

行体外心肺复苏的院内心搏骤停患者使用 主动脉内球囊反搏与住院死亡关系的研究 ——一项基于文献数据的二次分析

陈晓华 陈俊宇 王润东 郑杰钊 杨其霖 陈洁茹 温德良 熊旭明

广州医科大学附属第二医院重症医学科, 广东广州 510260

通信作者: 熊旭明, Email: xiongxuming9@126.com

【摘要】 目的 评估行体外心肺复苏 (ECPR) 的院内心搏骤停患者使用主动脉内球囊反搏 (IABP) 对住院病死率的影响。方法 原始研究连续纳入 2004 年 1 月至 2013 年 12 月在韩国三星医疗中心进行 ECPR 的 696 例院内心搏骤停患者, 按照是否使用 IABP 分为 ECPR 组和 ECPR+IABP 组。采用 Cox 回归和倾向性评分匹配 (PSM) 评估患者使用 IABP 与住院病死率之间的独立关联性, 使用标准化均数差 (SMD) 检查 PSM 程度。绘制两组患者住院期间的 Kaplan-Meier 生存曲线, 采用 Log-Rank 检验进行比较。将倾向分数作为权重, 采用多元回归模型、逆概率加权 (IPW) 模型进行敏感性分析。比较两组患者的住院病死率、体外膜肺氧合 (ECMO) 撤机成功率以及神经系统功能预后情况。结果 最终纳入 199 例行 ECPR 的院内心搏骤停患者, 其中男性 120 例, 女性 79 例; 年龄 (60.0±16.8) 岁。31 例 (15.6%) 联合使用 IABP, 168 例 (84.4%) 单纯行 ECPR。总体住院病死率为 68.8% (137/199)。使用 1:1 近邻匹配算法, 卡钳值为 0.2。选择以下变量生成倾向得分, 包括年龄、性别、种族、婚姻状况、保险、入院类型、服务单位、心率、平均动脉压、呼吸频率、脉搏血氧饱和度、白细胞计数。倾向性评分后, 24 对患者成功匹配, 其中男性 31 例、女性 17 例, 年龄 (63.0±12.8) 岁。ECPR 组和 ECPR+IABP 组住院病死率分别为 72.6% (122/168)、48.4% (15/31) [风险比 (HR)=0.48, 95% 可信区间 (95%CI) 为 0.28~0.82, P=0.007]。与单独使用 ECPR 相比, 多元回归模型、调整倾向性评分、PSM 和 IPW 模型分析显示, 使用 IABP 的 ECPR 患者住院期间死亡风险明显降低 (HR 分别为 0.44、0.50、0.16 和 0.49, 95%CI 分别为 0.24~0.79、0.28~0.91、0.06~0.39 和 0.31~0.77, 均 P<0.05)。联合应用 IABP 可提高成人中心搏骤停患者的 ECMO 撤机成功率 [优势比 (OR)=8.95, 95%CI 为 2.72~29.38, P<0.001], 改善神经系统预后 (OR=4.06, 95%CI 为 1.33~12.40, P=0.014)。结论 对于行 ECPR 的院内心搏骤停患者, 联合使用 IABP 与较低的住院病死率、较高的 ECMO 撤机成功率以及较好的神经系统预后独立相关。

【关键词】 体外心肺复苏; 主动脉内球囊反搏; 住院病死率; 倾向性评分匹配

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20211014-01492

Relationship of in-hospital mortality and using intra-aortic balloon pump with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with cardiac arrest: a secondary analysis based on literature data

Chen Xiaohua, Chen Junyu, Wang Rundong, Zheng Jiezhao, Yang Qilin, Chen Jieru, Wen Deliang, Xiong Xuming

Department of Intensive Care Unit, the Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510260, Guangdong, China

