG 合并瓣膜手术、主动脉手术、心脏移

植、经皮冠状动脉介入治疗等。体外心肺复苏(ECMO CPR, ECPR)50 例(15.1%),不能脱离 CPB 在术中建立 ECMO 212 例(64.0%)。ECMO 脱机率、住院生存率、ECMO 辅助时间、ICU 时间、住院时间、神经系统并发症、高胆红素血症、接受肾替代治疗等具体患者资料详见表 1。

2.2 血管并发症的危险因素分析 所有 331 例患者中,118 名患者(35.6%)发生血管并发症,其中 6 名患者(1.8%)出现下肢缺血或插管处动脉血栓且需手术治疗,16 名患者(4.8%)插管部位出现明显的出血或血肿,需要手术探查。其余 96 名患者出现下肢缺血、发绀等症状,但无需手术治疗。

表 1 患者基础资料与有、无血管并发症患者间的比较

项目	所有患者(n=331)	有血管并发症(n=118)	无血管并发症(n=213)	P 值
年龄(岁)	58.8±13.2	60.9±12.9	57.7±13.3	0.034
年龄≥60岁[n(%)]	169(51.2)	68(57.6)	101(47.4)	0.076
男性[n(%)]	235(71.0)	86(72.9)	149(70.0)	0.574
体表面积(m ²)	1.80±0.20	1.78±0.17	1.79±0.19	0.682
BMI(kg/m ²)	24.8±3.5	24.7±3.4	24.8±3.6	0.888
手术类型				
单纯 CABG 手术[n(%)]	114(34.3)	49(41.6)	65(30.5)	0.043
CABG+瓣膜手术[n(%)]	47(14.2)	13(11.0)	34(16.0)	0.217
瓣膜手术[n(%)]	64(18.7)	29(24.6)	35(16.4)	0.072
主动脉手术[n(%)]	17(5.1)	7(5.9)	10(4.7)	0.625
PCI[n(%)]	15(4.5)	3(2.5)	12(5.6)	0.273
心脏移植[n(%)]	15(4.5)	4(3.4)	11(5.2)	0.586
合并症				
高血压[n(%)]	162(48.9)	59(50)	103(48.4)	0.775
高脂血症[n(%)]	79(23.9)	27(22.9)	52(24.4)	0.754
糖尿病[n(%)]	86(26.0)	29(24.6)	57(26.8)	0.664
外周血管疾病[n(%)]	151(45.6)	62(52.5)	89(41.8)	0.060
吸烟史[n(%)]	125(37.8)	44(37.3)	81(38.0)	0.894
ECMO 切开建立[n(%)]	272(82.2)	103(87.3)	169(79.4)	0.070
灌注插管型号				
15 Fr[n(%)]	214(64.7)	73(61.9)	141(66.2)	0.430
17 Fr[n(%)]	117(35.3)	45(38.1)	72(33.8)	0.430
ECPR[n(%)]	50(15.1)	17(14.4)	33(15.5)	0.792
不能脱离 CPB[n(%)]	212(64.0)	80(67.8)	132(62.0)	0.290
血乳酸水平				
ECMO 前 6 h (mmol/L)	9.9±6.6	11.6±6.6	9.0±6.5	<0.001
ECMO 后 24 h (mmol/L)	7.6±6.9	10.0±7.5	6.2±6.1	<0.001
ECMO 前 SOFA 评分	9.7±2.0	10.2±1.9	9.4±2.1	0.001
联合应用 IABP[n(%)]	215(65.0)	82(69.5)	133(62.4)	0.198

注: BMI 体质量指数; CABG: 冠状动脉旁路移植术; PCI: 经皮冠状动脉介入治疗; ECMO: 体外膜氧合; ECPR: 体外心肺复苏; CPB: 心肺转流; SOFA: 序贯器官衰竭评分; IABP: 主动脉内球囊反搏

表 1 比较了有、无血管并发症的患者基础信息。有血管并发症的患者较无血管并发症的患者年龄更大 ($P = 0.034$)、ECMO 安装前 6 h ($P < 0.001$) 及安装后 24 h ($P < 0.001$) 血乳酸水平更高、ECMO 安装前 6 h SOFA (sequential organ failure assessment) 更高 ($P = 0.001$), 而无血管并发症组的患者有更高比例接受了单纯 CABG 手术 ($P = 0.043$)。两组间患者的体表面积、体重指数 (body mass index, BMI)、合并症、ECMO 建立方式及插管型号等并无统计学差异。

