

## • 临床病例 •

## 应用 Crescent 双腔导管的改良静脉-动脉体外膜肺氧合联合介入手术治疗高危型肺栓塞患者 1 例

张科<sup>1</sup> 莫松<sup>2</sup> 韦金豆<sup>1</sup> 陈兆菁<sup>3</sup> 苏奕明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 广西医科大学第四附属医院 / 柳州市工人医院血管外科, 柳州 545000; <sup>2</sup> 广西医科大学第四附属医院 / 柳州市工人医院重症医学科, 柳州 545000; <sup>3</sup> 河池市第一人民医院肝胆血管外科, 河池 546300

通信作者: 苏奕明, Email: 119678555@qq.com

**【摘要】** 高危型肺栓塞起病急骤, 进展迅猛, 病死率高, 建立高效的多学科协作救治体系至关重要。本文报道 1 例因跌倒致多发伤、下肢深静脉血栓形成后突发高危型肺栓塞患者的救治过程。患者男性, 61 岁, 因“跌倒致全身多发伤 5 d, 气促 8 h”于 2024 年 8 月入住广西医科大学第四附属医院。患者 5 d 前因跌倒致全身多发伤在河池市第一人民医院住院治疗, 其间因下肢深静脉血栓形成置入下腔静脉滤器, 滤器置入术后次日出现呼吸困难, 经呼吸机辅助通气、血管活性药物支持后仍存在顽固性低氧血症 [脉搏血氧饱和度 (SpO<sub>2</sub>) 80%~85%] 和血流动力学不稳定 (休克指数 > 1), 急查胸部增强 CT 提示右肺动脉主干栓塞。经外院联系, 广西医科大学第四附属医院肺栓塞救治团队 (PERT) 立即启动跨区域驰援, 到外院后应用 Crescent 双腔导管紧急建立改良静脉-动脉体外膜肺氧合 (V-A ECMO) 以稳定循环, 继而在 ECMO 支持下安全转运回广西医科大学第四附属医院, 并急诊行介入手术吸除肺动脉血栓, 术后血流动力学和血氧改善, 术后第 1 天成功撤除 ECMO (ECMO 总运行时间约 28 h), 撤机后面罩吸氧下动脉血氧饱和度 (SaO<sub>2</sub>) 达 97.8%, 休克指数降至 0.83。患者于术后第 5 天可下床活动, 无胸闷气促, 术后 3、6、12 个月电话随访恢复良好。本例患者的成功救治, 验证了“跨区域 PERT 协作-改良 V-A ECMO 支持-介入手术”一体化模式在救治存在转运风险的高危型肺栓塞患者中的有效性与可行性。该模式能够快速、安全地建立高级生命支持, 为后续介入手术创造了条件, 是处理此类复杂高危型肺栓塞病例的一种有效策略, 但其整体流程的优化和普适性仍需更大样本的临床研究进一步实践和验证。

**【关键词】** Crescent 双腔导管; 肺栓塞; 改良静脉-动脉体外膜肺氧合; AngioJet; 肺栓塞救治团队

**基金项目:** 柳州市临床重点专科“登高计划”建设项目 (2024-12)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20251027-00528

**A case report of modified venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation combined with interventional therapy for high-risk pulmonary embolism using a Crescent double-lumen catheter**

Zhang Ke<sup>1</sup>, Mo Song<sup>2</sup>, Wei Jindou<sup>1</sup>, Chen Zhaojing<sup>3</sup>, Su Yiming<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Vascular Surgery, The Fourth Affiliated Hospital of Guangxi Medical University/Liuzhou Workers' Hospital, Liuzhou 545000, China; <sup>2</sup>Department of Intensive Care Unit, The Fourth Affiliated Hospital of Guangxi Medical University/Liuzhou Workers' Hospital, Liuzhou 545000, China; <sup>3</sup>Department of Hepatobiliary and Vascular Surgery, The First People's Hospital of Hechi City, Hechi 546300, China

