

心脏术后急性心功能不全 VA-ECMO 支持

赵 举

作者单位: 100037 北京, 中国医学科学院阜外医院体外循环中心

作者简介: 赵 举(1973 -), 男, 医学博士, 主任医师, 研究方向: 体外循环生命支持及重要脏器功能保护, 致力于体外膜肺氧合(ECMO)支持治疗的应用与推广。E-mail: zhaojucpb@163.com



赵 举, 医学博士, 中国医学科学院阜外医院体外循环中心主任医师。2006 年到美国俄亥俄州哥伦布儿童医院心脏中心进修学习, 2011 年在美国肯塔基大学医学中心辅助循环研究室访问学习 1 年, 致力于心脏外科体外循环(CPB)及体外膜肺氧合(ECMO)支持治疗的应用与推广, 尤其擅长小儿复杂先天性心脏病 CPB 管理和心脏术后 VA-ECMO 治疗。作为阜外医院 ECMO 治疗主要负责人在全国范围内开展 CPB 和 ECMO 理论与仿真模拟培训。社会兼职: 中国生物医学工程学会体外循环分会副秘书长, 亚太体外生命支持组织(APELSO)教育委员会委员, 《中国体外循环杂志》编委。已发表专业学术论文 30 余篇, 主译《ECMO 培训手册》第 4 版, 主编《ECMO: 体外膜肺氧合》第 2 版和《ECMO 手册》第 2 版。

【摘要】 静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)以其有效的容量转换可以快速建立高效的心肺支持, 其在心脏手术后因各种原因引起的严重急性心功能不全治疗中的应用越来越多。作为高效的体外生命支持治疗, VA-ECMO 的建立、抗凝、撤除等患者管理依然是临床治疗中的棘手问题。心脏术后患者的特殊性决定了此类患者的 VA-ECMO 管理难度更大, 需要规范系统地认识和掌握 VA-ECMO 才有利于提高此类患者的生存率。

【关键词】 心室辅助; 体外膜肺氧合; 心脏手术; 心脏移植

【中图分类号】 R 654.1 【文献标识码】 A 【文章编号】 1674-3806(2021)05-0432-05

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2021.05.02

VA-ECMO support for acute cardiac dysfunction after cardiac surgery ZHAO Ju. Center of Extracorporeal Circulation, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100037, China

【Abstract】 Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation(VA-ECMO) is a quickly initiated and highly valuable heart-lung supporting treatment based on its effective blood transferring from venous to arterial vessels. VA-ECMO is more and more used in the treatment of severe acute cardiac dysfunction caused by various reasons after cardiac surgery. As a highly effective extracorporeal life support therapy, the initiation of VA-ECMO, anticoagulation, weaning of VA-ECMO and other patient managements are still tough problems in clinical treatment. The particularities of patients after cardiac surgery make the management of VA-ECMO more difficult for such patients. It is necessary to systematically understand and master the norms of VA-ECMO in order to improve the survival rate of such patients.

【Key words】 Ventricular assistance; Extracorporeal membrane oxygenation(ECMO); Heart surgery; Heart transplantation

体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)主要用于常规治疗无效的呼吸衰竭和(或)循环衰竭重症患者的辅助支持治疗、紧急生命支持和供体器官保护。静脉-动脉体外膜肺氧合(venoarterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO)又称循环 ECMO, 是指血液从静脉(vein)血管引流经 ECMO 系统后泵入患者动脉(artery)血管, 使得

机体部分静脉血绕过了自身肺脏和心脏直接以动脉血的形式灌注到全身, 相当于自身与体外两套心肺以并联模式在维持患者的循环呼吸功能, 这种有效的血液循环容量转换及时高效地减轻了自身心肺的做功负荷, 可用于心脏和肺脏功能均需要辅助的急危重患者。

