

指南与共识

不同情况下成人体外膜肺氧合临床应用专家共识 (2020 版)

中国心胸血管麻醉学会, 中华医学会麻醉学分会, 中国医师协会麻醉学医师分会, 中华医学会呼吸病学分会, 中华医学会重症医学分会

摘要

体外膜肺氧合 (ECMO) 临床上主要用于心脏功能不全和 (或) 呼吸功能不全的支持, 是治疗难以控制的严重心力衰竭和呼吸衰竭的关键技术。随着 ECMO 的跨学科应用, 治疗领域不同, 涉及各专业临床医护人员掌握 ECMO 的水平差异较大; 现有的 ECMO 相关研究主要以回顾性队列研究和病例报道为主。本共识由中国心胸血管麻醉学会牵头组织多学科专家, 参考国内外相关疾病诊疗专家共识和指南的基础上, 结合我国 ECMO 临床实践, 对 ECMO 应用流程和管理, ECMO 的心脏外科应用, 救治暴发性心肌炎、心脏骤停、心肌梗死、急性呼吸窘迫综合征、肺移植, 以及 ECMO 期间的镇静、镇痛管理等方面进行综合制定, 供国内相关从业人员参考。

关键词 体外膜肺氧合; 心力衰竭; 呼吸衰竭; 镇静; 镇痛

Expert Consensus on the Clinical Application of Adult Extracorporeal Membrane Oxygenation Under Different Conditions (2020 Edition)

Chinese Society of Cardiothoracic and Vascular Anesthesiology, Chinese Society of Anesthesiology, Chinese Association of Anesthesiologists, Chinese Thoracic Society, Chinese Society of Critical Care Medicine.

Corresponding Author: MIN Su, Email: ms89011068@163.com

Abstract

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a key technology for the treatment of severe heart failure and respiratory failure that are difficult to control with conventional strategies. With the interdisciplinary application of ECMO and the use in different treatment fields, the level of ECMO mastery among the involved professional clinical medical staffs varies greatly; the existing ECMO-related studies mainly focus on retrospective cohort studies and case reports. This consensus is initiated by the Chinese Society of Cardiothoracic and Vascular Anesthesiology, discussed and written by multidisciplinary domestic experts, consensus experts referred relevant domestic and foreign consensus and guidelines, summarized experience of domestic ECMO clinical practice, the application process and management of ECMO, the application of ECMO in cardiac surgery, and the treatment of outbreaks comprehensive formulations for myocarditis, cardiac arrest, myocardial infarction, acute respiratory distress syndrome, lung transplantation, and management of sedation and analgesia during ECMO. We hope this consensus would be helpful as a reference tool for relevant domestic ECMO practitioners.

Key words extracorporeal membrane oxygenation; heart failure; respiratory failure; sedation; analgesia

(Chinese Circulation Journal, 2020, 35: 1052.)

体外膜肺氧合 (ECMO) 作为一种重要的体外生命支持技术, 临床上主要用于心脏功能不全和 (或) 呼吸功能不全的支持, 目前已经成为治疗难以控制的严重心力衰竭和呼吸衰竭的关键技术^[1-2]。20 世纪 60 年代 ECMO 于国外开始应用于临床, 20 世纪末国内临床上成功开展 ECMO。随着 ECMO 的发展

和演变, 现今 ECMO 的适应证更加广泛, 已在心脏外科手术、暴发性心肌炎、心肌梗死、心脏骤停、急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 以及心肺器官移植等多个领域开展, 并取得了一定的效果^[3-4]。近年来国内外已经相继发布了 ECMO 技术方面和单项疾病应用的专家共识和指南^[5-7]。然而随着 ECMO 的跨学

科应用, 治疗领域不同, 涉及的专业临床医护人员掌握 ECMO 的水平差异较大, 医护人员必须严格掌握 ECMO 在不同情况下的适应证及应用方法; 而现有的 ECMO 相关研究主要以回顾性队列研究和病例报道为主。为此, 由中国心胸血管麻醉学会牵头组织多学科专家, 参考国内外相关疾病诊疗专家共识和指南的基础上, 结合我国 ECMO 临床实践, 对 ECMO 应用流程和管理, ECMO 的心脏外科应用、救治暴发性心肌炎、心脏骤停、心肌梗死合并心源性休克、ARDS、肺移植, 以及 ECMO 期间的镇静镇痛管理等方面, 综合制定专家共识, 供国内相关从业人员参考。

1 ECMO 概述

1.1 ECMO 工作原理和类型

ECMO 工作原理是将静脉血从体内引流到体外, 经膜式氧合器氧合和二氧化碳排除后再用离心泵将血液注入体内, 承担气体交换和血液循环功能。

按照血液回输的途径不同, 通常 ECMO 有两种类型: 从静脉系统引出动脉回输为 VA-ECMO; 从静脉引出又注入静脉为 VV-ECMO。前者同时具有循环和呼吸辅助功能; 后者仅具有呼吸辅助功能^[8-9]。

插管方式分经皮穿刺和手术切开两种插管技术^[10-11]。需结合病情和 ECMO 技术经验进行操作; 如果条件允许, 建议插管前采用超声评估血管, 引导插管, 减少插管并发症。

1.2 ECMO 在循环领域的应用

VA-ECMO 是各种急性双心室功能衰竭合并呼吸功能衰竭患者的首选治疗方法, 也是心脏骤停患者的抢救性辅助治疗手段^[12]。主要适应证包括: (1) 各种原因(包括急性心肌梗死、心脏外科术后、暴发性心肌炎、心脏介入治疗突发事件、等待心脏移植、长期慢性心力衰竭患者急性失代偿、药物中毒、溺水以及冻伤等)引起的心脏骤停或心源性休克。(2) 急性右心功能衰竭: 急性大面积肺栓塞、心脏移植术后合并右心功能不全、接受左心室辅助装置出现急性右心衰竭、严重呼吸衰竭引发的急性肺源性心脏病。(3) 顽固性室性心律失常。

1.3 ECMO 在呼吸领域的应用

VV-ECMO 是各种原因所致的急性呼吸衰竭患者的首选治疗方法^[13]。主要适应证包括: ARDS 患者、肺移植患者、支气管哮喘、肺栓塞、大气道阻塞、慢性阻塞性肺疾病等原因引起的严重急性呼吸衰竭。