单因素分析显示 ECMO 前 6 h 血乳酸水平、ECMO 前 6 h SOFA 评分是血管并发症的危险因素, 而单纯 CABG 手术为保护性因素。多因素分析显示年龄大于或等于 60 岁、ECMO 前 6 h 血乳酸水平、ECMO 前 6 h SOFA 评分是发生血管并发症的独立危险因素, 单纯 CABG 手术为血管并发症发生的独立保护性因素。见表 2。

2.3 血管并发症对患者预后的影响 血管并发症对患者的临床结局有显著影响, 有和无血管并发症患者的住院生存率分别为 22.9% 和 45.5% ($P < 0.001$), ECMO 成功撤机率分别为 42.2% 和 60.1% ($P = 0.002$)。有血管并发症患者更容易发生高胆红素血症及肾功能衰竭接受肾替代治疗, 但患者的

ECMO 支持时间和 ICU 时间无显著差异。见表 3。Kaplan-Meier 生存曲线显示无血管并发症患者的累积生存率明显优于有血管并发症的患者 ($P < 0.05$)。见图 1。

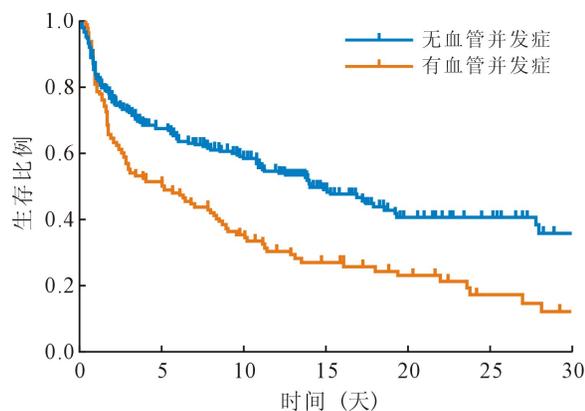


图 1 两组患者的 Kaplan-Meier 生存曲线

3 讨论

ECMO 并发症是影响患者结局的重要因素, 其中血管并发症相关性更高^[9-10]。有研究显示, 与股动静脉 V-A ECMO 相关的肢体缺血发生率为 10%~70%^[11-12]。这种范围较大的发生率是由于患者基线

表 2 行 ECMO 患者发生血管并发症的危险因素分析

变量	单因素分析		多因素分析	
	OR (95% CI)	P 值	OR (95% CI)	P 值
年龄 ≥ 60 岁	1.508 (0.958~2.373)	0.076	1.797 (1.098~2.940)	0.020
ECMO 切开建立	0.559 (0.296~1.056)	0.073	0.686 (0.352~1.337)	0.268
ECMO 前 6 h 乳酸	1.063 (1.027~1.101)	0.001	1.062 (1.022~1.103)	0.002
ECMO 前 6 h SOFA 评分	1.207 (1.073~1.358)	0.002	1.160 (1.019~1.320)	0.025
单纯 CABG 手术	0.618 (0.387~0.988)	0.044	0.576 (0.348~0.953)	0.032

注: CABG: 冠状动脉旁路移植术; ECMO: 体外膜氧合; SOFA: 序贯器官衰竭评分

表 3 行 ECMO 患者血管并发症对患者预后的影响

项目	有血管并发症 (n=118)	无血管并发症 (n=213)	P 值
住院生存率 [n(%)]	27 (22.9)	97 (45.5)	<0.001
成功撤机率 [n(%)]	50 (42.4)	128 (60.1)	0.002
ECMO 辅助时 (h)	143.3±84.4	123.7±64.1	0.193
ICU 时间 (d)	13.5±7.5	13.8±10.1	0.893
并发症			
神经系统并发症 [n(%)]	8 (6.8)	17 (8.0)	0.321
高胆红素血症 [n(%)]	52 (44.1)	67 (31.5)	0.022
接受连续性肾替代治疗 [n(%)]	71 (60.2)	92 (43.2)	0.003

