

静脉-动脉体外膜肺氧合辅助介入血栓抽吸在急性高危肺栓塞患者治疗中的作用

陈超¹ 程文凤¹ 陈银银¹ 张克伟² 邵换璋¹

河南省人民医院¹重症医学科,²血管外科,河南郑州 450000

通信作者:邵换璋,Email:shaohuanzhang@zzu.edu.cn

【摘要】目的 探讨急性高危肺栓塞患者在应用静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)支持下介入肺动脉血栓抽吸治疗的临床效果。**方法** 选取2021年1月至2023年12月河南省人民医院重症医学科收治的5例高危肺栓塞患者作为研究对象。5例患者均在VA-ECMO支持下介入肺动脉血栓抽吸治疗,观察患者的一般资料[包括性别、年龄及血栓形成高危因素(高血压、糖尿病、恶性肿瘤、吸烟史、近期创伤、近期手术或侵入性操作、骨折制动)]、实验室检查结果[包括N末端脑钠肽前体(NT-proBNP)、肌钙蛋白I(TnI)、D-二聚体)、超声和影像学检查[包括床旁超声、CT肺动脉造影(CTPA)]、临床资料[包括简化肺栓塞严重程度指数(sPESI)、初始治疗措施、介入取栓前后床旁超声下右心室/左心室(RV/LV)直径比值、氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)、ECMO持续时间、介入取栓并发症、ECMO并发症、ECMO撤离情况及30d死亡情况]。**结果** 5例患者年龄66~86岁,其中4例为女性;4例为外科手术后出现肺栓塞,3例为消化系统肿瘤术后,1例为右侧股骨颈骨折术后,1例未筛查到血栓形成的常见危险因素。4例患者经CTPA确诊肺栓塞,1例患者急诊床旁超声提示右心室扩张,左心室受压明显(D字征),其中1例于右心室内见血栓影;5例患者均经肺动脉造影证实肺动脉主干及(或)左右肺动脉及其分支充盈缺损。3例患者病程中出现心搏骤停,其中2例紧急启动体外心肺复苏(ECPR)。导管介入血栓抽吸治疗后5例患者RV/LV直径比值均明显下降,自主循环状态好转、氧合改善。ECMO持续时间为54.0~152.0h,5例患者均成功撤离ECMO,未发生严重介入或ECMO相关并发症;1例患者因严重脓毒症死亡,30d生存4例。**结论** 高危急性肺栓塞患者在VA-ECMO支持下介入肺动脉血栓抽吸治疗临床疗效良好。当高危肺栓塞患者存在溶栓禁忌证者溶栓失败时,尤其是出现心搏骤停的患者,应用ECMO辅助血栓抽吸治疗可能是挽救患者生命的一项重要措施。

【关键词】 体外膜肺氧合; 高危肺栓塞; 介入取栓治疗

基金项目: 河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20230065)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.05.008

Effect of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation-assisted interventional thromboaspiration in the treatment of patients with acute high-risk pulmonary embolism

Chen Chao¹, Cheng Wenfeng¹, Chen Yinyin¹, Zhang Kewei², Shao Huanzhang¹

¹Department of Critical Care Medicine, ²Department of Vascular and Endovascular Surgery, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450000, Henan, China