1.4 ECMO 的运行及管理

1.4.1 凝血功能管理

ECMO 辅助时必需使用抗凝措施以预防血栓形成, 肝素是 ECMO 运行期间最常用的抗凝剂。通常在 ECMO 插管前先首次给予肝素 100 U/kg, 使得激活凝血时间 (ACT) 维持在 140~220 s 范围内。运行过程中持续泵注肝素, 维持适当的 ACT 水平, 并结合活化部分凝血酶原时间、抗-凝血因子 Xa、血栓弹力图测定结果以及患者病情等综合判断所需的抗凝强度, 在血栓栓塞风险与出血并发症之间进行适宜平衡。在 ECMO 辅助过程中还需要维持机体适当的凝血功能, 防止发生出血, 保持血小板数目 $\geq 50 \times 10^9/L$, 如有必要及时补充凝血物质。

1.4.2 血气管理

定时监测动脉血气, 保持动脉二氧化碳分压在 40 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 左右; 持续监测中心静脉血氧饱和度, 以维持在 70%~75% 为宜。VA-ECMO 动脉氧饱和度维持在 95% 以上, VV-ECMO 稳定状态下动脉血氧饱和度一般保持在 85%~90% 之间。

1.4.3 通气设置

运行过程中采取保护性肺通气策略 [平台压 $< 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ (1 cmH₂O=0.098 kPa); 呼气末正压 5~15 cmH₂O; 吸入氧浓度 $< 50\%$; 呼吸频率小于 10 次/min 和总潮气量 $< 100 \text{ ml}$]。ECMO 通气: 血流比 = 1:1.5~2.0, 维持二氧化碳分压 35~45 mmHg, 氧分压 200 mmHg 左右。对于 ARDS 患者需采用更严格的保护性肺通气策略, 详见分论章节。

1.4.4 流量管理

VA-ECMO 直接影响动脉血压和全身各脏器的灌注, 既要满足全身其他器官的有效灌注, 又要尽可能的减轻心脏的负荷。辅助过程中有必要维持较低剂量的正性肌力药物, 维持必要的左心室射血功能有利于心脏功能恢复。VV-ECMO 辅助流量应控制在能够保证全部的氧供和二氧化碳排出, 并尽可能将再循环降至最低。通过调节血流量保持适当的血压以及合适的动静脉氧饱和度。

1.4.5 血流动力学管理

运行过程中, 目标血压设定应结合患者组织、器官灌注和氧代谢情况, 满足患者重要脏器血供需求。根据患者基础血压情况以及全身状况, 建议将平均动脉压维持在 50~90 mmHg, 对于既往有高血压病史者, 可适当维持较高血压。监测中心静脉压, 保持其处于较低水平。针对特殊情况, 可以联合主动脉球囊反搏及左心房减压等技术。

1.4.6 容量管理

应结合患者心功能状态、循环状态和组织灌注

情况等综合因素考虑,进行容量管理。严格限制液体入量,并积极处理容量超负荷已成为 ECMO 管理主要内容。VA-ECMO 维持容量相对较欠,满足 ECMO 引流,尽量降低心脏前后负荷,减轻静脉系统内压,改善脏器灌注;VV-ECMO,在循环稳定的前提下,维持液体负平衡,有利于减轻肺脏渗出,改善预后。必要时联用持续性肾替代治疗。

1.4.7 其他

ECMO 运行期间还需注意:(1)护理:基础日常护理非常重要,包括黏膜、皮肤和气道护理,并保持安静的环境。(2)抗感染:ECMO 治疗期间感染是常见并发症之一^[14],应当做好院内感染防控,结合感染情况合理选用抗生素,必要时进行血培养。(3)营养支持:为了维持脏器基本功能,促进病情恢复,应当重视营养支持。(4)保护肾功能:维持肾脏良好的灌注,必要时给予小剂量利尿剂,以维持足够的尿量。

1.5 撤机

1.5.1 撤机标准

VA-ECMO 的撤机标准:(1)心脏功能恢复良好,ECMO 流量减至原流量的 1/3 或低于 1.5 L/min 时,较少的血管活性药物能够维持满意的循环;(2)心脏功能评估:超声心动图动态评估左心室收缩性功能:主动脉速度-时间积分 >10 ,左心室射血分数(LVEF) $>30%$,右心功能评估良好,心室壁运动协调。

VV-ECMO 撤机标准:(1)肺部原发病、肺功能以及影像学等情况改善;(2)机械通气:吸入氧浓度 $<50%$,潮气量 6~8 ml/kg 情况下,气道峰压 <30 cmH₂O、气道平台压 <25 cmH₂O,呼气末正压 ≤ 10 cmH₂O,维持氧合满意;(3)血气分析:二氧化碳清除能力、氧合指数及内环境稳定。

1.5.2 撤机流程

VA-ECMO 撤机有快撤机和慢撤机两种方式。慢撤机即逐渐减小辅助流量,观察患者情况,一般需 6~24 h;快撤机直接将流量降至最低(1.5 L/min),如患者在低剂量正性肌力药物作用下维持循环稳定,一般在 1~2 h 内完成。VV-ECMO 当流量仅为起始流量的 20%~30% 时,先停止向膜肺供气,继续转流,监测静脉氧饱和度,循环稳定后即可撤机。

由于在 ECMO 撤机过程中流量较低,血流缓慢,为避免血栓形成,应当调整肝素的用量,观察临床出血情况和 ACT。

1.6 知情同意制度

在 ECMO 治疗期间需严格落实知情同意制度。实施 ECMO 前,应当详细告知患者家属 ECMO 治疗

目的,ECMO 治疗期间可能发生的并发症和处理措施,以及相关治疗费用等,并签署知情同意书。在 ECMO 运行期间及撤机前也应注意医患沟通,及时告知病情变化。对于放弃治疗的决策,需进行充分医患沟通,征得同意并签署知情同意书。

1.7 ECMO 应用后监测和随访制度

在完成每例 ECMO 应用后,按规定进行随访、记录、保留并及时上报相关病例数据信息,接受各级质控中心对 ECMO 技术临床应用的质量管理。

1.8 ECMO 团队构建

由于 ECMO 技术的临床应用,涉及医院多个部门、多个专科,必须构建 ECMO 多学科团队,具备共同协作、快速反应和良好专业的能力^[15]。专业成员包括:麻醉科、体外循环科、重症监护室(ICU)、心脏及血管外科、心血管内科、呼吸科、急诊科、肾内科、影像科、营养科、神经内科等专科医护人员。