Corresponding author: Xiong Xuming, Email: xiongxuming9@126.com

【Abstract】 **Objective** To assess the effect of intra-aortic balloon pump (IABP) on in-hospital mortality in patients with cardiac arrest undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR). **Methods** A retrospective study was performed on 696 patients with intra-hospital cardiac arrest undergoing ECPR from Samsung Medical Center in Korea between January 2004 and December 2013. According to whether IABP was used, the patients were divided into ECPR group and ECPR+IABP group. Cox regression and propensity score matching (PSM) were used to examine the correlation between IABP usage and in-hospital mortality, and standardized mean difference (SMD) was used to check the degree of PSM. Survival analysis of in-hospital mortality was performed by the Kaplan-Meier method, and further analyzed by the Log-Rank test. Using the propensity score as weights, multiple regression model and inverse probability weighting (IPW) model were used for sensitivity analysis. In-hospital mortality, extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) withdrawal success rate and neurological function prognosis were compared between the two groups. **Results** A total of 199 patients with cardiac arrest undergoing ECPR were included, including 120 males and 79 females, and the average age was (60.0±16.8) years. Thirty-one patients (15.6%) were treated with ECPR and IABP, and 168 patients (84.4%) only received ECPR. The total hospitalized mortality was 68.8% (137/199). The 1:1 nearest neighbor matching algorithm was performed with the 0.2 caliper value. The following variables were selected to generate propensity scores, including age, gender, race, marital status, insurance, admission type, service unit, heart rate, mean

arterial pressure, respiratory rate, pulse oxygen saturation, white blood cell count. After the propensity score matching, 24 pairs of patients were successfully matched, with the average age of (63.0 ± 12.8) years, including 31 males and 17 females. The in-hospital mortality was 72.6% (122/168) and 48.4% (15/31) in the ECPR group and the ECPR+IABP group [hazard ratio (HR) = 0.48, 95% confidence interval (95%CI) was 0.28–0.82, $P = 0.007$]. Multiple regression model, adjusted propensity score, PSM and IPW model showed that the in-hospital mortality in the ECPR+IABP group was significantly lower compared with the ECPR group (HR = 0.44, 0.50, 0.16 and 0.49, respectively, 95%CI were 0.24–0.79, 0.28–0.91, 0.06–0.39 and 0.31–0.77, all $P < 0.05$). The combined application of IABP could improve the ECMO withdrawal success rate [odds ratio (OR) = 8.95, 95%CI was 2.72–29.38, $P < 0.001$] and neurological prognosis (OR = 4.06, 95%CI was 1.33–12.40, $P = 0.014$) in adult cardiac arrest patients. **Conclusion** In patients with cardiac arrest using ECPR, the combination of IABP was independently associated with lower in-hospital mortality, higher ECMO withdrawal success rate and better neurological prognosis.

【Key words】 Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; Intra-aortic balloon pump; In-hospital mortality; Propensity score matching

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20211014-01492

心搏骤停是指心脏突然丧失有效的排血功能而导致机体循环和呼吸停止的临床死亡状态^[1]。随着心肺复苏 (cardiopulmonary resuscitation, CPR) 的广泛实施,成人心搏骤停患者的存活率呈升高趋势,但总体仍较低。有研究显示,心搏骤停患者行 CPR 后即刻、24 h、出院时的存活率分别为 38.6%、24.7% 和 15.9%^[2]。目前心搏骤停的有效抢救策略仍然有限。体外心肺复苏 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR),即在 CPR 期间使用静脉-动脉体外膜肺氧合 (vein-arterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO),可降低再灌注损伤及继发性脑损伤恶化的风险^[3],已成为抢救心搏骤停患者的一种有效策略^[4]。VA-ECMO 和主动脉内球囊反搏 (intra-aortic balloon counterpulsation, IABP) 是目前临床常用的两种人工循环支持治疗方法,二者的作用机制及治疗效果各不相同^[5]。VA-ECMO 可降低左心室压^[6];而 IABP 则是利用“反搏”的原理与心脏的心动周期同步运行,使心脏的后负荷下降,心排血量增加,增加了冠状动脉 (冠脉) 血流和心肌氧供,并使全身灌注增加。有研究表明,VA-ECMO 联用 IABP 可能与心源性休克或心力衰竭患者住院病死率降低存在关联^[6-7];另外一些研究则表明上述关系尚不明确^[8-9]。