Corresponding author: Shao Huanzhang, Email: shaohuanzhang@zzu.edu.cn

【Abstract】Objective To investigate the clinical efficacy of interventional pulmonary thromboaspiration in patients with high-risk acute pulmonary embolism supported by veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO). **Methods** Five patients with high-risk pulmonary embolism admitted to the department of critical care medicine of Henan Provincial People's Hospital from January 2021 to December 2023 were enrolled. All 5 patients underwent interventional pulmonary artery thromboaspiration under VA-ECMO support, and the general information of the patients were observed [including gender, age, and high-risk factors for thrombosis (hypertension, diabetes, malignant tumors, smoking history, recent trauma, recent surgery or invasive surgery, fracture immobilization)], laboratory test results [including N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP), troponin I (TnI), D-dimer], ultrasound and imaging examinations [including point-of-care ultrasound, CT pulmonary arteriography (CTPA)], clinical data [including simplified pulmonary embolism severity index (sPESI), initial treatment measures, right ventricle/left ventricle (RV/LV) diameter ratio under bedside ultrasound before and after interventional embolectomy, oxygenation index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), total time on ECMO, complications of interventional thrombectomy, ECMO complications, ECMO evacuation and 30-day death status]. **Results** The age of 5 patients was 66~86 years old, of which 4 were female. A total of 4 cases had pulmonary embolism after surgery, 3 cases were after surgery for digestive system tumors, 1 case was after surgery for right femoral neck fracture, and 1 case was not screened for common risk factors for thrombosis. Pulmonary embolism was diagnosed in 4 patients by CTPA, and 1 patient showed right ventricular dilatation and obvious left ventricular compression (D-shaped sign) in 1 patient, of which 1 case saw thrombosis in the right ventricle. All 5 patients were confirmed by pulmonary arteriography to have filling defects of the main trunk of the pulmonary artery and/or the left and right pulmonary arteries and their branches. A total of 3 patients suffered cardiac arrest during the course of their illness,

and 2 of them urgently initiated extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR). After catheter interventional thromboaspiration treatment, the RV/LV diameter ratio decreased significantly, spontaneous circulation improved and oxygenation increased. ECMO duration ranged from 54.0 to 152.0 hours, and all patients were successfully weaned from ECMO without serious intervention or ECMO-related complications. One patient died of severe sepsis, while 1 patients died for 30 days. **Conclusions** For patients with high-risk acute pulmonary embolism who received VA-ECMO support, the clinical efficacy of interventional pulmonary artery thrombus aspiration therapy was excellent. When there are contraindications to thrombolysis or thrombolysis fails, especially in high-risk pulmonary embolism patients with cardiac arrest, VA-ECMO-assisted thromboaspiration may be a life-saving therapeutic option.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; High-risk pulmonary embolism; Interventional thrombectomy

Fund program: Joint Construction Project of Henan Medical Science and Technology Research Plan (LHGJ20230065)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.05.008

肺栓塞是以各种栓子阻塞肺动脉或其分支为病因的一组疾病的总称,其中最常见的是肺血栓栓塞,由来自静脉系统或右心的血栓阻塞肺动脉或其分支,以肺循环和呼吸功能障碍为主要病理生理特征和临床表现^[1]。我国肺栓塞患者的住院率呈上升趋势,但住院病死率从 8.5% 下降为 3.9%^[2]。高危肺栓塞患者因栓子严重阻塞肺血流而导致右心衰竭、低氧血症和血流动力学不稳定,严重者甚至可导致心搏骤停^[3]。虽然高危肺栓塞仅占肺栓塞患者总数的约 10%,但与其严重的不良预后相关,有研究显示,高危肺栓塞患者的住院病死率为 22.0% ~ 60.0%^[4]。2021 年美国一项流行病学研究显示,高危肺栓塞的发生率从 1999 年的 0.8/10 万上升到 2014 年的 2.3/10 万,其中高危患者院内全因病死率高达 52.2%^[5]。2021 年德国一项研究显示,高危肺栓塞患者如发生心搏骤停,院内病死率高达 59.5%^[6]。

高危肺栓塞的病死率较高,国内外指南均建议将溶栓作为再灌注治疗的一线措施。然而,在临床实践中,部分患者由于严重的临床表现不稳定或高出血风险而无法行溶栓治疗,尤其是近期有大手术或严重创伤病史的患者^[7]。为最大限度地降低高危肺栓塞患者的病死率,进而为有高出血风险的患者提供全身溶栓治疗的替代方案,导管介入在肺动脉再灌注治疗的策略中得到迅速发展,包括超声引导的导管定向溶栓和血栓抽吸^[8-9]。一项多中心研究显示,对 119 例血流动力学稳定但右心功能下降的中危肺栓塞患者应用血栓抽吸治疗后 48 h 右心室功能有明显改善^[10]。研究显示,血栓抽吸治疗能改善高危肺栓塞患者临床症状、血流动力学和住院病死率^[11-12];美国心脏病学会推荐将血栓抽吸术应用于存在溶栓禁忌或溶栓失败的高危肺栓塞患者^[13]。