1 VA-ECMO 特点

根据插管部位的不同,VA-ECMO 可分为外周型和中央型。外周型指通过外周动静脉血管(股动静脉、颈部动静脉、腋动脉等)建立的 VA-ECMO;中央型指经胸部切口暴露心脏,经右心房-升主动脉建立的 VA-ECMO。中央型 VA-ECMO 因辅助流量高、全身氧供均匀而广泛应用于小儿心脏术后心肺功能支持及对氧供有高需求的感染性休克等患者。我国目前 ECMO 支持治疗主要以 VA-ECMO 为主,心脏术后心功能不全是心脏直视手术(open heart surgery)后因心肌钝抑、缺血再灌注损伤、心脏损伤、灌注肺等而导致的急性心功能不全,表现为无法脱离体外循环装置(cardiopulmonary bypass, CPB)、术后心源性休克、右心功能不全、严重低氧血症、循环无法维持等。此类患者可通过 VA-ECMO 辅助帮助术后心脏度过危险期,达到维持有效血流动力学目的,同时辅助因心功能不全而继发的呼吸功能异常,尤其中央型 VA-ECMO 在小儿心脏术后辅助心肺功能应用更加普遍^[1]。

2 心脏术后心功能不全

随着高龄、术前心功能较差患者 CPB 手术的增加,术后心衰患者越来越多。据统计,心脏术后患者心功能障碍的发病率为 3%~5%,这部分患者大部分通过药物或主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)可以脱离 CPB,还有约 1% 的患者,在药物或 IABP 支持下仍不能脱离 CPB,需要较长时间的体外机械循环辅助。术后心功能不全行 ECMO 辅助患者有 40%~85% 能够顺利脱机,而冠脉搭桥术后行 ECMO 辅助患者,仅 16%~37% 院内存活率^[1-2]。作为术后心功能不全的机械辅助治疗,VA-ECMO 早期应用有以下优点:能够在床边快速预充,方便插管、拔管(心功能恢复),能够进行双心辅助、心肺共同支持等。所以,对术后心源性休克患者而言,VA-ECMO 能为其心功能恢复争取时间,或作为心室辅助装置(ventricular assist device, VAD)或心脏移植的过渡措施,且花费较低。术后心衰 ECMO 辅助平均持续时间为 25~120 h。

3 心脏术后 VA-ECMO 的建立

3.1 适应证 (1)心脏直视手术后出现的一过性心功能不全(或心肌顿抑)或严重的灌注肺,不能脱离 CPB 者。(2)在 ICU 内严重依赖缩血管药和正性肌力药,心指数 $< 2 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 持续 3 h,酸中毒[剩余碱(base excess, BE) $> -5 \text{ mmol}$]持续 3 h 和少尿[$< 0.5 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{h})$]达 6 h 者。(3)心搏骤停

患者,对心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)有反应但不稳定者或者对 CPR 无反应达 5 min 者。(4)平均动脉压 $< 50 \text{ mmHg}$,必须通过体外生命支持系统才能维持生命者。(5)心功能不全患者心脏移植术前呼吸循环衰竭,常规药物无法维持,且知道肯定可以移植,可以行 ECMO 支持治疗,等待合适供体。(6)心脏移植术后肺高压危象或心肺功能不全。(7)严重出血需要压迫止血而影响循环状态稳定的情况可行 ECMO 支持。

3.2 插管部位 (1)腹股沟置管:体重 $> 20 \text{ kg}$ 的儿童及成人患者建立 VA-ECMO 可选择股动静脉置管,心脏术后患者推荐采用切开置管。股静脉插管尖端需到达右心房中部;股动脉插管尽量插深,尖端超越与股静脉的交叉点(右侧置管时),避免动脉回血端压力过高同时保证氧合血尽量供应重要脏器。切开放股动静脉置管后,需要给股浅动脉放入远端灌注管,可选择 6~8F 动脉插管或动脉穿刺鞘管供应下肢远端肢体,如果有条件建议持续监测远端灌注管血流量,通常根据体重大小维持 100~300 ml/min 流量即可。(2)中心置管:小儿心脏术后无法脱机或外周血管无法建立 VA-ECMO 时采用中心置管。胸骨正中切口静脉插管选择满足全流量的引流管通过右心耳的荷包缝合口插入右心房,尖端指向下腔静脉但不要插入下腔静脉,以便获得最大量的静脉引流。升主动脉双层荷包缝合,插入所选整体动脉插管,尖端指向主动脉弓部位,通常插管需要插入血管内 1~1.5 cm,切忌插管尖端朝向主动脉瓣膜。(3)颈部置管:新生儿、婴幼儿及无法建立腹股沟置管的小体重患儿可以选择颈部置管。做右侧颈部横切口,打开右颈血管鞘,选择尽可能大的插管以保证足够的静脉回流和动脉流量,动脉远端结扎,近端临时阻断,切开一小口置入动脉插管,插管尖端位于无名动脉和主动脉弓交界处,超声或 X 线定位后,静脉插管尖端应位于右心房,静脉远端根据情况决定是否结扎^[3]。(4)左心引流置管:另外一个关于心脏术后 ECMO 置管很重要的部分是左心引流减压管的放置,心脏术后患者心功能不全多为左心功能受损,通常需要在建立 VA-ECMO 时插入左心引流管,中心置管的 VA-ECMO 通常选择经右上肺静脉置入柔软的静脉引流管,引流的血液汇入 ECMO 静脉引流端,形成右心房+左心房至升主动脉的 ECMO 支持^[4]。