Corresponding author: Su Yiming, Email: 119678555@qq.com

**【Abstract】** High-risk pulmonary embolism is characterized by acute onset, rapid progression, and high mortality, underscoring the critical need for establishing an efficient multidisciplinary collaborative rescue system. This article reports the successful management of a 61-year-old male patient with high-risk pulmonary embolism following multiple injuries from a fall and subsequent deep vein thrombosis. In August 2024, the patient was admitted to The Fourth Affiliated Hospital of Guangxi Medical University with the chief complaint of "5 days of general multiple traumas after a fall and 8 hours of dyspnea". Five days prior to admission, the patient was hospitalized at The First People's Hospital of Hechi City for multiple injuries caused by a fall, during which an inferior vena cava filter was placed due to lower extremity deep vein thrombosis. The day after filter implantation, the patient developed dyspnea. Despite mechanical ventilation and vasoactive drug support, the patient still presented with persistent refractory hypoxemia [pulse oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) 80%-85%] and hemodynamic instability (shock index > 1). Emergency contrast-enhanced chest CT revealed embolism in the right main pulmonary artery. Upon consultation from the external hospital, the Pulmonary Embolism Response Team (PERT) of The Fourth Affiliated Hospital of Guangxi Medical University immediately initiated cross-regional rescue. Upon arrival at the external hospital, the modified venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation (V-A ECMO) circuit was emergently established using a Crescent dual-lumen catheter to stabilize circulation. The patient was then safely transferred back to The Fourth Affiliated Hospital of Guangxi Medical University under ECMO support, and underwent emergency interventional pulmonary thrombectomy using the AngioJet system. Postoperatively, hemodynamic and blood oxygen parameters improved significantly. ECMO was successfully removed on the first postoperative day, with a total ECMO run time of approximately 28 hours. After ECMO weaning, the arterial

oxygen saturation (SaO<sub>2</sub>) reached 97.8% with face mask oxygen, and the shock index decreased to 0.83. The patient was able to ambulate on the 5th postoperative day without chest tightness or dyspnea. Telephone follow-ups at 3, 6, and 12 months showed favorable recovery. The successful rescue of this patient validates the effectiveness and feasibility of the integrated model of "cross-regional PERT collaboration-modified V-A ECMO support-interventional surgery" for high-risk pulmonary embolism patients with transfer risks. This model enables the rapid and safe establishment of advanced life support, creating conditions for subsequent interventional surgery, and is an effective strategy for managing such complex high-risk pulmonary embolism cases. However, the optimization of the overall workflow and its generalizability still require further practice and verification through larger-sample clinical studies.

**【Key words】** Crescent double-lumen catheter; Pulmonary embolism; Modified venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation; AngioJet; Pulmonary Embolism Response Team

**Fund program:** Liuzhou Clinical Key Specialty "Denggao Plan" Construction Project (2024-12)

DOI: 10.3760/ema.j.cn121430-20251027-00528

高危型肺栓塞起病急骤,进展迅猛,调查显示该类患者症状出现后 1 h 内病死率可达 43.6%<sup>[1]</sup>,凸显建立高效救治体系的迫切性。2022 年中国肺栓塞救治团队(Pulmonary Embolism Response Team, PERT)联盟发布了专家共识<sup>[2]</sup>,为提高肺栓塞救治能力提供了重要行动指引,然而目前仅 27% 的三级医院配备完整 PERT<sup>[3]</sup>,共识的落地与实践之间仍有显著差距。在此背景下,广西医科大学第四附属医院通过跨区域 PERT 协作,采用 Crescent 双腔导管行改良静脉-动脉体外膜肺氧合(venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation, V-A ECMO; 图 1)联合介入手术成功救治 1 例高危型肺栓塞患者,患者术后短期内成功脱机并恢复良好。该案例展现了 PERT 在高危型肺栓塞患者救治中的关键价值,现报告如下,以资交流与借鉴。