2 ECMO 的临床应用

2.1 心脏外科术后患者 ECMO 支持治疗

心脏外科术后 ECMO 循环支持的目的在于保障全身有效的血液灌注,作为对病变心脏的有效辅助方法,为心脏的进一步诊治恢复赢得宝贵时间^[16]。

2.1.1 心脏外科术后 ECMO 支持治疗适应证

(1)心脏外科术后心源性休克的治疗;(2)心脏移植后严重供体器官功能衰竭的治疗;(3)心力衰竭终末期安装心室辅助装置或心脏移植的过渡治疗;(4)左心室辅助装置后右心衰竭的预防治疗。

2.1.2 心脏外科术后 ECMO 支持治疗的禁忌证

绝对禁忌证:(1)恶性肿瘤;(2)不可复性脑损伤以及严重的不可逆性多脏器损害。相对禁忌证:(1)心脏术后依然合并不能矫治的先天和后天疾病者;(2)心肺复苏时间超过 30 min 者。

2.1.3 心脏外科术后 ECMO 运行的管理

选用 VA-ECMO 循环及呼吸支持模式。ECMO 期间血压可偏低,特别是在 ECMO 初期。成人 ECMO 平均动脉压不宜太高,维持在 50~60 mmHg 即可。混合静脉血氧饱和度 $>65%$ 、脉搏血氧饱和度 $>95%$ 。乳酸 <2 mmol/L 或逐渐下降,提示组织灌注良好。

容量管理:维持中心静脉压低于 8 mmHg,左心房压低于 10 mmHg 较为理想。中心静脉压过高可用利尿剂增加尿量,也可用肾替代治疗加速液体的排出。对于严重左心功能不全患者,经左心房放置引流管,可有效降低左心室前负荷,使左心室得到充分休息。在此期间常常因发热、利尿、肾替代治疗排除水分过多、酸碱失衡等因素,需要监测血气分

析和血流动力学,调整内环境平衡,对容量管理也是非常关键的。

药物调整:ECMO 启动后逐渐降低正性肌力药物用量至维持量水平,保持心脏一定的兴奋性,并让心脏得到充分的休息。

抗凝管理:心脏外科手术后难以脱离体外循环机患者开始 ECMO 支持时,可使用全量鱼精蛋白中和肝素。术后密切观察患者胸腔、纵隔引流、渗血和出血量等情况。术后 24 h 逐渐增加肝素的入量。间隔 2~3 h 测定凝血功能,及时调整肝素用量。根据凝血功能监测结果,选择不同的治疗措施,包括药物和血液制品。

呼吸管理:包括保证呼吸通畅,避免肺泡萎陷,减少肺泡渗出,避免氧中毒。持续机械通气应该采用保护性肺通气策略,根据临床表现和血气分析结果,综合评定心肺功能。期间应注意避免肺不张和肺部感染。

温度管理:注意保持体温在 35℃~36℃。温度过高,机体氧耗增加。温度过低,易发生凝血机制和血流动力学的紊乱。

肢体并发症:对于股动脉插管患者,插管部位远端肢体缺血是常见的并发症^[17]。为了避免发生,可采用以下方法:(1)比较观察双侧肢体情况,如温度、颜色、周径等。(2)用适当的灌注管供血给远端下肢,建立远端灌注。(3)从肢体远端的灌注管泵入肝素,减少血栓形成。

在心脏外科术后 ECMO 支持治疗的管理中,循环功能的调控、凝血功能以及术后院内感染防控是需要重点注意的问题。

2.1.4 心脏外科术后 ECMO 的撤机

脱机前应行多学科会诊确定脱机时机。脱机标准:(1)ECMO 循环支持流量为患者正常心输出量的 20%;(2)在停用或小量血管活性药物的条件下,血流动力学、心脏超声监测及血气分析指标明显好转:血流动力学稳定,评价动脉压 >60 mmHg,脉压 >20 mmHg,中心静脉压 <10 mmHg,左心室压 <12 mmHg, LVEF >40%,混合静脉血氧饱和度 >60%,乳酸 <2 mmol/L;(3)无恶性心律失常。脱机时逐步调整正性肌力和血管活性药物的剂量,缓慢减少 ECMO 的流量,当流量减少至仅为患者血流量的 10% 时,可考虑停机。

终止指标 ECMO 治疗期间若出现下述情况应考虑终止:(1)不可逆的严重脑损伤;(2)其它重要器官功能严重衰竭;(3)顽固性出血;(4)心脏功能无任何

恢复迹象且无更佳的治疗方案;(5)不可控感染。

2.2 成人心肺复苏的 ECMO 治疗

体外心肺复苏是指在病因可逆的前提下,对已使用传统心肺复苏不能恢复自主心律或反复心脏骤停而不能维持自主心律的患者,快速实施 ECMO 支持治疗,提供循环及氧合支持的方法。2015 年美国心脏病协会心肺复苏指南建议:能够快速实施体外心肺复苏的医疗机构可以为可逆病因的心脏骤停患者实施体外心肺复苏^[18]。国内体外心肺复苏已用于临床,但是不同中心患者出院存活率差异较大,其原因主要与以下因素有关:患者的选择、有效的传统心肺复苏、高效而安全的体外心肺复苏以及心脏骤停出现到开始有效 ECMO 辅助的间隔时间等,应不断提升该技术水平。

2.2.1 体外心肺复苏的适应证

目前认同度较高的体外心肺复苏的适应证^[19]:(1)年龄 18~75 周岁;(2)心脏骤停发生时有目击者,并有旁观者进行传统心肺复苏,从患者心脏骤停到开始持续不间断高质量传统心肺复苏开始的时间间隔不超过 15 min;(3)导致心脏骤停的病因为心源性、肺栓塞、严重低温、药物中毒、外伤、ARDS 等可逆病因;(4)传统心肺复苏进行 20 min 无自主循环恢复、血流动力学不稳定或出现自主循环恢复但自主心律不能维持;(5)心脏骤停患者作为器官捐献的供体或即将接受器官移植的受体。

2.2.2 体外心肺复苏的禁忌证

绝对禁忌证:(1)心脏骤停前意识状态严重受损;(2)多脏器功能障碍;(3)创伤性出血无法控制,消化道大出血,活动性颅内出血;(4)左心室血栓;(5)严重的主动脉瓣关闭不全。