3.3 ECMO 辅助流量 最佳 ECMO 流量应该提供给全身器官足够的灌注和氧供,并且在 ECMO 回路

内不会导致过度血液湍流和过高压力梯度,从而避免系统溶血的发生。不同体重患者 VA-ECMO 辅助流量见表 1。

表 1 不同体重患者 VA-ECMO 辅助流量^[5]

体重 (kg)	推荐支持流量[ml/(kg · min)]
<7	120 ~ 150
7 ~ 10	100 ~ 120
>10 ~ <25	80 ~ 100
25 ~ 50	60 ~ 80
>50	50 ~ 60

4 ECMO 辅助期间的管理

4.1 抗凝 抗凝目的是平衡 ECMO 管道内血液流动性和患者的凝血功能。普通肝素 (unfractionated heparin,UFH) 是 ECMO 期间最常用的抗凝血药物,并且容易被拮抗逆转。实验室的抗凝监测在不同的医院间差异很大,许多 ECMO 中心是常规监测活化的全血凝固时间 (activated coagulation time,ACT),但它并不完全准确体现肝素的抗凝效果。ACT 与抗 Xa 监测相结合的多模式抗凝监测是目前最受推荐的 ECMO 抗凝监测方案之一。血栓弹力图 (thrombelastogram,TEG) 可以评估血栓强度和纤维蛋白溶解状态,可能对出血或过度凝血的困难病例有帮助。应该监测抗凝血酶 III (antithrombin III,AT III) 水平,对肝素抵抗的病例应该高度怀疑 AT III 缺陷。AT III 水平下降时,补充可能可以优化肝素活性,但增加患者出血的风险。在 ECMO 运行期间,必须个体化、定期监测凝血功能。对于接受体外生命支持的患儿,已经有研究者开始使用直接凝血酶抑制剂如阿加曲班和比伐卢定抗凝。

4.2 机械通气 达到充分的 ECMO 辅助后,就可以实施保护性肺通气。通常根据肺部继发病变的情况推荐使用压力控制通气,维持较低峰压 (<27 cmH₂O),高呼气末正压 (positive end-expiratory pressure,PEEP; 5 ~ 10 cmH₂O) 和低吸入氧浓度 (inspired oxygen fraction,FiO₂; <50%),有些 ECMO 中心趋向更低呼吸机参数设置。目前更倾向以平均气道压力和驱动压力为管理目标,而不是以吸气峰压为目标。对于儿童患者并无公认的理想 PEEP,超声心动图评估可以帮助设置 PEEP,避免出现右心功能障碍和静脉回流减少。设置 PEEP 时,严密的血流动力学监测是不可避免的,有助于评估机械通气对右心功能的影响,并预测低氧输送对血流动力学的影响。ECMO 支持

过程中,需仔细、反复评估患者自身肺脏的改善情况、肺顺应性及肺阻力变化、一定驱动压下患者潮气量的变化和超声检查评估肺容量及肺水肿情况。密切监测患者肺功能的改善情况,有助于及时减少镇静和鼓励自主呼吸。随着镇静减少,控制通气尽早切换为辅助通气模式,这有助于促进肌肉和肺的恢复,缩短 ECMO 支持时间。ECMO 与神经调节呼吸通气 (neurally adjusted ventilatory assist,NAVA) 的联合应用可提高患者与呼吸机的同步性,减少呼吸肌做功。拔除气管插管的清醒 ECMO,可以避免长时间镇静和正压通气的并发症。但该操作需要一个专业的经验丰富的团队,具有成熟的预案和足够的无创通气方法的专业知识。如果拔管导致肺完全塌陷,患者可能会出现肺血管阻力增加,继而导致右心室功能障碍。