静脉-动脉体外膜肺氧合(veno-arterial

extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO)可以减少右心室容量过载,稳定血流动力学状态,并提供气体交换^[14-15],被认为是危及生命的高危肺栓塞患者通往最终再灌注治疗的桥梁^[16-17]。在 VA-ECMO 支持下有效维持患者生命体征,进而行肺动脉造影(pulmonary angiogram, PA)+肺动脉血栓抽吸术,可为高危肺栓塞患者的成功救治提供可能。

AngioJet 机械血栓抽吸术(AngioJet rheolytic thrombectomy, ART)依据伯努利原理,在肺动脉高压脉冲注射溶栓药物溶解、粉碎血栓的同时,可以在段级肺动脉分支上进行血栓抽吸,迅速解除肺动脉梗阻,达到再灌注的效果^[11]。目前应用 ART 治疗 ECMO 辅助下高危肺栓塞患者临床效果的相关研究较少。

本研究为一项前瞻性、单中心研究,报告了河南省人民医院重症医学科对高危肺栓塞患者在 VA-ECMO 支持下应用 ART 系统介入取栓治疗的临床效果,以期对高危肺栓塞患者的救治提供参考。现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象及方法:采用前瞻性临床观察性研究方法,选择 2021 年 1 月至 2023 年 12 月本院重症医学科收治的 5 例高危肺栓塞患者作为研究对象。

1.1.1 纳入标准:① 年龄≥18 岁者;② 诊断为高危肺栓塞者;③ 有溶栓禁忌证或溶栓后仍然存在顽固梗阻性休克者。

1.1.2 排除标准:① 合并严重且不可逆的中枢神经系统疾病或颅脑损伤者;② 存在严重凝血功能障碍者;③ 终末期恶性肿瘤患者;④ 患者或授权委托人拒绝 ECMO 辅助介入治疗者。

1.1.3 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:2112342133),对患者采取的治疗和检测均获得患者或家属知情同意。

1.2 治疗方法:充分评估 ECMO 的适应证及禁忌证后,对符合 ECMO 上机指征的患者经授权委托人知情同意后立即给予 VA-ECMO 支持,同时联系血管外科医师评估病情,在 VA-ECMO 支持下行 PA+ 介入下肺动脉血栓抽吸术,所有患者在怀疑急性肺栓塞诊断后如无禁忌立即接受静脉普通肝素抗凝治疗。

ECMO 建立与方式:选择股静脉和股动脉(双侧或单侧),超声定位评估后行经皮穿刺置管。静脉输出端导管选择 21 Fr,动脉回流端导管选择 15 ~ 17 Fr,设置流量为 2.5 ~ 3.5 L/min。

ECMO 期间的管理:ECMO 运转后应用普通肝素抗凝,维持活化凝血时间(activates clotting time, ACT)为 180 ~ 220 s 或活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)为正常参考值的 2 倍。

ECMO 撤离时机:血栓抽吸术后,如心脏功能恢复,血流动力学稳定,经床旁超声评估左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) ≥ 0.30 ,主动脉血流速度时间积分(aortic flow velocity time integral, VTI) ≥ 12 cm 时,右心室恢复,肺动脉压力下降,可撤离 ECMO^[14]。

介入肺动脉抽栓流程:通过股总静脉或颈内静脉建立通路进行血管穿刺,在插入血管鞘后,导丝通过下腔静脉向右心房和右室推进,并进一步进入肺动脉,将 AngioJet 系统推进到 0.088 9 cm 的硬亲水导丝上,导丝穿过栓塞部位,并在亚段分支的远端锚定。在激活 Solent Omni 导管前,通过导管腔注入造影剂,确保血管直径在 3 mm 以上。ART 前,在排除绝对禁忌的情况下,如头部创伤、脑部手术等重大外科手术,通过第二流出腔直接向血栓局部注射辅助尿激酶(200 kU)。局部溶栓后 15 ~ 20 min 行溶栓取栓,并在血栓内来回激活导管,至少 2 次,每次不超过 7 ~ 10 s,直至所有肺动脉主要分支重新开通或患者血流动力学状况得到改善^[11]。血栓抽吸后如无禁忌,均应采用普通肝素抗凝,24 h 内使 APTT 达到并维持在正常参考值的 1.5 ~ 2.5 倍。