相对禁忌证:(1)主动脉夹层伴心包积液;(2)严重的周围动脉疾病;(3)心脏骤停时间已超过 60 min。

2.2.3 体外心肺复苏的实施

医疗机构急救单元应确保体外心肺复苏的设备耗材能及时使用。如果符合体外心肺复苏的适应证,在实施常规高质量复苏的同时,快速有效地进行置管和连接 ECMO 设备。

由于体外心肺复苏的紧急性及复杂性,需要 ECMO 团队的有效配合,实施者能够迅速建立经皮置管或外科切开置管,在预定的程序下进行有效的多学科合作。一般情况下,院外心脏骤停患者到达医院后,或发现院内心脏骤停患者,主治医师即刻进行传统心肺复苏及高级生命支持,同时评估患者进行体外心肺复苏的指征。如果患者符合体外心肺复

苏的入选标准且无禁忌证,则在有条件的环境就地置管和连接管路,并注意实施场地的院感防控。

置管方法取决于心脏骤停当时的环境,中心血管或周围血管均可作为置管血管。为方便置管及评估,建议配备超声仪器设备。置管方法首选超声引导下经股血管置管。由于股静脉在心肺复苏中容易操作,通常选用股静脉。

2.2.4 ECMO 的转运

体外心肺复苏患者的启动不一定在 ICU,一旦启动需要转运到 ECMO 中心 ICU 继续接受治疗^[20]。故体外心肺复苏需成立转运团队。ECMO 转运团队包括 ECMO 管理医师、ECMO 置管医师、ECMO 治疗师(ICU 护师或体外循环师)、转运护师和转运呼吸治疗师。转运前每个成员必须仔细检查所有设备,填写检查表。转运过程中需固定每个组件,以防止因震动、变速导致管路脱出、机器故障等并发症。要求氧合器低置于患者的水平,以降低血泵停转后空气栓塞的风险。注意环境温度和患者的保暖。转运过程中医师、护师、技师及相关人员应各司其职,维持患者适当的通气及氧合,维持血流动力学基本稳定,保证患者安全。

有条件可使用集成便携式 ECMO 转运系统,更加安全方便,且不增加患者病死率^[21]。转运 ECMO 应配备应急泵或手动控制泵,以防主泵故障或电源故障。还应配备不间断电源,能够在电源故障时满足所有设备的电力需求。ECMO 以外的设备包括转运呼吸机、输液泵、氧源、不间断电源,以及 ACT 监测仪、监护仪、除颤仪、便携式超声仪、血气分析仪、动静脉压力监测设备等,还需要备用抢救药物及血液制品等。

2.2.5 体外心肺复苏的伦理挑战

将 ECMO 引入心肺复苏可能引发一些伦理问题。这些问题主要涉及体外心肺复苏的开始和结束。虽然体外心肺复苏相对于传统心肺复苏的优势越来越多,但还没有一个明确的指南来指导治疗。通常在体外心肺复苏前不能判断它是否有效,但该技术却能够人工支持生命直到结束^[22]。然而,体外心肺复苏对医疗机构综合水平、相关人力资源以及医疗费用要求高,并不是所有可能获得潜在益处的患者都能够平等地接受该技术救治。需要实施体外心肺复苏的情况通常非常紧急,患者无法自主决定接受或拒绝该治疗,通常由医生建议,家属决定。在体外心肺复苏使用期间,患者有可能出现不可逆的脑损伤,既不能接受器官移植,又不能恢复意识及生

活能力,陷入只能长期依赖体外生命支持的困境^[23]。

2.3 暴发性心肌炎的 ECMO 治疗

暴发性心肌炎是一个以心肌受累为主要表现的全身性疾病,其表现形式特殊,突出特点为起病急骤,病情进展迅速,可突发严重心力衰竭、恶性心律失常、心源性休克甚至猝死。根据暴发性心肌炎的特点,治疗应按照“以生命支持为依托的综合救治方案”进行,对心脏泵功能和循环的机械支持是此类患者转归的决定因素^[24]。暴发性心肌炎在 ECMO 支持治疗下,存活率明显提高,而且大部分患者经 5~9 d ECMO 支持治疗即可撤离,逐渐痊愈,长期随访心功能持续改善,所以对于血流动力学不稳定的暴发性心肌炎患者推荐尽早使用 ECMO 治疗^[25-26]。

2.3.1 暴发性心肌炎 ECMO 治疗的适应证

(1) 心脏指数 $<2 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$; LVEF $<40\% \sim 45\%$, 左心室短轴缩短率 $<26\%$; (2) 动脉血气分析指标: pH <7.15 、碱剩余 $<-5 \text{ mmol/L}$ 、乳酸 $>4.0 \text{ mmol/L}$ 且进行性加重,尿量 $<0.5 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{h})$, 毛细血管再充盈时间 $>3 \text{ s}$, 中心静脉氧饱和度 $<50\%$; (3) 使用两种或两种以上正性肌力药/血管活性药物,且大剂量维持下仍存在低血压,如果以上情况持续达 3 h 以上,需紧急启动 ECMO。(4) 出现或反复出现心室颤动、心搏停止或无脉电活动、短阵室性心动过速、三度房室阻滞等严重心律失常,经抗心律失常药物、正性肌力药物或临时心脏起搏器等处理,仍不能维持有效循环者;(5) 心脏骤停经传统心肺复苏 15 min 后仍不能维持自主循环者。

2.3.2 暴发性心肌炎 ECMO 治疗的禁忌证

(1) 严重脑功能障碍或已明确脑死亡者。(2) 长时间严重代谢性酸中毒,如乳酸 $>10 \text{ mmol/L}$ 持续 10 h 以上。(3) 长时间严重多器官功能障碍综合征。以上对“禁忌证”的规定,除严重脑功能障碍或明确脑死亡者外,其余均非绝对,如多脏器功能不能恢复,病死率极高,且存活者后遗症多,临床医生需时刻警惕多器官功能障碍综合征的发生与发展,及时建立 ECMO。

2.3.3 暴发性心肌炎 ECMO 治疗的管理

ECMO 治疗管理重点:(1) 早期管理(ECMO 第 1~2d)治疗重点:保证足够的流量,泵流量约为心排量的 60%~80%,稳定生命体征,减轻心脏负荷,偿还氧债,纠正内环境失衡。逐步减量或停用血管活性药。维持红细胞压积在 30%~35%。如果流量不足,可适当补充容量,增加离心泵转速,提高胶体渗透