4.3 液体管理和营养 心功能不全患者在 ECMO 支持前和 ECMO 支持期间,经常由于液体复苏出现明显的液体超负荷。液体超负荷可能加重潜在肺损伤。VA-ECMO 支持患者经常需要给予利尿剂、肾替代治疗使患者受益。尽管在 ECMO 期间是否常规接受持续肾脏替代治疗 (continuous renal replacement therapy,CRRT) 并没有取得共识,但在 ECMO 支持的患者中,CRRT 技术可以加快液体去除,支持功能不全的肾脏,并允许足够的热量摄入。只要条件允许,CRRT 应通过 ECMO 环路中进行,应避免额外插入大口径导管。小儿腹膜透析效果确切,可作为 CRRT 的首选。ECMO 辅助期间需要适当的营养,以获得足够能量保障恢复。通过胃管进行肠内喂养已被证明是安全有效的。拔除气管插管实施清醒 ECMO 的患者很容易进行经口喂养。每日应设定热量目标,同时必须考虑重症疾病的能量消耗。

4.4 护理与感染 护士应定期评估所有插管部位,包括敷料的类型和完整性、引流或出血、导管位置、稳定性和安全性。此外注意插管周围的皮肤有无出现发红、肿胀和破裂。清洗插管和切口部位最好使用专用拭子或擦片,临床上 ECMO 插管敷料类型很多,但通常是干敷料。可以使用简单的纱布或纱布垫,带有敷料的透明薄膜覆盖伤口形成屏障,可以抑制细菌的生长。胶带可以用来固定敷料,许多患者对胶带也很敏感,使用胶带时必须考虑到。医院内感染对 ECMO 支持患者会产生严重后果。然而,并无证据显示常规预防性使用抗菌药物可以降低感染的风险。此外,没有证据支持对 ECMO 支持患者需要常规进行表面或血培养监测,但需要高度警惕脓

毒症的发生,及时治疗是关键。开始 ECMO 支持早期,白细胞和血小板的下降通常与白细胞和血小板在氧合器和管道黏附有关。对于需要抗感染治疗的患者,抗菌药物的使用因 ECMO 支持会影响抗菌药物动力学,需要调整给药剂量和给药间隔。

4.5 特殊并发症的处理 (1)左心减压:对于左心功能极差的患者行 VA-ECMO 治疗时会出现左心室因心肌收缩力差、心肌收缩不协调、后负荷过重等因素无法向主动脉射血,继发左心房压力过高并进一步加重肺水肿发生,而且会因心腔内血流淤滞增加心内血栓形成的风险。因此对于此类心功能极差行 VA-ECMO 支持的患者有必要行主动左心减压,即通过特殊途径插管增加左心系统引流,引流的血液可以经 ECMO 静脉管道参与辅助循环。通常可选的途径和方法包括经房间隔开窗左房引流、左心房直接插管引流、肺动脉插管引流及左室心尖置管引流,也有文献报道经主动脉瓣逆行向左心室置管引流或结合 Impella 轴流泵减轻左心室负荷的方法^[6]。中心置管的小儿心脏术后 VA-ECMO 通常直接通过右上肺静脉置入左心房插管建立左心减压,目前在许多 ECMO 中心成为常规。(2)上半身缺氧:外周型 VA-ECMO 患者因自身心脏泵血与 ECMO 辅助泵血的分布存在差异,尤其在股静脉-股动脉的外周型 VA-ECMO 时如果患者合并自身肺脏功能不全将导致自身心脏泵出的血液氧含量偏低,在临床中表现为此类患者的上下半身氧供不匹配的现象,称之为 VA-ECMO 的 Harliquin 现象,又叫南北综合征、Blue-Head 综合征。尽管研究及文献报道针对此现象的处理方法较多,但仍然以将 VA-ECMO 转为 VAV-ECMO 最为有效并最常见,具体操作是将 ECMO 氧合血分流一部分到患者颈内静脉,直接提升右心到肺循环静脉血的氧含量,从而形成外周 VA 与 VV 的联合,称之为 VAV-ECMO 或 VVA-ECMO 或杂交 ECMO^[7]。(3)出血与血制品输注:需要干预的出血和血栓形成是 ECMO 治疗中最常见的并发症,心脏术后患者 ECMO 期间出血并发症尤为突出。ECMO 支持下患者在出血、溶血和频繁采血化验之后,通常需要大量输注血制品。红细胞输注用于增加氧含量,从而提高氧输送。VA-ECMO 患者理想的血红蛋白水平仍有争议,大多数 ECMO 中心维持 80 ~ 120 g/L 血红蛋白水平。新鲜冰冻血浆(fresh frozen plasma, FFP)可用于维持纤维蛋白原水平,或纠正大量输血红细胞后的凝血障碍。在 ECMO 回路和患者体内,血小板被用来弥补由于血栓形成而造成的损失。抗凝血