1.3 观察指标:① 一般资料:性别、年龄及血栓形成高危因素〔高血压、糖尿病、恶性肿瘤、吸烟史、近期创伤、近期(<4 周)行手术或侵入性操作、骨折制动〕;② 实验室检查结果:N 末端脑钠肽前体(N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、肌钙蛋白 I(troponin I, TnI)、D-二聚体;③ 超声和影像学检查:床旁超声、CTPA;⑤ 临床资料:简化

肺栓塞严重程度指数(simplified pulmonary embolism severity index, sPESI)、初始治疗措施、介入取栓结局、介入血栓抽吸前后床旁超声下心尖四腔心切面右心室/左心室(right ventricle/left ventricle, RV/LV)直径比值、氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)、VA-ECMO 持续时间、介入取栓并发症(如无法控制的心动过缓或停搏、血管损伤、急性肾功能不全、高钾血症)、VA-ECMO 并发症、VA-ECMO 撤离及 30 d 生存情况。

1.4 统计学方法:采用描述性分析方法,数据均以用例数、百分比表示。

2 结果

2.1 一般资料:5 例患者年龄为 66 ~ 86 岁,4 例患者为女性;4 例患者为外科手术后出现肺栓塞,3 例为消化系统肿瘤术后,1 例患者为右侧股骨颈骨折术后,1 例患者未筛查到影响血栓形成的常见危险因素(表 1)。

表 1 5 例高危肺栓塞患者的肺栓塞危险因素

危险因素	例数 (例)	百分比 (%)	危险因素	例数 (例)	百分比 (%)
高血压	1	20	近期手术或侵入性操作(<4 周)	4	80
糖尿病	1	20	骨折制动	1	20
恶性肿瘤	3	60	未筛查到影响血栓形成的常见危险因素	1	20
吸烟	1	20			
近期 4 周有创伤	1	20			

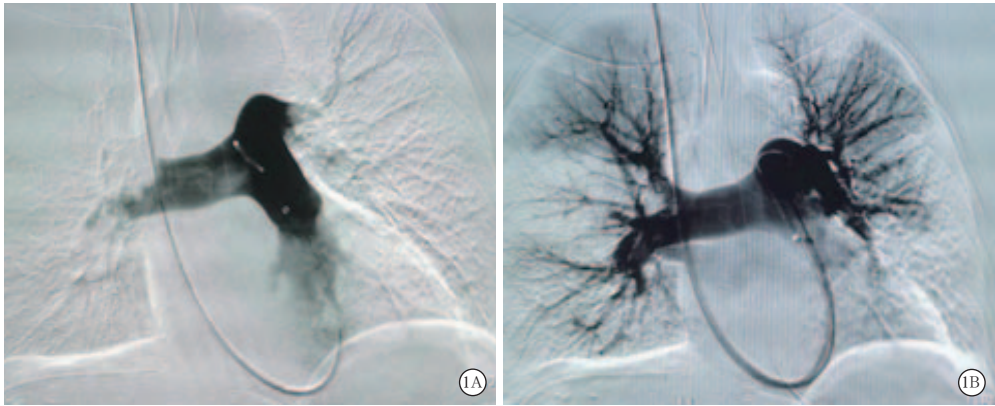
2.2 影像学检查结果:4 例患者经 CTPA 确诊为肺栓塞,1 例患者急诊床旁超声提示右心室扩张(右心室舒张期末内径/左室舒张期末内径 > 1.0),左室受压明显(D 字征),其中 1 例于右心室内见血栓影;5 例患者均经 PA 证实肺动脉主干及(或)左右肺动脉及其分支充盈缺损。

2.3 VA-ECMO 辅助治疗的临床资料:5 例患者中 3 例在发病过程中出现心搏骤停,2 例发生心搏骤停后紧急行急诊体外心肺复苏(extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR),1 例患者心肺复苏成功后存在梗阻性休克及低氧血症启动 VA-ECMO,余 2 例患者经溶栓治疗效果不佳,顽固性低氧血症经团队评估后启动 VA-ECMO。5 例患者 VA-ECMO 治疗相关资料见表 2。

2.4 治疗结果及预后:5 例患者在 VA-ECMO 辅助下均顺利进行了介入取栓治疗,取栓术后双肺动脉显影明显改善(图 1),介入血栓抽吸后 5 例患者心尖四腔心切面 RV/LV 直径比值均明显下降,循环状态好转;4 例患者 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 明显升高,1 例患者血