压至 18~20 mmHg。(2)中期管理(ECMO 第 3~5 d)治疗重点:继续稳定内环境,等待心功能恢复及预防并发症发生。心功能恢复表现为脉压逐渐增大,心肌酶、心肌损伤标志物、心电图、超声心动图等指标持续改善。(3)后期管理(ECMO 第 6~9 d)治疗重点:逐步降低 ECMO 流量,增加自体心脏做功。如有左心减压管,可钳夹至拔除,适当上调呼吸机参数和正性肌力药物,并评估生命体征、血流动力学及心功能各项指标,为 ECMO 撤离作准备。

如果心功能尚无恢复迹象,必须重新评估并制定下一步治疗计划:继续 ECMO 辅助;改换长期心脏辅助装置;心脏移植;被迫放弃。不推荐在急性期行心脏移植,因部分患者还有恢复可能。ECMO 支持治疗全程需密切观察临床表现,生化指标、血气分析结果、超声心动图表现、炎症因子,对病情进行动态观察,及时调整治疗策略。

预防感染及抗生素应用:ECMO 建立时无菌操作,管路为封闭系统,置管创伤小,一般不需大剂量、多种广谱抗生素联合应用,除非临床情况复杂,休克时间长,机体免疫力明显抑制者。日常诊疗及护理中做好手卫生,环境物表的清洁,避免院内交叉感染,密切监测各项感染指标,如出现感染,应遵循抗感染原则对症处理。

联合应用连续肾脏替代疗法:若在有效的 ECMO 流量灌注下仍少尿、容量过负荷、肾功衰竭者应尽早及时使用,可有效控制出入量;同时为了清除毒性物质,最好持续进行,每天至少 8~12 h 或更长,同时起始时引血或终止时回血过程必须缓慢,以免诱发循环和心功能衰竭。连续肾脏替代疗法可连接在 ECMO 管路上或独立置管,也可考虑 ECMO 及连续肾脏替代疗法一体化设备。

暴发性心肌炎 ECMO 治疗的撤机方案:对于暴发性心肌炎患者关键指征是原发病缓解、心功能改善。撤机前建议行撤机试验:先将 ECMO 流速降低至基线水平的 2/3,继而降低至 1/3,最终降低至最低水平(1~1.5 L/min)。

在撤机试验过程中,应用床旁超声心动图监测患者心功能情况,如患者 LVEF \geq 20%,血流速度时间积分 \geq 6,组织多普勒三尖瓣环侧壁收缩期峰值运动速度 \geq 6 cm/s,则可考虑撤离 ECMO。如果患者无法完成撤机试验,可能需考虑应用主动脉内球囊反搏、心室辅助装置或考虑心脏移植等后续支持手段。

2.4 急性心肌梗死合并心源性休克的 ECMO 治疗

急性心肌梗死是指急性心肌的缺血性坏死,多

在心脏冠状动脉病变基础上发生,此时冠状动脉血供急剧减少或中断,导致其供血的心肌出现严重而持久的缺血甚至坏死。急性心肌梗死所导致的心功能不全是心源性休克最常见原因,占心源性休克病因的 80% 左右^[27]。经皮冠状动脉介入治疗(PCI)的早期干预能够大大降低急性心肌梗死患者的死亡风险、延长患者生存时间,是急性心肌梗死最有效的治疗方式。但是对于急性心肌梗死合并心源性休克的持续严重低灌注的患者,短期的循环辅助支持则是维持生命的必要手段。在众多的循环辅助支持设备中,VA-ECMO 的应用在近几年得到快速发展^[28]。

2.4.1 急性心肌梗死合并心源性休克 ECMO 治疗的适应证

急性心肌梗死合并难治性心源性休克患者,属于 ECMO 的适应证:(1)收缩压小于 90 mmHg,心脏指数 $< 2.0 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$;(2)同时伴随终末器官低灌注的表现,例如四肢湿冷,意识状态不稳定,补液复苏后收缩压仍小于 90 mmHg,血清乳酸 $> 2.0 \text{ mmol/L}$ 且进行加重,尿量 $< 30 \text{ ml/h}$;(3)依赖两种以上的血管活性药或血管加压素,主动脉内球囊反搏支持不足以维持稳定的血流动力学。这些患者只用药物治疗常常难以恢复,应考虑行 VA-ECMO 治疗。

2.4.2 急性心肌梗死 ECMO 治疗的禁忌证

绝对禁忌证:严重不可逆的除心脏外的器官衰竭,影响存活(如严重缺氧性脑损害或转移性肿瘤);不考虑移植或植入长期心室辅助装置的不可逆心脏衰竭;主动脉夹层等。

相对禁忌证:严重凝血障碍或存在抗凝禁忌证,如严重肝损伤;血管条件差(如严重外周动脉疾病、过度肥胖、截肢)等。

2.4.3 急性心肌梗死应用 ECMO 的流程及管理

绝大多数需要进行 ECMO 的急性心肌梗死患者,通常需转入心导管室实施 ECMO 联合 PCI。因病情危重、急需心肺支持的急性心肌梗死患者,甚至在急诊室直接实施或者经由绿色通道快速进入心导管室实施紧急 ECMO(即体外心肺复苏)和 PCI,最大程度简化流程、抢救患者生命。

在心导管室,ECMO 的穿刺置管主要采用 Seldinger 法经皮穿刺股动脉-股静脉来实现。穿刺后需预置 Proglide 缝合器,将皮外的 Proglide 缝线保留再置管。这样在 ECMO 撤机拔管时只需利用保留的缝线就能第一时间进行缝合止血。

ECMO 联合 PCI 是救治急性心肌梗死合并难治性心源性休克的高级技术,技术和疾病两方面都对

抗凝有特殊要求。其抗凝措施包括:(1)由于 PCI 对抗凝的要求高于 ECMO,术中抗凝目标首先应满足 PCI 抗凝要求(肝素 100 U/kg);(2)根据 PCI 是否联合 ECMO,以及 ACT 监测,决定不同的抗凝要求;如 ECMO+PCI 联合实施时,术中抗凝要求 ACT 应大于 350 s;而 PCI 后单一 ECMO 运行期间,ACT 监测则可维持于 140~220 s;(3)在急性心肌梗死行 PCI 当天,首剂抗血小板药物,优先考虑应用起效时间短的替格瑞洛(180 mg)以及阿司匹林(100~300 mg),根据患者血栓与出血的临床表现,借助血栓弹力图动态评估,对不同药物敏感度及耐受度来调整用药,维持出血-凝血功能的可控性,防止相关并发症的发生。