**1 临床资料**

患者男性,61 岁,既往史无特殊,因“跌倒致全身多发伤 5 d,气促 8 h”于 2024 年 8 月凌晨入住广西医科大学第四附属医院。患者 5 d 前因跌倒致左侧腕部活动障碍伴左侧胸背部疼痛至河池市第一人民医院就诊,当日行头胸部

CT 提示:① 考虑右侧额叶血肿;② 左侧锁骨、左侧胸骨、左侧肋骨及椎体多发骨折。患者头胸部及左侧上肢多发伤,在当地医院予以保守治疗。2 d 前查双下肢静脉超声提示:右侧股浅静脉及腘静脉血栓形成,请血管外科医师会诊后当天行下腔静脉滤器置入术。8 h 前患者突发气促、胸闷、呼吸困难,转重症监护病房(intensive care unit, ICU)后行气管插管术并予以呼吸机辅助呼吸,急查头胸部增强 CT 主要提示:① 考虑右肺动脉主干栓塞(图 2);② 两肺挫伤,左侧胸腔积液(血);③ 考虑右侧额叶小血肿。患者经气管插管呼吸机辅助通气仍有顽固性低氧血症,脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>)为 80%~85%(表 1),予多巴胺 15 μg·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>维持循环下休克指数仍>1(表 1;呼吸机支持后),该院主诊医师联系广西医科大学第四附属医院血管外科医师,血管外科医师在了解病情后立即启动 PERT,经讨论后制定治疗方案,具体为广西医科大学第四附属医院体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)团队至该院行 ECMO 循环支持保证转运安全后再回广西医科大学第四附属医院进一步介入手术治疗。