目前关于心搏骤停患者使用 ECPR 联用 IABP 与住院病死率间关系的研究有限。虽然 VA-ECMO 联用 IABP 的临床获益尚不明确,但 Onorati 等^[10]的研究表明,在 VA-ECMO 支持下 IABP 产生的搏动血流比休克状态下重要器官的搏动血流更具生理性意义。同时鉴于 ECPR 的使用范围不断扩大,本研究对接受 ECPR 的心搏骤停住院患者的相关数据进行二次分析,以进一步探讨 ECPR 患者使用 IABP 与住院病死率之间的关系。

1 资料与方法

1.1 数据来源:本研究原始数据来自文献^[11]。本研究遵循加强流行病学中观察性研究的报告指南^[12]对此项研究进行报告。

1.2 研究对象及分组:原始研究连续纳入 2004 年 1 月至 2013 年 12 月在韩国三星医疗中心进行 ECPR 的 696 例院内心搏骤停患者,临床、实验室和结果数据由训练有素的研究协调员使用标准化病例报告表收集,其他信息通过查阅医院记录获得。根据纳入和排除标准,最终纳入 199 例接受 ECPR 的院内心搏骤停患者,按照是否使用 IABP 分为 ECPR 组 (168 例) 和 ECPR+IABP 组 (31 例)。

1.2.1 本研究纳入标准:① 年龄 ≥ 18 岁;② 院内心搏骤停;③ 同时接受 VA-ECMO 和 CPR。

1.2.2 本研究排除标准:① 未行 CPR,年龄 < 18 岁,患有恶性肿瘤,预期寿命少于 1 年;② 使用静脉-静脉体外膜肺氧合 (vein-vein extracorporeal membrane oxygenation, VV-ECMO);③ 与 ECPR 定义不一致;④ 医疗记录不充分;⑤ 接受院外 ECPR;⑥ 住院死亡数据缺失^[11]。

1.2.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并经本院伦理委员会批准 (审批号:2021-hg-ks-21)。由于 Gil 等^[11]作者已将原始数据集的使用授权给发表杂志,任何人可以使用该数据集进行基于不同科学假说的二次分析。原始研究得到了三星医疗中心机构审查委员会的批准 (审批号:2016-05-086)。由于原始研究为回顾性研究,因此放弃了知情同意的要求。

1.3 ECPR 的实施:ECPR 的实施为原文献的临床治疗方法。当患者接受 CPR > 10 min、生命体征不稳定或出现复发性心搏骤停时,由 CPR 小组组长和 ECMO 专家决定是否实施 ECMO 及 CPR 期间的

ECMO插管程序。动脉插管型号为14~21 F, 静脉插管型号为21~28 F。ECMO泵入成功后, 调整ECMO参数达到理想心排血量($>36.7 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$), 中心静脉血氧饱和度 >0.70 , 平均动脉压 $>65 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg} \approx 0.133 \text{ kPa}$)。

1.4 暴露和结局: 主要暴露为ECPR患者是否使用IABP。主要结局为住院病死率, 次要结局为VA-ECMO撤机成功率以及出院时脑功能恢复评分[格拉斯哥-匹兹堡脑功能分级(cerebral performance category, CPC) ≤ 2 级]。CPC 1级为脑功能完好, 患者清醒警觉, 有正常生活和工作能力; CPC 2级为中度脑功能残疾, 患者清醒, 可在特定环境中部分时间工作或独立完成日常活动。

1.5 协变量: 参考临床经验、相关危险因素以及原始文章选择协变量。协变量包括年龄、性别、体质指数(body mass index, BMI)、吸烟、糖尿病、高血压、慢性肾脏病、外周血管疾病、血脂异常、序贯器官衰竭评分(sequential organ failure assessment, SOFA)、CPR至ECMO插管时间、既往心肌梗死史、既往脑卒中史、静脉-动脉体外膜肺氧合后生存评分(survival after veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation score, SAVE)、ECMO前自主循环恢复(return of spontaneous circulation, ROSC)、连续性血