与此同时,红细胞压积应维持在 30%~35% 以上,血小板计数不得低于 $50\sim 80 \times 10^9/L$ 。ECMO 实施过程中还应根据患者生命体征积极维持内环境的平衡。根据急性心肌梗死患者的不同情况,ECMO 流量应稳定于 2.0~4.0 L/min,平均动脉压稳定在 60 mmHg 以上。ECMO 运转过程中,若有需要可以应用去甲肾上腺素及多巴胺等血管活性药物进一步维持血压。

若用 ECMO 及大剂量血管活性药仍无法维持血流动力学平稳时,可联合使用主动脉内球囊反搏,因为主动脉内球囊反搏不仅有一定的心泵功能支持,还可以增加急性心肌梗死患者冠状动脉血流。ECMO 与主动脉内球囊反搏联合应用,在不增加并发症风险的情况下,有助于提高患者 ECMO 的撤机率^[29]。在联用主动脉内球囊反搏前,有机会可选用超声或股动脉造影确认两侧股动脉的穿刺置管条件。

待患者生命体征平稳,即可逐步降低 ECMO 流量,通常 ECMO 流量在 3~4 h 下调约 1 L/min,或者每 6~24 h 下调 0.5 L/min。此时可适当上调呼吸机参数和血管活性药物,评估生命体征、血流动力学及心功能各项指标。如 ECMO 流量 < 1.5 L/min 时,患者的混合静脉血饱和度 >65%,动脉血氧饱和度 >90%,超声心动图提示 LVEF >30%,生命体征趋于平稳,则可考虑撤机。

2.5 ARDS 患者的 ECMO 治疗

ARDS 是指各种肺内/外致病因素导致的弥漫性肺损伤,进而出现以顽固性低氧血症为特点的临床综合征,起病急、病死率高。ECMO 可改善气体交换,快速纠正患者的低氧血症及高碳酸血症,为患者的原发病治疗提供时间窗。ECMO 在改善氧合的同时,可明显改善缺氧等所致呼吸窘迫症状,从而减少由强烈自主呼吸所引起的巨大跨肺压变化,

以及与其相关的肺损伤;与此同时,在 ECMO 支持下也允许降低机械通气支持力度,从而减少呼吸机相关肺损伤,实现“肺休息”和肺保护的目^[30]。

2.5.1 ARDS 患者 ECMO 治疗适应证

(1)使用机械通气时间 <7 d;(2)氧合指数 <50 mmHg 超过 3 h;氧合指数 <80 mmHg 超过 6 h;(3)或呼吸频率上升至 35 次/min,保持平台压 ≤ 32 cmH₂O 条件下调整机械通气设置,动脉血 pH 值仍 <7.25 且伴有动脉血二氧化碳分压 >60 mmHg 超过 6 h。

若患者原发性疾病为类似新型冠状病毒肺炎等急性肺部改变所致 ARDS,重症及危重症 ECMO 指征及时机应该前移^[31]。

2.5.2 ARDS 患者 ECMO 治疗模式

ARDS 患者多选择 VV-ECMO。重度 ARDS 合并右心功能衰竭者,在进行利尿、强心及俯卧位通气等措施无效后,可考虑转为 VA-ECMO 或增加动脉管路转为选择静脉-动脉静脉通路(VAV-ECMO)提供血流动力学支持。

2.5.3 ARDS 患者 ECMO 治疗的管理

ARDS 患者的 ECMO 支持治疗,患者机械通气管理是其重点,同时还应注意容量管理、抗感染、其他脏器的功能维护等。

机械通气管理:相关研究表明,严重 ARDS 患者在启动 ECMO 治疗后,强调更加严格的“保护性通气策略”,能进一步减少呼吸机相关肺损伤发生,降低炎症反应,改善预后^[32]。

(1)模式选择:早期,建议在配合镇痛镇静药物甚至神经-肌肉阻滞剂的使用下采取控制通气模式(压力控制/容量控制)。在病情改善后,可配合降低镇静深度,使用压力支持通气或气道压力释放通气等模式。(2)呼吸频率:应在 ECMO 建立后尽可能降低呼吸频率。推荐 ECMO 建立初始,在配合镇静剂的使用下控制呼吸频率 ≤ 10 次/min。应注意监测患者动脉血二氧化碳分压水平,必要时增加 ECMO 氧气流量。(3)驱动压及平台压:推荐目标驱动压 ≤ 14 cmH₂O,平台压 ≤ 24 cmH₂O。(4)潮气量:可根据目标平台压设置,通常建议潮气量 ≤ 4 ml/kg,以进一步减少肺损伤,改善临床结局。(5)氧浓度:建议 ECMO 启动后降低机械通气氧浓度,并下调至 30%~50%。如果 ECMO 氧合水平达不到目标氧输送要求,可适当提高吸氧浓度。(6)呼气末正压:合理的呼气末正压设定需平衡肺萎陷及循环衰竭风险。推荐初始设定呼气末正压 ≥ 10 cmH₂O 防止肺萎陷。

俯卧位通气:俯卧位通气可以改善 ARDS 患者

通气/血流比例,促进肺复张,减轻 VILI 的程度,且有利于气道分泌物的引流,是重度 ARDS 患者行之有效的治疗方式之一^[33]。相关研究也表明,在使用 VV-ECMO 期间联合俯卧位治疗可改善肺组织静态顺应性,减少呼吸机相关肺损伤发生,加速 VV-ECMO 的撤离。但在实际操作过程中,应充分考虑 ECMO 管路的维护,防止出现脱管、打折、置管处出血等并发症。此外俯卧位期间应适当下调呼气末正压防止肺泡过度扩张。

镇痛、镇静和肌松治疗:ARDS 的镇痛、镇静和肌松治疗的不仅仅是减轻患者应激、防止患者躁动和促进人机同步。ARDS 早期给予充分镇痛、镇静的目的还在于降低患者过强的吸气努力,降低过高的跨肺压可能带来的过高的肺应力和应变,从而避免或减轻肺损伤的发生和进展。若单纯使用镇痛、镇静药物无法达到消除患者过强吸气努力的目的,应联合肌松治疗。

肺复张的监测与评估:肺部影像学对于 ARDS 患者原发病评估和早期发现并发症极为重要,而 ECMO 转运的风险限制了胸部 CT 的使用。肺部超声已被证实可以很好地反应使用 ECMO 的 ARDS 患者肺部通气情况,同时具有及时性、动态性等特点^[34]。推荐使用 12 分区式改良肺部超声评分法对肺部病变进行监测^[35]。有条件者也可使用胸部电阻抗断层扫描评估肺通气分布情况和肺复张的效果。