表 2 5 例 VA-ECMO 辅助治疗肺栓塞患者的临床资料															
病例	性别	年龄 (岁)	高危 因素	心搏 骤停	ECMO 启 动地点	肺栓塞 诊断	DVT	D- 二聚体 (mg/L)	TnI (μg/L)	NT-proBNP (ng/L)	sPESI	溶栓 治疗	VA-ECMO 持续 时间 (h)	入住 ICU 时间 (d)	结局
1	女性	67	不明	否	ICU	CTPA	是	163.75	0.010	3 790	3	是	71.5	10	治愈
2	男性	86	骨折制动	否	手术室	床旁超声	是	34.17	0.012	2 170	5	否	152.0	14	死亡
3	女性	67	肝癌、手术	是	ICU	CTPA	是	80.00	3.670	4 120	4	否	54.0	7	治愈
4	女性	73	胃癌	是	ICU	CTPA	是	6.61	0.330	1 460	5	否	92.0	13	治愈
5	女性	66	手术	是	ICU	CTPA	是	24.85	3.220	774	4	是	134.5	14	治愈

注：DVT 为深静脉血栓



注：A 为血栓抽吸前造影显示肺动脉主干及分支明显充盈缺损，B 为血栓抽吸后肺动脉及分支显影良好

图 1 VA-ECMO 辅助介入血栓抽吸前后 PA 成像

栓抽吸后早期氧合改善不明显,术后继续抗凝治疗后氧合逐渐改善。1 例患者抽栓过程中发生窦性心动过缓,最低心率降至 22 次/min,暂停操作后心率上升,未发生血管损伤、溶血等并发症(表 3)。

表 3 5 例患者 VA-ECMO 辅助介入血栓抽吸前后循环、氧合变化及并发症发生情况					
病例	RV/LV 直径比值		PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)		并发症
	血栓抽吸前	血栓抽吸后	血栓抽吸前	血栓抽吸后	
1	1.27	0.79	73.80	168.77	无
2	1.46	0.93	52.50	88.20	无
3	1.33	0.81	81.40	179.30	窦性心动过缓
4	1.04	0.65	69.70	203.18	无
5	1.15	0.73	90.20	232.62	无

注：1 mmHg≈0.133 kPa

5 例患者均成功撤离 VA-ECMO,其中 1 例撤离 VA-ECMO 后在 30 d 内因感染所致脓毒症、全身多器官功能衰竭死亡;3 例患者在治疗过程中合并肺炎,其中 1 例患者继发肺部真菌感染,未出现 VA-ECMO 管路相关感染及大出血的不良事件,治疗过程中未发生颅内出血等致命出血事件。

3 讨 论

对于高危肺栓塞患者,VA-ECMO 辅助介入抽栓能迅速解除肺动脉梗阻,有效改善血流动力学不稳定及右心功能状态。目前有研究者认为 ECMO

对高危肺栓塞所致心源性休克患者可发挥重要作用,它可起到桥梁作用,为进一步肺动脉再灌注治疗,如介入抽栓或血栓切除术提供时间^[15]。

目前血栓抽吸术在肺栓塞患者中的应用多为观察性研究,应用在高危肺栓塞患者的研究报告较少。一项研究描述了血栓抽吸对 104 例中危肺栓塞患者的治疗效果,结果显示,抽吸术后 RV/LV 直径比值明显降低,术后 48 h 内严重不良事件发生率为 3.8% (4 例),包括 1 例严重出血事件和 1 例肺血管损伤,无脑出血报告;另外 2 名患者在手术期间或术后立即出现呼吸功能恶化,需要紧急气管插管^[18]。2021 年美国一项多中心研究对 119 例血流动力学稳定但右心功能下降的中危肺栓塞患者应用血栓抽吸治疗,结果显示,术后 48 h RV/LV 直径比值平均下降 27.3%,该研究中 2 例患者出现大出血,其中 1 例死亡^[10]。Li 等^[11]对 44 例肺栓塞患者,包括中高危 23 例、高危 21 例,应用血栓抽吸治疗,结果显示,术后不同病情程度两组患者临床症状、血流动力学和 PA 参数均有显著改善;患者住院期间病死率为 28.6%,死亡病例均为高危肺栓塞患者。