液净化治疗、电机械分离、ECMO实施地点、心源性因素所致心搏骤停等。

1.6 统计学方法: 基于R 3.3.2和R 4.0.3统计软件分析数据。正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 采用 t 检验; 非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示, 采用Kruskal Wallis检验; 计数资料以例和百分比表示, 采用 χ^2 检验。为了最大限度地减少IABP分配和混杂的潜在偏倚, 采用Cox回归和倾向性评分匹配(propensity score matching, PSM)评估患者使用IABP与住院病死率之间的独立关联, 标准化均数差(standardized mean difference, SMD)用于检查PSM的程度, <0.1 的阈值被认为是匹配较好。绘制两组住院病死率的Kaplan-Meier生存曲线, 采用Log-Rank检验进行比较。为了最大限度地减少选择偏倚, 将倾向分数作为权重, 采用多元回归模型、逆概率加权(inverse probability weighting, IPW)模型进行敏感分析。行双尾检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床特征(表1): 共纳入199例ECPR患者, 其中男性120例, 女性79例; 年龄(60.0 ± 16.8)岁。31例(15.6%)联合使用IABP; 总体住院病死率为68.8%(137/199)。使用1:1近邻匹配算法, 卡钳值

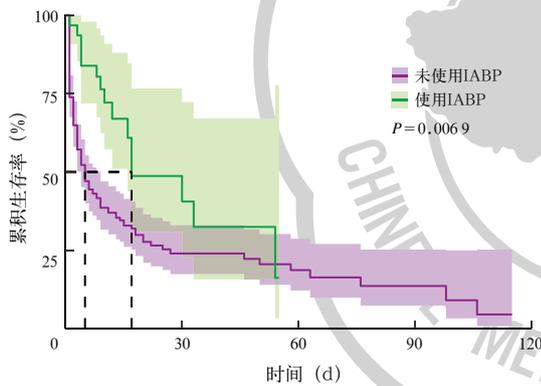
表1 匹配前后是否使用IABP两组ECPR患者的一般临床资料比较

指标	匹配前 IABP 使用情况			匹配后 IABP 使用情况		
	未使用($n=168$)	使用($n=31$)	SMD	未使用($n=24$)	使用($n=24$)	SMD
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	59.36 \pm 17.48	63.70 \pm 11.82	0.296	67.38 \pm 11.85	62.00 \pm 11.66	0.450
BMI(kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	23.62 \pm 4.12	23.09 \pm 2.60	0.156	23.35 \pm 4.33	23.18 \pm 2.25	0.051
吸烟史[例(%)]	33(19.6)	11(35.5)	0.360	4(16.7)	7(29.2)	0.301
糖尿病[例(%)]	78(46.4)	14(45.2)	0.025	10(41.7)	11(45.8)	0.084
高血压[例(%)]	78(46.4)	15(48.4)	0.039	11(45.8)	11(45.8)	<0.001
慢性肾脏病[例(%)]	19(11.3)	7(22.6)	0.304	3(12.5)	4(16.7)	0.118
外周血管疾病[例(%)]	7(4.2)	5(16.1)	0.404	2(8.3)	1(4.2)	0.173
血脂异常[例(%)]	22(13.1)	5(16.1)	0.086	4(16.7)	3(12.5)	0.118
既往心肌梗死史[例(%)]	25(14.9)	3(9.7)	0.159	2(8.3)	3(12.5)	0.137
既往脑卒中史[例(%)]	20(11.9)	9(28.8)	0.361	3(12.5)	4(16.7)	0.118
SAVE评分(分, $\bar{x} \pm s$)	-10.03 \pm 4.85	-10.4 \pm 5.67	0.086	-10.75 \pm 3.78	-9.96 \pm 5.87	0.160
ECMO前ROSC[例(%)]	58(34.5)	10(32.3)	0.048	9(33.3)	8(33.3)	<0.001
连续性血液净化治疗[例(%)]	62(36.9)	11(35.5)	0.030	7(29.2)	8(33.3)	0.090
无脉性电活动[例(%)]	103(61.3)	10(32.3)	0.609	9(37.5)	8(33.3)	0.087
ECMO实施地点[例(%)]			0.811			0.087
ICU	83(49.4)	16(51.6)		14(58.3)	13(54.2)	
导管室	37(22.0)	14(45.2)		9(37.5)	10(41.7)	
其他	48(28.6)	1(3.2)		1(4.2)	1(4.2)	
SOFA评分(分, $\bar{x} \pm s$)	13.13 \pm 2.45	12.84 \pm 1.59	0.142	12.59 \pm 2.32	12.83 \pm 1.71	0.121
心源性因素所致心搏骤停[例(%)]	43(25.6)	2(6.5)	0.541	2(8.3)	2(8.3)	<0.001
CPR至ECMO插管时间(h, $\bar{x} \pm s$)	40.69 \pm 20.27	32.03 \pm 22.89	0.400	35.12 \pm 19.03	33.79 \pm 21.70	0.065