ARDS 患者 ECMO 的治疗目标:由于病变肺功能的下降,以及出于肺保护目的而下调了机械通气支持水平, VV-ECMO 患者可存在低氧血症,但不应以提高脉搏血氧饱和度作为 VV-ECMO 治疗的目标。一般来说,在没有严重贫血的情况下,85% 的脉搏血氧饱和度水平可以满足患者的氧需求。通过调节气体流量可以比较容易地调节血二氧化碳水平,一般维持在 40 mmHg。

2.6 肺移植患者的 ECMO 管理

在过去几十年里,肺移植在基础科学和临床研究方面都有了许多进展,肺移植手术技术及围手术期管理水平的不断提高,受者术后长期存活率有明显改善。其中,ECMO 的成熟及发展使很多曾经的肺移植手术绝对禁忌证变为相对禁忌证,ECMO 起到重要的桥接和支持作用^[36]。ECMO 在肺移植围术期,除了作为术中重要的心肺辅助工具,还可作为移植前桥梁用于受者等待肺移植期间过渡,另外也用于治疗术后移植肺功能丧失、呼吸或循环衰竭,以及用于供体的器官功能维持。

2.6.1 肺移植患者 ECMO 的适应证

经过积极的治疗后,仍存在难以改善的低氧血症、高碳酸血症、右心衰竭的肺移植潜在受者。

2.6.2 肺移植患者 ECMO 的禁忌证

绝对禁忌证:(1) 根据现行标准认为不适合行肺移植手术;(2) 不可逆的多器官衰竭;(3) 败血症或菌血症;(4) 无法实施全身抗凝;(5) 未得到控制的转移性恶性肿瘤;(6) 伴有其他肺移植无法治疗的终末期疾病;(7) 急性脑出血或脑卒中。

相对禁忌证:(1) 年龄 >65 岁;(2) 体重指数 >30 kg/m²;(3) 一般状况差;(4) 长期呼吸机支持,如气管插管 >7 d;(5) ECMO 置管困难;(6) 等候者处于致敏状态,预计需要较长时间才能等候到合适的供肺。

2.6.3 肺移植受体术前 ECMO 桥接治疗

经评估后处于移植等待名单中的患者,出现原发疾病急性或进行性加重,常规手段无法维持生命或对肺以外重要脏器可能造成继发损伤,则需要使用 ECMO 桥接治疗^[37]。其主要目的在于降低或替代有创机械通气要求,通常采用低流量的过渡性 ECMO 支持联合鼻导管吸氧,维持各个靶器官对氧供的基本生理需求。

2.6.4 肺移植术中 ECMO 应用

肺移植术中 ECMO 治疗的时机:肺移植患者一般情况差,故术中任何呼吸循环的不稳定均可影响预后,因此需要根据术前评估结果,结合全身麻醉后各项生命体征指标以及手术过程中生命体征的变化情况,综合判断患者对长时间麻醉及严重手术创伤的适应能力,决定是否需要术中 ECMO 支持。

肺移植 ECMO 治疗的管理:流量调节主要依据患者生命体征以及转流方式而定。移植术中当阻断一侧肺动脉时可使肺动脉压升高,此时可增加 VA-ECMO 流量,从而减少肺循环血流,降低肺动脉压。肺静脉游离和吻合过程中外科操作常压迫心脏,可能造成静脉回流不足,导致血压降低,静脉压升高。此时可加大 VA-ECMO 流量,从而加大瘀滞静脉血的引流,同时增加体循环血液泵入可降低中心静脉压、升高血压, VV-ECMO 此时并无明显作用。当移植完成开放肺动脉后,如多种原因均导致血压降低,此时无论何种类型 ECMO 均可通过增加流量与加用血管活性药物相配合的方法辅助稳定循环。

ECMO 运转期间维持患者血氧饱和度在 90% 以上。密切监测患者动脉血气,并根据血气结果调整混合气体流量或混合气体的空氧比,将血液氧分压及二氧化碳分压维持在正常范围内。通常为保

证 ECMO 期间重要器官的充足氧供, 维持血红蛋白 >80 g/L, 血浆胶体渗透压 15~20 mmHg。ECMO 可减少机体对机械通气的依赖, 因此 ECMO 后, 应用更严格的肺保护性通气策略。

2.6.5 肺移植术后 ECMO 应用

肺移植术后早期可出现各种原因导致的急性呼吸衰竭, 包括原发性移植肺功能丧失、肺动脉高压患者术后急性心功能不全、感染、急性排斥反应、膈神经受损、肺动脉或静脉吻合口狭窄等外科并发症, 临床表现为低氧血症、酸中毒、肺动脉压力增高、肺顺应性下降, 伴床旁 X 线胸片的渗出性改变。常规治疗无效时, 建议行 ECMO 辅助支持治疗。

术后 ECMO 使用时机: 基于不同的临床情况及病理生理状况, 目前文献中报道的 ECMO 启动时机不一。在启动 ECMO 前, 需仔细评估患者综合情况。从治疗时机而言, 较为一致的看法是有 ECMO 治疗指征的患者应尽早开始^[38-39]。

术后 ECMO 管理: 除常规 ECMO 管理之外, 针对肺移植术后的一些管理要点在临床中需注意以下几点: (1) 机械通气及气道管理 机械通气管理可参照 ARDS 患者的 ECMO 治疗标准采用更严格的“保护性肺通气策略”。(2) 术后容量管理肺移植患者术后出现不同程度的原发性移植肺功能丧失十分常见, 术后无论何种 ECMO 辅助模式, 在保证氧合和重要脏器灌注的前提下, 应尽可能达到液体负平衡, 以改善肺水肿程度^[40]。术后 ECMO 联合 CRRT 可有效改善或预防液体过负荷、清除炎症介质。

2.6.6 撤机策略

术后患者如果呼吸、循环功能逐渐稳定, 应尽快撤离 ECMO。对于肺移植术后患者, 如为 VV-ECMO 模式, 逐渐减低 ECMO 血流量至 2.5~3.0 L/min, 然后逐步减低 ECMO 通气量, 在原有机械通气条件不变情况下, 氧合仍维持满意, 无二氧化碳潴留, 影像学改善明显, 可考虑脱离 VV-ECMO。对于 VA-ECMO 模式, 除肺功能恢复之外, 需充分评估心功能恢复情况, 通常的心功能恢复指标包括: 低剂量血管活性药即可维持血流动力学稳定、自身脉压 ≥ 20 mmHg、床旁超声心动图指标改善 (包括心脏每搏排出量、心室大小、主动脉速度时间积分、射血分数等)。