注: ECMO: 体外膜氧合

特征、ECMO 适应证、插管技术、肢体缺血定义、监测方式、远端灌注方式和干预时间等方面的研究不同所致^[9,13]。下肢缺血可能导致筋膜腔室综合征,严重者需要筋膜切开处理,导致运动功能缺陷或截肢的风险较高,甚至最终带来致命的结果^[14]。另一种常见血管并发症是插管部位出血,根据体外生命支持组织登记数据,外周 V-A ECMO 患者插管部位出血并发症发生率为 18.5%^[15]。血小板计数减少、溶血、消耗性凝血病以及全身肝素化可进一步增加 V-A ECMO 支持期间的出血风险,导致患者输血制品量更多,严重影响了 V-A ECMO 支持效果^[12]。本研究中 331 例患者中,有 118 名患者(35.6%)出现了血管并发症,包括下肢缺血及插管部位出血,无须进一步外科处理的血管并发症,比例相对较高。其中需要外科处理的肢体缺血发生率为 1.8%、出血为 4.8%,为严重血管并发症,与先前报道的发生率基本一致。

然而,关于血管并发症对患者预后影响仍存在争议。本研究显示,发生血管并发症的患者 ECMO 脱机率与存活率显著低于未发生血管并发症的患者,这与 Tanaka 及 Yang 等人的观点一致,他们证实了血管并发症和住院死亡率之间有较强的相关性^[8,12]。相比之下,Bisdas 等人研究了 143 例股动脉插管 V-A ECMO 支持的患者,其中 17 例(11.9%)出现了血管并发症,有和无血管并发症患者的早期及晚期死亡率比较无统计学差异。除此之外,神经并发症和需要肾脏替代治疗的肾功能衰竭与不良预后相关^[16-17]。

由于出现血管并发症患者具有较差的临床预后,确定其危险因素并积极预防血管并发症的发生对 V-A ECMO 患者非常重要。多因素分析显示 ECMO 前 6 h 血乳酸水平和 SOFA 评分较高与血管并发症发生率增加有关。血乳酸水平越高的患者临床症状更严重,远端组织灌注不足及循环不稳定在这些患者中更常见。另一危险因素是患者年龄大于或等于 60 岁,本研究通过单因素分析发现有血管并发症组患者年龄较无血管并发症组更高,这可能与高龄患者血管条件更差相关。而原发病手术方面,单纯 CABG 手术是 ECMO 血管并发症的保护性因素,这可能是由于单纯 CABG 手术相较于其他心脏手术类型患者病情较轻相关。另一值得关注的是,本研究中外周动脉疾病及联合应用 IABP 与下肢血管并发症的发生无关。既往研究中对外周动脉疾病和联合应用 IABP 是否是下肢缺血发生的相关因素存在争议^[12,18-20]。

目前预防血管并发症是各 ECMO 中心关注的核心问题之一。在置管方式上本中心更倾向于采用经皮穿刺置管。虽然直接切开后,血管暴露准确,可预防一些置管并发症发生,但经皮插管后穿刺口创伤小,感染和出血的发生率似乎较切开置管更低,从而减少血管并发症的发生率。条件允许时,超声引导下穿刺甚至血管造影透视下穿刺有助于提高插管安全性。但本研究显示,穿刺置管并不能减少下肢血管并发症的发生,这可能与本中心切开及穿刺操作经验较为丰富,并常规安置远端灌注插管相关。V-A ECMO 股动脉插管有可能阻碍下肢血流,从而减少插管部位远端血流灌注,多篇研究指出,预防性地将相对较细的远端灌注插管插入股浅动脉,增加下肢远端灌注,可降低下肢缺血发生率^[10,21]。此外,积极监测下肢灌注变化对缺血并发症的预防和早期识别起到关键作用。护理人员及医生应至少每 6 h 检查患者双侧肢体外观、皮温、是否出现发绀及花斑、坏疽等。此外还可采用近红外光谱技术(near infrared reflectance spectroscopy, NIRS)连续监测双侧下肢氧饱和度,并进行双下肢对比。如 NIRS 提示下肢氧饱和度下降并存在缺血,应检查远端灌注管是否通畅,以排除血栓或环路打折发生。若骨筋膜室压力上升,怀疑筋膜室综合征出现,应积极进行预防性筋膜切开术。通过这些预防措施,更好的避免致残甚至致死性血管并发症的发生。

本研究局限性如下。首先,本研究是一项单中心回顾性研究。其次,本研究纳入的患者数量较少,各类严重血管并发症例数较少,因此与轻-中度的血管并发症合并分析。第三,本研究未进行随访,未明确血管并发症对存活出院患者远期预后的影响,这需要在后续研究中完善。