注: IABP为主动脉内球囊反搏, ECPR为体外心肺复苏, BMI为体质指数, SAVE为静脉-动脉体外膜肺氧合后生存评分, ECMO为体外膜肺氧合, ROSC为自主循环恢复, ICU为重症监护病房, SOFA为序贯器官衰竭评分, CPR为心肺复苏, SMD为标准化均数差

为0.2。选择以下变量生成倾向得分,包括年龄、性别、种族、婚姻状况、保险、入院类型、服务单位、心率、平均动脉压、呼吸频率、脉搏血氧饱和度、白细胞计数。PSM后,24对患者成功匹配,其中男性31例,女性17例;年龄(63.0±12.8)岁。

2.2 ECPR患者是否使用IABP与住院病死率的关系(图1;表2):Kaplan-Meier生存曲线显示,未使用IABP与使用IABP的ECPR患者住院病死率分别为72.6%(122/168)和48.4%(15/31),Log-Rank检验: $P=0.0069$ 。单因素分析显示,与未使用IABP的ECPR患者相比,使用IABP的ECPR患者住院病死率较低[风险比(HR)=0.48,95%可信区间(95% confidence interval,95%CI)为0.28~0.82, $P=0.007$]。采用多元回归模型、调整倾向性评分、PSM和IPW模型显示,使用IABP的ECPR患者住院期间死亡风险明显降低,HR分别为0.44、0.50、0.16和0.49。



注:IABP为主动脉内球囊反搏,ECPR为体外心肺复苏

图1 是否使用IABP两组行ECPR院内心搏骤停患者住院期间的Kaplan-Meier生存曲线

表2 是否使用IABP两组行ECPR院内心搏骤停患者主要结局的多元回归模型、调整倾向性评分、PSM和IPW模型分析

因素	HR值	95%CI	P值
单因素分析	0.48	0.28~0.82	0.007
多元回归模型	0.44	0.24~0.79	0.006
调整倾向性评分	0.50	0.28~0.91	0.023
PSM	0.16	0.06~0.39	<0.001
IPW模型	0.49	0.31~0.77	0.002

注:IABP为主动脉内球囊反搏,ECPR为体外心肺复苏,PSM为倾向性评分匹配,IPW为逆概率加权,HR为风险比,95%CI为95%可信区间

2.3 两组患者的ECMO撤机成功率和神经系统预后比较(表3):多元回归分析显示,ECPR联合使用IABP患者的ECMO撤机成功率以及出院时神经系统预后情况均明显优于单独使用ECPR患者。

表3 是否使用IABP两组行ECPR院内心搏骤停患者次要结局的多元回归分析

因素	OR值	95%CI	P值
成功脱离ECMO	8.95	2.72~29.38	<0.001
出院时神经功能较好(CPC 1~2级)	4.06	1.33~12.40	0.014

注:IABP为主动脉内球囊反搏,ECPR为体外心肺复苏,ECMO为体外膜肺氧合,CPC为格拉斯哥-匹兹堡脑功能分级,OR为优势比,95%CI为95%可信区间

3 讨论

ECPR是对传统CPR治疗无法恢复自主心律或反复心搏骤停无法维持自主心律患者实施的快速ECMO,以提升生存率。有研究表明,ECPR对提高患者生存率、改善患者生存质量及预后指标具有重要的临床意义^[13]。IABP通过提高主动脉根部舒张压增加冠脉血供,同时降低收缩压减轻左室后负荷,减少心肌氧耗,为心功能恢复提供帮助。