酶和凝血因子的补充,应根据实验室凝血结果进行。

5 试停机与拔管

VA-ECMO 撤离需要在综合评估心肺功能恢复后进行。在超声确定有充分的心室充盈和射血时,逐步增加呼吸机和正性肌力药物的支持,同时逐渐减低 ECMO 流量。复查血气、乳酸水平,以确定有充分的气体交换和氧气供应。随着心功能改善,ECMO 逐步撤离,更多的血进入肺循环从而实现自身心肺循环。在终止 ECMO 后 1 ~ 3 h 病情稳定,可拔除 ECMO 动静脉插管及管道。拔管后,快速建立 ECMO 动静脉管路的自身循环,维持数小时或 1 d 以备该患者再次安装 ECMO。ECMO 插管部位的血管破口需要在直视下完全修复,恢复本来血液循环,并检查所属血管的远端血运情况。关于 ECMO 的停机指征尚无统一标准^[8-9],普遍认同的停机指征为:(1)循环恢复:当 ECMO 循环流量仅占患者血流量的 10% ~ 20% 时,平均动脉压 > 60 mmHg、射血分数 > 35%、脉压差超过 30 mmHg、中心静脉压 < 8 mmHg、左心房压力 < 10 mmHg、静脉血氧饱和度 > 70%、酸中毒改善等综合指标满意。(2)呼吸恢复:患者床旁胸部 X 线片示肺部病变减轻,尝试逐步降低 ECMO 循环流量,1 ~ 2 h 后行血气分析示血气指标达到预期。(3)被动放弃:综合判定循环呼吸功能无法恢复、中枢神经系统不可逆改变可考虑其他辅助支持方法而终止。(4)家属要求停止辅助而撤机。

6 VA-ECMO 与心脏移植

心脏移植是终末期心衰的有效治疗方法,但由于供体缺乏,约 1/3 的患者在供体等待期死亡,机械循环辅助装置可有效地解决这一难题。目前,机械循环支持技术已成为心脏移植供体等待期间的有效支持手段,其中 ECMO 技术因其操作简便、费用较低、能同时进行心肺支持在临床得到广泛应用^[10]。ECMO 最明显的优点是安全、简便、有效,可以迅速建立,需要的话甚至可以在 ICU 插管建立 ECMO。在紧急情况下,ECMO 可以在 15 ~ 20 min 内建立有效循环支持。心脏移植术后因供心保护、排异反应、受体肺血管阻力过高及自身肺气体交换功能不良等问题需要 VA-ECMO 行心肺功能支持度过移植早期的循环功能不良。根据中国心脏移植网络注册系统公布的数据,2010 ~ 2012 年全国共进行心脏移植手术 438 例,术后应用 ECMO 有 43 例(占 9.8%),其中成功脱机并出院存活 28 例(占 65.1%),ECMO 的应用约减少了 10% 的心脏移植术后围术期死亡率。阜外医院报道一组心脏移植 181 例,其中 16 例患者在心脏移植