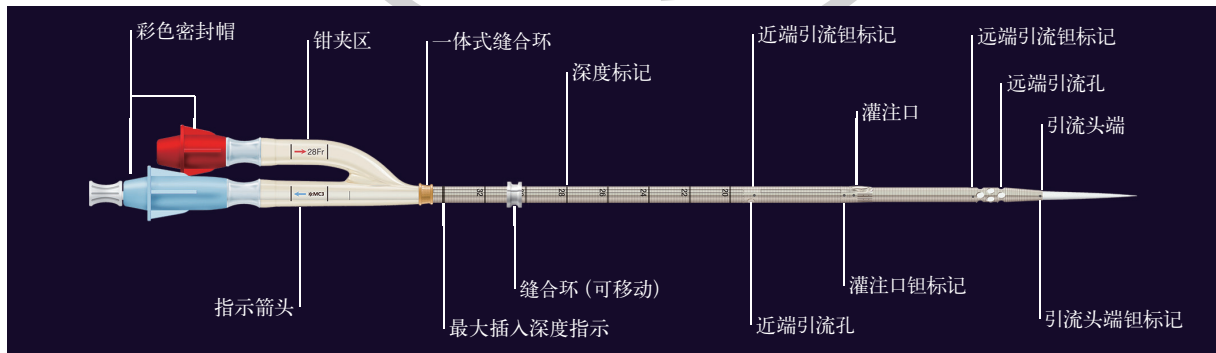


图 1 Crescent 双腔体外膜肺氧合导管示意图,导管自带两个缝合环以加强固定

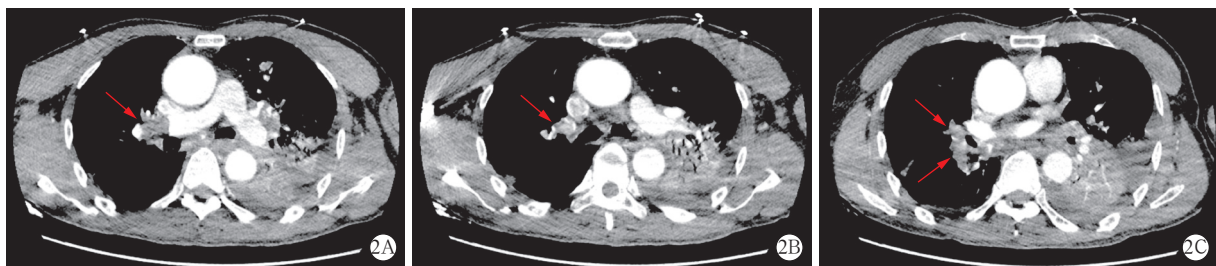


图 2 1 例男性 61 岁高危型肺栓塞患者影像学检查 CT 示右肺动脉主干栓塞(A,箭头所示)、右上叶、中叶动脉栓塞(B,箭头所示)、右下叶动脉栓塞(C,箭头所示)

表 1 1 例男性 61 岁高危型肺栓塞患者救治过程中关键生理参数变化情况

时间	PaO <sub>2</sub> (mmHg)	SaO <sub>2</sub> (%)	SpO <sub>2</sub> (%)	HR (次/min)	血压 (mmHg)	休克指数	乳酸 (mmol/L)	ECMO 流量 (L/min)
病情恶化后(第 1 天 21:33)	31.0	38.0	74.0	139	121/93	1.14	4.0	
呼吸机支持后(第 2 天 00:05)	56.0	82.0	80.0	110	103/70	1.06	1.2	
ECMO 上机前(第 2 天 03:08)			85.0	97	96/59	1.01		
ECMO 上机后(第 2 天 04:40)			100.0	104	107/79	0.97		3.5
介入术前(第 2 天 05:55)			99.0	98	110/70	0.89		3.3
介入术后(第 2 天 10:41)	79.2	97.5	99.0	95	122/75 <sup>a</sup>	0.78	2.4	3.3
撤机前(第 3 天 05:58)	128.1	98.5	100.0	90	99/63 <sup>a</sup>	0.91	1.7	2.0
撤机前(第 3 天 09:00)			98.0	86	112/62 <sup>a</sup>	0.77		1.9
撤机后(第 4 天 06:31)	107.2	97.8	100.0	100	145/90 <sup>a</sup>	0.83	1.3	
撤机后(第 5 天 05:42)	91.4	96.9	99.0	92	141/71 <sup>a</sup>	0.65	0.9	

注:ECMO 为体外膜肺氧合,PaO<sub>2</sub> 为动脉血氧分压,SaO<sub>2</sub> 为动脉血氧饱和度,SpO<sub>2</sub> 为脉搏血氧饱和度,HR 为心率;1 mmHg=0.133 kPa;a 代表有创血压;乳酸值对应的时间为血气分析报告时间,同时匹配其报告时间之前最近的一个准点生命体征;空白代表无此项



图 3 1 例男性 61 岁高危型肺栓塞患者取栓术前(A)与术后(B)血管造影对比 红色箭头示右肺动脉栓塞,蓝色箭头示颈静脉双腔体外膜肺氧合导管

转运中心及 ECMO 团队在 PERT 启动后 1 h 内出发接诊,驱车百公里到达外院后行改良 V-A ECMO,操作步骤:① 穿刺右颈静脉后,在数字减影血管造影(digital subtraction angiography,DSA)系统引导下将 Crescent 双腔导管置入腔静脉,确保原灌注口对准三尖瓣方向后固定;② 常规置入左股动脉远、近心端灌注管;③ 将双腔导管的两个接口接入泵前引流管;④ 完成安装后进行抗凝及流量管理,其中肝素负荷量 50 U/kg,活化凝血时间(activated clotting time,ACT)目标值 160~180 s(基于患者外伤),ECMO 流量维持在 3.5 L/min 左右[目标平均动脉压 $\geq$ 65 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO<sub>2</sub>) $\geq$ 80 mmHg,乳酸 $<$ 1.8 mmol/L],减轻右心前负荷,尽量降低左心后负荷,观察主动脉瓣活动情况。ECMO 安装后患者 SpO<sub>2</sub> 立即升至 100%,休克指数降至 0.97(表 1),出诊 5 h 后回到广西医科大学第四附属医院。