本研究表明,与未使用IABP的ECPR患者相比,使用IABP的ECPR患者病死率降低,与Aso等^[7]的研究结果类似。Aso等^[7]发现,与单纯VA-ECMO组相比,IABP联合VA-ECMO组患者的全因病死率得到明显改善(48.4%比58.2%, $P=0.001$),ECMO脱机成功率更高(82.6%比73.4%, $P<0.001$)。理论上,心室辅助系统(Impella)能够直接将血液从左心室泵到主动脉瓣上方的升主动脉,直接在整个心脏周期中降低左心室负荷,减少总机械作功和心肌氧需求,同时降低壁应力,改善心功能。而一项关于单独应用ECMO、ECMO联用IABP以及ECMO联用Impella的研究分析表明,ECMO联用IABP患者的180d生存率最高^[6]。但该研究在比较生存率和出院率时,与单独应用ECMO相比,只有使用ECMO前IABP去应力负荷与病死率显著降低相关,而在ECMO前使用Impella没有好处,可见与单独使用ECMO相比,同时使用IABP和ECMO可带来生存效益。

Lin等^[8]2016年的一项队列研究结果与本研究结果不一致,该研究比较了心源性休克患者单独应用VA-ECMO治疗以及IABP和VA-ECMO联合治疗的效果,结果显示,VA-ECMO联合IABP并未显示出更好的疗效,患者也未得到生存获益,该研究推测可能与无法避免或逆转的多器官功能衰竭有关。该研究与本研究得出不同结果的主要原因:①选择的人群不同,该研究选择的人群为因心源性休克而需要ECMO支持的患者,而本研究选择的人群为接受ECPR的院内心搏骤停患者;②接受

ECMO 支持的患者使用 IABP 的时机与本研究不一致。此外, Wang 和 Xing^[9]的一项 Meta 分析结果显示, 纳入 VA-ECMO 的适应证包括心源性休克、院内心搏骤停和院外心搏骤停, VA-ECMO 联合 IABP 可提高 VA-ECMO 的脱机成功率, 但并未显示 IABP 联合 VA-ECMO 与单独使用 VA-ECMO 相比能够提高患者生存率, 且该研究存在异质性。

本研究显示, ECPR 患者使用 IABP 与住院期间较高的 ECMO 撤机成功率以及出院时较好的神经功能相关。VA-ECMO 联合使用 IABP 患者出院时神经功能良好率是单独使用 VA-ECMO 患者的 4 倍, 同时 ECMO 撤机成功率提高了 8 倍。多项回顾性队列研究也显示, VA-ECMO 联合使用 IABP 患者不仅病死率得到改善, 而且更加容易成功撤离 ECMO^[7, 14-15], 研究结论与本研究一致。有研究显示, 心搏骤停患者 ROSC 后各时间点局部脑氧饱和度变化与患者神经功能预后有关, 神经功能预后良好的患者应用近红外光谱仪 (near infrared spectrum instrument, NIRS) 检测的局部脑氧饱和度高^[16], 心搏骤停后 CPR 可使神经元自噬水平升高^[17], 神经元自噬和局部脑氧饱和度可能影响心搏骤停患者的神经预后。Yang 等^[14]发现, VA-ECMO 联合 IABP 可增加心功能恢复期间脑血流量 (cerebral blood flow, CBF), 这可能是 IABP 联合 ECPR 组患者神经预后较好的原因。

本研究存在一定的局限性: ① 本研究为回顾性观察性研究, 缺乏随机分配的干预, 存在未控制的未知混杂因素, 但本研究的样本量较大, 提高了结果的可靠性。② PSM 后仍有较多的混杂因素未能配平 (如年龄、吸烟、慢性肾脏病、外周血管疾病、血脂异常、既往心肌梗死史、既往脑卒中史、SAVE 评分、SOFA 评分), 但本研究通过使用 IPW 模型计算了总体人群的效应值, 结果仍保持一致。③ 本研究排除了与 CPR 无关、年龄 < 18 岁、患有恶性肿瘤的患者, 目前还不清楚 IABP 联合 VA-ECMO 对此类人群是否具有同样的效应。尽管 PSM 已被证明是平衡两个治疗组之间协变量的有效方法, 但仍需要大规模的随机对照试验来全面评估在 ECPR 过程中使用 IABP 的效果。