术后使用 ECMO 进行循环支持治疗,结果脱机 14 例,存活出院 13 例。目前 VA-ECMO 已作为我国心脏移植术后早期循环支持的首选治疗措施^[11]。

7 VA-ECMO 与 VAD

二者均属于机械性循环辅助装置,ECMO 既能驱动血液又具有气体交换功能,VAD 仅有血泵驱动血液流动,因此在应用方面具有鲜明的适应证特点。通常心脏功能不全(无论左心还是右心)首先考虑心泵功能异常需要辅助,可以首选 VAD;如果同时发生心肺功能不全或左心功能不全继发肺功能不全则需要 ECMO 辅助支持。有些安装 VAD 的患者因各种原因可能继发肺脏功能受损,当自身肺不能满足机体供氧及二氧化碳排除需求时也需要改为 ECMO 辅助。Impella 轴流泵是一种经皮置入的心室辅助装置,可以在心导管介入中心实施,目前在急性心功能不全中应用较多^[6],但对于严重心源性休克这种经皮的左心室辅助装置(left ventricular assist device, LVAD)并不能使患者状态好转,有时需要更改为心肺联合支持即 VA-ECMO 辅助。

8 ECMO 在我国心脏辅助中的作用及展望

ECMO 是针对多种适应证的一种短期循环支持手段,因其快速安装、经皮穿刺建立、全面支持(左心室、右心室、双心室、呼吸及循环)的优势,越来越受到临床危重症治疗的青睐。通过 ECMO 有效的呼吸循环支持为患者提供可靠的生命保障,为治疗原发病提供充足的时间等待病变的逆转及心肺功能的恢复。心脏术后患者需要 VA-ECMO 辅助支持因我国心血管病患者的巨大潜在数量及许多延误治疗导致的疾病危重情况将越来越受到大家的重视,相信伴随技术的发展、人才的储备,我国 ECMO 在多学科的共同协作下将越来越成熟,ECMO 治疗将为更多的患者带来福音。

参考文献

[1] Hu RTC, Broad JD, Osawa EA, et al. 30-day outcomes post veno-arterial extra corporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) after

cardiac surgery and predictors of survival[J]. Heart Lung Circ, 2020, 29(8):1217-1225.

[2] Short BL, Soghier L. Neonatal Respiratory Diseases. In Brogan TV, Lequier L, Lorusso R, eds. Extracorporea Life Support: The ELSO Red Book[M]. 5th ed. Ann Arbor, MI: Extracorporeal Life Support Organization, 2017:123-129.

[3] Jaksic T, Hull MA, Modi PB, et al. A. S. P. E. N. clinical guidelines: nutrition support of neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2010, 34(3):247-253.

[4] Huang SC, Wu ET, Chen YS, et al. Experience with extracorporeal life support in pediatric patients after cardiac surgery[J]. ASAIO J, 2005, 51(5):517-521.

[5] 龙村,赵举. ECMO 手册[M]. 2 版. 北京:人民卫生出版社, 2019:89.

[6] Patel SM, Lipinski J, Al-Kindi SG, et al. Simultaneous venoarterial extracorporeal membrane oxygenation and percutaneous left ventricular decompression therapy with Impella is associated with improved outcomes in refractory cardiogenic shock[J]. ASAIO J, 2019, 65(1): 21-28.

[7] Zhao J, Wang D, Ballard-Croft C, et al. Hybrid extracorporeal membrane oxygenation using Avalon Elite double lumen cannula ensures adequate heart/brain oxygen supply[J]. Ann Thorac Surg, 2017, 104(3):847-853.

[8] Lund LH, Edwards LB, Kucheryavaya AY, et al. The registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-first official adult heart transplant report—2014; focus theme: retransplantation[J]. J Heart Lung Transplant, 2014, 33(10):996-1008.

[9] 中国心脏移植注册中心. 中国心脏移植及机械辅助现状[N]. 中国医学论坛报, 2013-01-21.

[10] Kaushal S, Matthews KL, Garcia X, et al. A multicenter study of primary graft failure after infant heart transplantation: impact of extracorporeal membrane oxygenation on outcomes[J]. Pediatr Transplant, 2014, 18(1): 72-78.

[11] 黑飞龙,段欣,高国栋,等. 体外膜肺氧合在心脏移植术后移植植物衰竭支持治疗中的应用[J]. 心肺血管病杂志, 2013, 32(1): 22-25.

[收稿日期 2021-03-18][本文编辑 吕文娟 余军]

本文引用格式

赵举. 心脏术后急性心功能不全 VA-ECMO 支持[J]. 中国临床新医学, 2021, 14(5):432-436.