入院后经绿色通道进入复合手术室,考虑患者存在溶栓禁忌,予行肺动脉 AngioJet 吸栓术。简要手术步骤:① 穿刺右侧股总静脉后置入 6F 短鞘,经鞘行肺动脉造影,提示右肺

动脉主干栓塞,血流明显受限(图 3A);② 置入交换导丝后置入 6F 长鞘,将 6F 长鞘小心通过下腔静脉滤器至下腔静脉近心端(避免后续操作使腔静脉位移),随后使用猪尾导管在肺动脉干再次行肺动脉造影;③ 将 6F AngioJet 吸栓导管分别置入至右肺动脉上叶主干、中叶主干、下叶主干,匀速撤退导管(撤退速度 1~2 mm/s)并喷洒肝素盐水,浸泡 15 min 后吸栓导管依次进入上述栓塞血管,吸栓过程导管匀速撤退(撤退速度 1~2 mm/s,每次吸栓时长 5~7 s,2 次吸栓间隔 5~7 s;图 4);④ 吸栓完毕后再次进行肺动脉造影,造影示右肺动脉主干血栓基本清除,血流基本恢复正常(图 3B);⑤ 撤除导管及鞘,术毕将患者送回 ICU 监护治疗。术后第 1 天,患者经评估可撤离 ECMO(ECMO 总运行时间约 28 h),撤离 ECMO 后面罩吸氧下动脉血氧饱和度(arterial oxygen saturation, SaO<sub>2</sub>)为 97.8%,余生理参数改善情况见表 1。术后第 2 天由 ICU 转回普通病房继续治疗。术后第 5 天,患者自主下床活动后无胸闷、气紧不适,随后回当地医院继续治疗。术后 3、6、12 个月电话随访,患者一般情况良好,日常活动无胸闷、气紧不适,因经济及距离原因未再次返院复查。

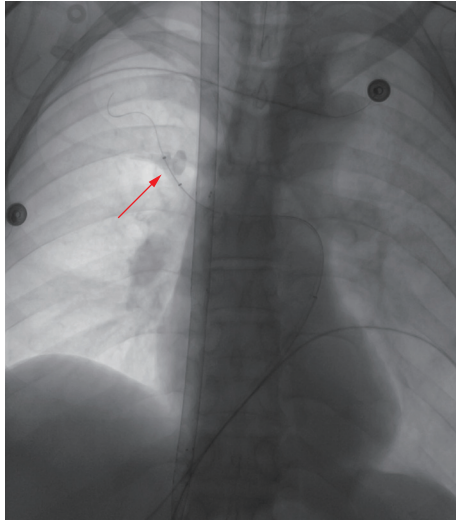


图4 1例男性61岁高危型肺栓塞患者AngioJet导管吸栓图像,两个黑色标记点之间为导管工作区(箭头所示)

## 2 讨论

本例高危型肺栓塞患者的跨区域救治过程,是两家医院多学科团队精准契合《急性肺栓塞多学科团队救治中国专家共识》<sup>[2]</sup>及《急性肺栓塞诊断和治疗指南 2025》<sup>[3]</sup>推荐流程的一次成功实践。本例在建立协作网络的基础上远程启动了PERT机制,迅速进行多学科讨论得出诊疗方案并即刻出诊,至外院行ECMO循环支持保证转运安全,为后续手术成功及迅速康复奠定了基础,最终使患者获得了良好的预后,在实践中印证了PERT“快速反应,联合行动,正确决策”的核心理念对该类复杂案例可带来临床获益,并为其他中心提供了可复制的经验。