影响 VA-ECMO 患者预后的因素较多,其中 ECMO 支持时间长及未能成功撤机是 VA-ECMO 患者死亡的危险因素^[19],本研究中 5 例 VA-ECMO 支

持下行介入抽栓救治的高危肺栓塞患者均成功撤离 VA-ECMO, VA-ECMO 持续时间为 54.0~152.0 h, 患者 30 d 生存 4 例; Yusuff 等^[20] 研究显示, 启动 ECMO 后急性高危肺栓塞患者的生存率达 69.23% (54/78)。Kluis 等^[21] 研究显示, 应用 ECMO 辅助救治的高危肺栓塞患者总体生存率为 69.0%。本研究患者生存比例与 Kluis 等^[21] 的研究结果相似。

本研究有 3 例患者发生心搏骤停, 其中 2 例启动 ECPR, 在所有原因的心搏骤停情况下实施 VA-ECMO 时生存率较低, Meta 分析显示, 出现心搏骤停的肺栓塞患者, 即使在接受心肺复苏成功后, 30 d 生存率仅为 34.0%^[22]。韩辉等^[23] 的研究表明, 应用 ECMO 救治术后致死性肺栓塞心搏骤停患者取得良好的效果, 本研究 ECPR 患者均成功撤离 VA-ECMO, 30 d 内生存 4 例, 提示 VA-ECMO 可能会改善发生心搏骤停肺栓塞患者的临床预后。但需要注意的是, VA-ECMO 辅助下导管取栓术作为急性肺栓塞的治疗手段, 其有效性和安全性很大程度上取决于医疗中心设备的可用性及工作人员的技术和经验。

本研究局限性: 首先, 本研究样本量小, 且为单中心、观察性研究, VA-ECMO 辅助介入取栓在高危肺栓塞患者中的应用效果还需要高质量研究进一步探讨; 其次, 对于存在溶栓禁忌证溶栓失败的高危肺栓塞患者, 尤其是发生心搏骤停的患者, 使用 VA-ECMO 辅助下介入血栓抽吸治疗可能会改善预后, 但具体适应证及 VA-ECMO 启动的合适时机需要进一步探讨。

4 结 论

高危肺栓塞患者有较高的病死率, 当存在溶栓禁忌证患者溶栓失败时, 尤其是高危肺栓塞患者出现心搏骤停时, 应用 ECMO 辅助血栓抽吸治疗可能是挽救患者生命的一项重要措施, 但规范的处理流程仍需要进一步研究来阐明。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS) [J]. Eur Heart J, 2020, 41 (4): 543–603. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz405.
- [2] Zhang Z, Lei JP, Shao X, et al. Trends in hospitalization and in-hospital mortality from VTE, 2007 to 2016, in China [J]. Chest, 2019, 155 (2): 342–353. DOI: 10.1016/j.chest.2018.10.040.
- [3] Kobayashi T, Pugliese S, Sethi SS, et al. Contemporary management and outcomes of patients with high-risk pulmonary embolism [J]. J Am Coll Cardiol, 2024, 83 (1): 35–43. DOI: 10.1016/j.jacc.2023.10.026.
- [4] Becattini C, Agnelli G, Lankeit M, et al. Acute pulmonary