综上所述, 对于行 ECPR 的院内心搏骤停患者, 联合使用 IABP 与较低的住院病死率、较高的 ECMO 撤机成功率以及较好的神经系统预后独立相关。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 赵彦叶, 顾乃刚. 影响院前急救心肺复苏成功的因素及提升策略分析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2021, 28 (2): 154-158. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.02.007.
- [2] Cooper S, Janghorbani M, Cooper G. A decade of in-hospital resuscitation: outcomes and prediction of survival? [J]. Resuscitation, 2006, 68 (2): 231-237. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2005.06.012.
- [3] Inoue A, Hifumi T, Sakamoto T, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest in adult patients [J]. J Am Heart Assoc, 2020, 9 (7): e015291. DOI: 10.1161/JAHA.119.015291.
- [4] Panchal AR, Berg KM, Hirsch KG, et al. 2019 American Heart Association focused update on advanced cardiovascular life support: use of advanced airways, vasopressors, and extracorporeal cardiopulmonary resuscitation during cardiac arrest: an update to the American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. Circulation, 2019, 140 (24): e881-e894. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000732.
- [5] 许智晶, 孙荣青, 刘瑞芳. 静脉-动脉体外膜肺氧合与主动脉内球囊反搏对心源性休克患者血流动力学的影响 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2021, 28 (1): 55-59. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.01.014.
- [6] Char S, Fried J, Melchy A, et al. Clinical efficacy of direct or indirect left ventricular unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for primary cardiogenic shock [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021: S0022-5223(21)00978-8. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2021.06.024.
- [7] Aso S, Matsui H, Fushimi K, et al. The effect of intra-aortic balloon pumping under venoarterial extracorporeal membrane oxygenation on mortality of cardiogenic patients: an analysis using a nationwide inpatient database [J]. Crit Care Med, 2016, 44 (11): 1974-1979. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001828.
- [8] Lin LY, Liao CW, Wang CH, et al. Effects of additional intra-aortic balloon counter-pulsation therapy to cardiogenic shock patients supported by extra-corporeal membranous oxygenation [J]. Sci Rep, 2016, 6: 23838. DOI: 10.1038/srep23838.
- [9] Wang L, Xing Z. Short-term outcomes of intra-aortic balloon pump combined with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and meta-analysis [J]. Artif Organs, 2019, 43 (6): 561-568. DOI: 10.1111/aor.13397.
- [10] Onorati F, Santarpino G, Presta P, et al. Pulsatile perfusion with intra-aortic balloon pumping ameliorates whole body response to cardiopulmonary bypass in the elderly [J]. Crit Care Med, 2009, 37 (3): 902-911. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181962aa9.
- [11] Gil E, Na SJ, Ryu JA, et al. Association of body mass index with clinical outcomes for in-hospital cardiac arrest adult patients following extracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. PLoS One, 2017, 12 (4): e0176143. DOI: 10.1371/journal.pone.0176143.
- [12] von Elm E, Altman DG, Egger M, et al. Strengthening of reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies [J]. BMJ, 2007, 335 (7624): 806-808. DOI: 10.1136/bmj.39335.541782.AD.
- [13] 于洁, 张艾婧, 黑飞龙. 体外膜肺氧合辅助下心肺复苏对成年心脏骤停患者生存影响的 meta 分析 [J]. 中国体外循环杂志, 2015, 13 (3): 137-140, 145. DOI: 10.13498/j.cnki.chin.jecc.2015.03.03.
- [14] Yang F, Jia ZS, Xing JL, et al. Effects of intra-aortic balloon pump on cerebral blood flow during peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support [J]. J Transl Med, 2014, 12: 106. DOI: 10.1186/1479-5876-12-106.
- [15] Ro SK, Kim JB, Jung SH, et al. Extracorporeal life support for cardiogenic shock: influence of concomitant intra-aortic balloon counterpulsation [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2014, 46 (2): 186-192; discussion 192. DOI: 10.1093/ejcts/ezu005.
- [16] 孙海伟, 朱建军, 马丽梅, 等. 心肺复苏后患者局部脑氧饱和度与神经元特异性烯醇化酶水平的变化 [J]. 中华危重病急救医学, 2021, 33 (9): 1094-1098. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210115-00067.
- [17] 林羽佳, 宋斌, 林庆明, 等. 自噬在缓激肽后处理心肺复苏大鼠神经保护中的作用机制 [J]. 中华危重病急救医学, 2021, 33 (9): 1099-1104. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210528-00791.

(收稿日期: 2021-10-14)