根据本例患者存在血流动力学障碍、顽固性低氧血症、溶栓禁忌、已置入滤器的病例特点,广西医科大学第四附属医院PERT经讨论后采用了ECMO团队先至外院建立ECMO维持循环,再回医院急诊介入手术抽吸肺动脉血栓的治疗方案。值得一提的是,尽管国内外诸多报道AngioJet应用于肺栓塞取得良好效果<sup>[4-6]</sup>,但其因心律失常等风险仍存在使用争议<sup>[7]</sup>,虽然有学者报道缩短单次吸栓时长至7s以内可大大降低心律失常风险<sup>[8]</sup>,但在有条件的中心仍推荐使用Indigo System<sup>[9]</sup>、FlowTreiver<sup>[10]</sup>和Tendvia<sup>[11]</sup>3种更安全的肺动脉专用取栓系统。

本案例采用的改良V-A ECMO插管策略,其核心设计理念在于构建多层次、前瞻性的“安全冗余”系统,以应对高危型肺栓塞救治中的多重不确定性,具体体现在:其一,在血栓管理层面构建结构性安全冗余。我们创新性地改良Crescent双腔导管实现上(上腔静脉)、中(右心房)、下(下腔静脉)三路引流,这不仅保障了引流充分性,其双腔三口的设计更是一种关键的空间冗余。在本例介入取栓术中,血栓脱落堵塞单一管腔的风险极高,而改良后的插管策略通过预留的备用引流路径,可有效预防因单一管口急性堵塞所致的循环崩溃,从而规避传统单点引流管作为“单一故障点”的潜在风险。目前国内外研究ECMO的血栓事件主要聚焦于血

栓形成<sup>[12-13]</sup>,针对此类特殊患者通过结构性改良预防血栓栓塞引流导管的报道罕见,其临床价值需更多实践验证。其二,在血管路径与器械互动层面实现策略性安全冗余。对于本例已置入下腔静脉滤器的患者,该方案避免了传统经股静脉置引流管可能引发的滤器移位、捕获血栓而堵管等并发症,并保留了宝贵的股静脉常规介入入路,从根本上规避了滤器、ECMO引流管、介入手术导管三者在下腔静脉有限空间内的交互冲突。正基于前两层冗余(引流安全与路径安全),在本案例中得以从容地、高效地经熟悉的右侧股总静脉入路快速完成介入吸栓手术而未发生引流障碍事件。其三,在治疗模式层面预留动态性安全冗余。改良后的Crescent导管构型具备高度的灵活性,构成了应对病情变化的“预案冗余”。若患者后续出现南北综合征<sup>[14]</sup>、心肺功能恢复不同步<sup>[15-16]</sup>等情况,可在静脉-动脉-静脉体外膜肺氧合与静脉-静脉体外膜肺氧合模式间自由转换,避免二次置管。值得一提的是,Crescent双腔导管具有双重缝合环,较传统静脉引流管固定更为牢靠,但需注意,如患者因病情需要转为俯卧位通气或转换模式时要警惕导管位移,必要时经食管超声明确灌注口与三尖瓣的位置关系,从而进行导管角度和深度的调整。综上所述,基于上述策略,ECMO支持与介入手术效果显著,患者次日顺利撤机。需要说明的是,第三点“动态转换”冗余是针对更棘手并发症(如南北综合征)的深度预案;由于本例患者病情快速好转,故该预案未启用。然而,在血栓清除困难、ECMO运行时间延长的复杂病例中,这种“未雨绸缪”的插管策略所预留的安全冗余,为应对棘手病情提供有力保障,其终极价值在于为危重患者提供一个更具韧性的生命支持平台。