- embolism: mortality prediction by the 2014 European Society of Cardiology risk stratification model [J]. Eur Respir J, 2016, 48 (3): 780–786. DOI: 10.1183/13993003.00024–2016.
- [5] Stein PD, Matta F, Hughes MJ. Hospitalizations for high-risk pulmonary embolism [J]. Am J Med, 2021, 134 (5): 621–625. DOI: 10.1016/j.amjmed.2020.10.029.
- [6] Ebner M, Sentler C, Harjola VP, et al. Outcome of patients with different clinical presentations of high-risk pulmonary embolism [J]. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care, 2021, 10 (7): 787–796. DOI: 10.1093/ehjacc/zuab038.
- [7] Millington SJ, Aissaoui N, Bowcock E, et al. High and intermediate risk pulmonary embolism in the ICU [J]. Intensive Care Med, 2024, 50 (2): 195–208. DOI: 10.1007/s00134–023–07275–6.
- [8] Pietrasik A, Kurzyna P, Szwed P, et al. Treatment of high- and intermediate-high-risk pulmonary embolism by the pulmonary embolism response team: focus on catheter-directed therapies [J]. Cardiol J, 2024, 31 (2): 215–225. DOI: 10.5603/CJ.a2023.0047.
- [9] Finocchiaro S, Mauro MS, Rochira C, et al. Percutaneous interventions for pulmonary embolism [J]. EuroIntervention, 2024, 20 (7): e408–e424. DOI: 10.4244/EIJ-D–23–00895.
- [10] Sista AK, Horowitz JM, Tapson VF, et al. Indigo aspiration system for treatment of pulmonary embolism: results of the EXTRACT-PE trial [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2021, 14 (3): 319–329. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.09.053.
- [11] Li K, Cui MZ, Zhang KW, et al. Treatment of acute pulmonary embolism using rheolytic thrombectomy [J]. EuroIntervention, 2021, 17 (2): e158–e166. DOI: 10.4244/EIJ-D–20–00259.
- [12] Leiva O, Alviar C, Khandhar S, et al. Catheter-based therapy for high-risk or intermediate-risk pulmonary embolism: death and re-hospitalization [J]. Eur Heart J, 2024, 45 (22): 1988–1998. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae184.
- [13] Giri J, Sista AK, Weinberg I, et al. Interventional therapies for acute pulmonary embolism: current status and principles for the development of novel evidence: a scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2019, 140 (20): e774–e801. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000707.
- [14] Pasrija C, Kronfli A, George P, et al. Utilization of veno–arterial extracorporeal membrane oxygenation for massive pulmonary embolism [J]. Ann Thorac Surg, 2018, 105 (2): 498–504. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2017.08.033.
- [15] Goldberg JB, Giri J, Kobayashi T, et al. Surgical management and mechanical circulatory support in high-risk pulmonary embolisms: historical context, current status, and future directions: a scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2023, 147 (9): e628–e647. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001117.
- [16] Corsi F, Lebreton G, Bréchet N, et al. Life-threatening massive pulmonary embolism rescued by venoarterial–extracorporeal membrane oxygenation [J]. Crit Care, 2017, 21 (1): 76. DOI: 10.1186/s13054–017–1655–8.
- [17] Zwischenberger JB, Pitcher HT. Extracorporeal membrane oxygenation management: techniques to liberate from extracorporeal membrane oxygenation and manage post-intensive care unit issues [J]. Crit Care Clin, 2017, 33 (4): 843–853. DOI: 10.1016/j.ccc.2017.06.006.
- [18] Tu T, Toma C, Tapson VF, et al. A prospective, single-arm, multicenter trial of catheter-directed mechanical thrombectomy for intermediate-risk acute pulmonary embolism: the FLARE study [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2019, 12 (9): 859–869. DOI: 10.1016/j.jcin.2018.12.022.
- [19] 陈吉润, 钱进, 彭伟, 等. 静脉–动脉体外膜肺氧合患者预后影响因素分析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2024, 31 (6): 670–675. DOI: 10.3969/j.issn.1008–9691.2024.06.006.
- [20] Yusuff HO, Zochios V, Vuylsteke A. Extracorporeal membrane oxygenation in acute massive pulmonary embolism: a systematic review [J]. Perfusion, 2015, 30 (8): 611–616. DOI: 10.1177/0267659115583377.
- [21] Kluis A, Eisenga J, Squiers JJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for patients with pulmonary embolism undergoing thrombolysis [J]. Ann Thorac Surg, 2022, 114 (1): e55–e57. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2021.08.065.
- [22] Javaudin F, Lascarrou JB, Le Bastard Q, et al. Thrombolysis during resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest caused by pulmonary embolism increases 30-day survival: findings from the French National Cardiac Arrest Registry [J]. Chest, 2019, 156 (6): 1167–1175. DOI: 10.1016/j.chest.2019.07.015.
- [23] 韩辉, 李远, 张建宁, 等. ECMO 救治术后致死性肺栓塞致心搏骤停患者——附 5 例报告 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2021, 28 (4): 481–484. DOI: 10.3969/j.issn.1008–9691.2021.04.022.

(收稿日期: 2025–02–17)
(责任编辑: 邱美仙)