4 结 论

血管并发症是接受 V-A ECMO 支持的成人 PCS 患者中常见的并发症之一。年龄大于或等于 60 岁、ECMO 前 6 h 血乳酸水平和 SOFA 评分是发生血管并发症的独立危险因素,手术方式为单纯 CABG 手术为血管并发症发生的独立保护性因素。此外,血管并发症与较高的住院死亡率相关。尽管需要更多的数据和更大的患者队列来证实本文的研究结果,但对成人 PCS 患者来说,血管并发症的预防和早期识别十分重要。

参考文献:

- [1] Abrams D, Combes A, Brodie D. Extracorporeal membrane oxygenation in cardiopulmonary disease in adults[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(25 Pt A): 2769-2778.
- [2] Conrad SA, Grier LR, Scott LK, *et al*. Percutaneous cannulation for extracorporeal membrane oxygenation by intensivists; a retrospective single-institution case series[J]. *Crit Care Med*, 2015, 43(5): 1010-1015.
- [3] Roussel A, Al-Attar N, Alkhoder S, *et al*. Outcomes of percutaneous femoral cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2012, 1(2): 111-114.
- [4] Arroyo D, Bendjelid K, Robert-Ebadi H, *et al*. Suspected arterial vasospasm in femoro-femoral venoarterial extracorporeal life support[J]. *ASAIO J*, 2017, 63(3): e35-e38.
- [5] 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.
- [6] Banfi C, Pozzi M, Brunner ME, *et al*. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation; an overview of different cannulation techniques[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(9): E875-E885.
- [7] Kaufeld T, Beckmann E, Ius F, *et al*. Risk factors for critical limb ischemia in patients undergoing femoral cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: Is distal limb perfusion a mandatory approach [J]? *Perfusion*, 2019, 34(6): 453-459.
- [8] Tanaka D, Hirose H, Cavarocchi N, *et al*. The Impact of Vascular Complications on Survival of Patients on Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(5): 1729-1734.
- [9] 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.
- [10] Makdisi G, Makdisi T, Wang IM. Use of distal perfusion in peripheral extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Ann Transl Med*, 2017, 5(5): 103.
- [11] Pozzi M, Koffel C, Djaref C, *et al*. High rate of arterial complications in patients supported with extracorporeal life support for drug intoxication-induced refractory cardiogenic shock or cardiac arrest [J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9(7): 1988-1996.
- [12] Yang F, Hou D, Wang J, *et al*. Vascular complications in adult postcardiotomy cardiogenic shock patients receiving venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 72.
- [13] Lee DS, Chung CR, Jeon K, *et al*. Survival After Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation on Weekends in Comparison With Weekdays[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(1): 133-140.
- [14] Von Segesser L, Marinakis S, Berdajs D, *et al*. Prevention and therapy of leg ischaemia in extracorporeal life support and extracorporeal membrane oxygenation with peripheral cannulation [J]. *Swiss Med Wkly*, 2016, 146: w14304.
- [15] Thiagarajan RR, Barbaro RP, Rycus PT, *et al*. Extracorporeal Life Support Organization Registry International Report 2016[J]. *ASAIO J*, 2017, 63(1): 60-67.
- [16] Khorsandi M, Dougherty S, Bouamra O, *et al*. Extra-corporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock after adult cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2017, 12(1): 55.
- [17] Eckman PM, Katz JN, El Banayosy A, *et al*. Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Cardiogenic Shock: An Introduction for the Busy Clinician [J]. *Circulation*, 2019, 140(24): 2019-2037.
- [18] De Jong MM, Lorusso R, Al Awami F, *et al*. Vascular complications following intra-aortic balloon pump implantation: an updated review[J]. *Perfusion*, 2018, 33(2): 96-104.
- [19] Subramaniam AV, Barsness GW, Vallabhajosyula S, *et al*. Complications of Temporary Percutaneous Mechanical Circulatory Support for Cardiogenic Shock: An Appraisal of Contemporary Literature[J]. *Cardiol Ther*, 2019, 8(2): 211-228.
- [20] Vallabhajosyula S, O'horo J, Antharam P, *et al*. Concomitant Intra-Aortic Balloon Pump Use in Cardiogenic Shock Requiring Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2018, 11(9): e006930.
- [21] Vallabhajosyula P, Kramer M, Lazar S, *et al*. Lower-extremity complications with femoral extracorporeal life support[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 151(6): 1738-1744.

(收稿日期:2021-08-30)

(修订日期:2021-09-06)