多篇文献报道,与单纯接受ECMO治疗相比,额外进行灌注治疗(溶栓、手术/导管取栓)可以降低患者病死率<sup>[17-19]</sup>。国内外指南中也提及,在顽固性休克以及心搏骤停的肺栓塞患者中应考虑ECMO联合外科取栓或导管治疗,而不是独立使用ECMO治疗<sup>[3,7]</sup>。ECMO具有强大的保护和桥接作用,可以在转诊、围手术期、再灌注治疗生效前提供血流动力学上的保障,因此,ECMO的角色不仅是循环崩溃后的挽救性治疗(补救措施),更是在预计病情将急剧恶化时的战略性早期支持,早期应用ECMO,可能为成功实施再灌注治疗、改善患者预后奠定关键基础。但ECMO带来的高风险尤其是出血风险同样值得关注,因此,同时采用溶栓治疗应更为慎重,导管取栓则兼具降低出血风险、保证再灌注效果及微创的优势。开放取栓对于肺动脉主干栓塞的治疗效果是立竿见影的,但对分支血栓难以同时处理,并且需要体外循环的支持,出血风险更高(体外循环需ACT>480s),创伤也更大。综上,在ECMO提供的生命支持下,具体再灌注的策略是基于多维度个体化权衡的复杂决策过程,PERT的价值正在于此,它作为决策核心,能够超越单一学科的局限,整合患者的具体病情、各种治疗方式的利弊以及中心的现实资源,优化得出最契合当前情境的个体化治疗方案,从而将高级生命支持的价值最大化。

本案例中,为优先建立 ECMO 循环支持及尽快介入手术解除梗阻性休克,有创动脉血压监测被延迟至手术后,这一决策虽契合危急重症“生命支持优先于精确监测”的抢救思路<sup>[20]</sup>,但也导致 ECMO 支持前后及介入手术期间缺乏精准的血流动力学数据,难以实现更精细的管理。上述局限性凸显了跨区域 PERT 接力救治中仍存在优化空间。未来,需建立更紧密的跨区域 PERT 协作机制,以保障核心救治时效性为前提,将精准监测的“时间窗”前移,为同步优化循环支持与精细化管理提供可行路径。具体可通过预警联动实现:上级 PERT 在接收预警时,即可指导下级团队优化药物治疗方案,并完善有创血压监测、乳酸监测等关键指标的采集。

### 3 结论

本案例通过成功的救治实践提示,“跨区域 PERT 协作-改良 V-A ECMO 支持-介入手术”的一体化高效救治模式,可能是处理此类高危型肺栓塞病例的有效策略。该模式中,基于 Crescent 双腔导管的改良 V-A ECMO 为安全转运及后续手术提供了稳定的循环与氧合支持,并且避免了与经股静脉介入治疗路径相互干扰;高效的 PERT 协作与快速响应机制则是整合多学科资源、制定并执行个体化方案的关键保障。然而,鉴于本研究为单一病例报告,上述观察结论的效力有限,其普遍适用性仍需未来开展大样本前瞻性研究,以获取更高等级的循证医学证据来验证其有效性。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 张科:实施研究、起草文章;莫松:实施研究、采集数据、分析/解释数据、对文章的知识性内容作批评性审阅;韦金豆:采集数据、分析/解释数据;陈兆菁:实施研究、采集数据、分析/解释数据;苏奕明:对文章的知识性内容作批评性审阅、获取研究经费、指导、支持性贡献

### 参考文献

- [1] Gifford RW Jr, Groves LK. Limitations in the feasibility of pulmonary embolectomy. A clinicopathologic study of 101 cases of massive pulmonary embolism[J]. *Circulation*, 1969, 39(4): 523-530. DOI: 10.1161/01.cir.39.4.523.
- [2] 中华医学会心血管病学分会,中国医师协会心血管内科医师分会肺血管疾病学组,中国肺栓塞救治团队(PERT)联盟.急性肺栓塞多学科团队救治中国专家共识[J]. *中华心血管病杂志*, 2022, 50(1): 25-35. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20210527-00455.
- [3] 中华医学会心血管病学分会,中华心血管病杂志编辑委员会.急性肺栓塞诊断和治疗指南 2025[J]. *中华心血管病杂志*, 2025, 53(6): 587-619. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20250225-00140.
- [4] 魏森,朱健,李晓强. AngioJet 血栓抽吸联合导管溶栓治疗急性中高危肺动脉栓塞的疗效分析[J/CD]. *中国血管外科杂志(电子版)*, 2024, 16(4): 380-382. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2024.04.015.
- [5] 张建陶,高红霞,田宇,等. AngioJet 血栓抽吸治疗急重症肺血栓栓塞症的疗效分析[J/CD]. *中国血管外科杂志(电子版)*, 2024, 16(1): 68-72. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2024.01.015.
- [6] 何楠,唐小斌,梁紫轲,等. AngioJet 机械性血栓抽吸术治疗

急性肺栓塞的疗效与安全性:附 3 例报告并文献回顾[J]. *中国普通外科杂志*, 2022, 31(6): 753-759. DOI: 10.7659/j.issn.1005-6947.2022.06.007.

- [7] The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. *Eur Respir J*, 2019, 54(3): 1901647. DOI: 10.1183/13993003.01647-2019.
- [8] 刘恒,崔明哲,李卫校,等. AngioJet 肺动脉血栓清除术中心律失常 5 例及文献回顾[J]. *中华血管外科杂志*, 2020, 5(1): 49-52. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-1863.2020.01.010.
- [9] EXTRACT-PE Investigators. 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.
- [10] Silver MJ, Gibson CM, Giri J, et al. Outcomes in high-risk pulmonary embolism patients undergoing FlowTriever mechanical thrombectomy or other contemporary therapies: results from the FLAME study[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2023, 16(10): e013406. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.013406.
- [11] 张文广,陈鹏飞,张萌帆,等. 国产新型肺动脉血栓取出装置治疗急性肺动脉栓塞的有效性与其安全性[J]. *中华放射学杂志*, 2023, 57(10): 1100-1105. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20221111-00905.
- [12] Nunez JI, Gosling AF, O'Gara B, et al. Bleeding and thrombotic events in adults supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation: an ELSO registry analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(2): 213-224. DOI: 10.1007/s00134-021-06593-x. Erratum in: *Intensive Care Med*, 2022, 48(5): 644-645. DOI: 10.1007/s00134-021-06605-w.
- [13] 彭伊梦,姚杨,李思雨,等. 体外膜肺氧合并发血栓发生率 meta 分析[J]. *临床荟萃*, 2024, 39(1): 5-11. DOI: 10.3969/j.issn.1004-583X.2024.01.001.
- [14] Torre DE, Pirri C. Harlequin syndrome in venoarterial ECMO and ECPPELLA: when ECMO and native or impella circulations collide: a comprehensive review[J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2025, 26(8): 39992. DOI: 10.31083/RCM39992.
- [15] 刘刚,李绪言,顾思超.《成人体外膜肺氧合技术操作规范(2024 年版)》解读:ECMO 适应证及禁忌证的把握[J/OL]. *中华重症医学电子杂志*, 2025, 11(1): 46-50. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2025.01.010.
- [16] European Society of Intensive Care Medicine Taskforce on ARDS. ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies[J]. *Intensive Care Med*, 2023, 49(7): 727-759. DOI: 10.1007/s00134-023-07050-7.
- [17] Farmakis IT, Sagoschen I, Barco S, et al. Extracorporeal membrane oxygenation and reperfusion strategies in high-risk pulmonary embolism hospitalizations[J]. *Crit Care Med*, 2024, 52(10): e512. DOI: 10.1097/CCM.0000000000006361.
- [18] Goldhaber SZ. ECMO and surgical embolectomy: two potent tools to manage high-risk pulmonary embolism[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76(8): 912-915. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.07.016.
- [19] Yuriditsky E, Bakker J, Alviar CL, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in high-risk pulmonary embolism: a narrative review[J]. *J Crit Care*, 2024, 84: 154891. DOI: 10.1016/j.jccr.2024.154891.
- [20] CRICS-TRIGGERSEP F-CRIN Network and the EVERDAC Trial Group. Deferring arterial catheterization in critically ill patients with shock[J]. *N Engl J Med*, 2025, 393(19): 1875-1888. DOI: 10.1056/NEJMoa2502136.

(收稿日期:2025-10-27)

(本文编辑:保健媛 张耘菲)