2.7 ECMO 期间的镇静、镇痛管理

ECMO 状态下需要镇痛、镇静, 减轻患者应激和不适, 以减少氧耗, 促进人机同步, 并防止患者躁动, 有利于免疫稳定。然而, 在 ICU 接受 ECMO

治疗的危重症患者, 使其达到理想的镇静水平并减少谵妄发生仍然是一个挑战, 这主要是由于镇静、镇痛方案思维模式的转变以及常用镇静、镇痛药物药代动力学的改变。

2.7.1 ECMO 患者镇痛、镇静时机及方法

在 ECMO 实施的最初 12~24 h 内, 应在插管和处理过程中维持患者一定镇静状态, 避免在插管过程中自发呼吸可能导致空气栓塞, 最小化新陈代谢速率, 避免运动可能导致插管困难, 使患者感到舒适^[41]。给药方法一般采取静脉给药方式。

在器官功能稳定后, 建议根据停止所有镇静药物以进行彻底的神经系统检查 (意识、神经反射)^[42]。然后再根据患者病情及患者的焦虑和躁动程度调整镇痛、镇静目标。对于暴发性心肌炎患者, 实施 VA-ECMO 支持过程中, 根据病情调整镇痛、镇静目标, 维持患者浅镇静或清醒舒适状态^[43]; 对于 VV-ECMO 支持的 ARDS 患者, 推荐予以镇痛为主, 浅镇静策略, 并早期积极物理治疗及康复运动^[44]。

2.7.2 ECMO 患者镇痛、镇静药物选择

根据患者情况, 镇静、镇痛可采用分级及多模式方式。目前在 ECMO 管理中最合适的阿片类以及镇静药物治疗方案尚不清楚, 相关研究尚少^[45]。常用镇痛药物包括阿片类药物芬太尼及其衍生物和氯胺酮, 而镇静药物通常包括丙泊酚、右美托咪啶和苯二氮卓类药物。

芬太尼及其衍生物: 由于芬太尼具有很高的亲脂性, 已显示出不可逆地与 ECMO 回路和体外循环设备结合, 其浓度在 3 h 内保持不变, 但在 24 h 浓度完全消失, 因此可以作为一种短期镇痛药。而舒芬太尼用于 ECMO 镇痛中的研究甚少, 有研究认为其清除与低体温及血浆蛋白浓度密切相关, 因此在镇痛过程中需密切监测患者体温及血浆蛋白浓度。

氯胺酮: 氯胺酮用于镇静镇痛的研究不多, 有研究发现在 ECMO 管理中予以氯胺酮后可减少阿片类药物及镇静药物的使用。建议在 ECMO 支持患者中氯胺酮可作为镇痛管理的选择, 但不推荐单独使用。

丙泊酚: ECMO 体外研究发现在 ECMO 启动后丙泊酚由于其亲脂性, 血药浓度随时间迅速下降, 前 30 min 的浓度仅仅为基础值的 30%, 24 h 后其浓度几乎测不到。提示 ECMO 系统存在药物吸附, 长时间静脉输注丙泊酚可导致丙泊酚输液综合症, 不建议长时间使用。

咪达唑仑: 咪达唑仑的血药浓度在 30 min 和

24 h 分别为原先基础的 54% 和 11%，ECMO 启动后咪达唑仑需求量增加 10.2%，对于需要深镇静患者，建议予以咪达唑仑滴定镇静目标。

右美托咪定：右美托咪定是一种选择性的 α_2 肾上腺素能激动剂，具有镇痛镇静作用，可达到有效的自然睡眠状态，建议直接微量泵注，不推荐使用负荷剂量，推荐小剂量开始，滴定至合适镇静深度。

在 ECMO 镇静管理中，长期使用阿片类药物和苯二氮卓类药物与谵妄发生率高有关，因此推荐在 ECMO 启动后尽快达到浅镇静状态，减少谵妄及戒断症状的发生率，可予以右美托咪定实现清醒镇静，并 72 h 建立流程化运动方案，建议早期运动，改善患者预后。

2.7.3 ECMO 期间镇痛、镇静的监测

ECMO 治疗期间实施镇痛，需要常规进行疼痛评估，建议对于能自主表达的患者应用数字量表评分法 (NRS) 评分，对于不能表达且具有躯体运动功能、行为可以观察的患者应用重症监护疼痛观察工具或疼痛行为量表 (BPS) 评分量表。

在实施镇静过程中，根据 ECMO 支持需求及器官功能状态个体化选择镇静深度，实施目标导向的镇静策略。对于早期需要实施深镇静患者应每日唤醒，评估患者神经功能状态；密切监测镇静深度，推荐 Richmond 躁动 - 镇静评分 (RASS) 和 Riker 镇静 - 躁动评分 (SAS) 评分作为镇静评估工具，实时评估调整镇静深度；同时需要注意神经功能的监测，建议脑电图、脑电双频指数、麻醉 / 脑电意识监测系统及脑氧监测。

2.7.4 镇静、镇痛药物相关不良反应

患者镇静镇痛期间若出现药物不良反应，应加强监测及调整。如有精神相关问题，躁动、失眠、谵妄等，应专科会诊。

建议多模式镇痛，镇静集束化管理，每日间断唤醒以及早期运动以减少镇静、镇痛药物的使用^[46]，从而减少与这些药物有关的不良反应。

中国心胸血管麻醉学会 (心血管外科围术期医学分会、精准医疗分会、体外生命支持分会、急救与复苏分会)，中华医学会麻醉学分会，中国医师协会麻醉学医师分会，中华医学会呼吸病学分会，中华医学会重症医学分会共识编写组成员名单

名誉负责人：黄宇光 (中国医学科学院北京协和医院麻醉科)，米卫东 (中国人民解放军总医院麻醉科)

负责人：闵苏 (重庆医科大学附属第一医院麻醉科)，敖虎山 (中国医学科学院阜外医院麻醉科)

编写专家组成员 (以姓氏汉语拼音排序)：敖虎山 (中国

医学科学院阜外医院麻醉科)，陈慧 (福建省立医院心血管内科)，陈志 (北京大学第三医院急诊科)，陈祖君 (中国医学科学院阜外医院成人术后恢复中心)，郭曲练 (中南大学湘雅医院麻醉科)，胡型梯 (温州医科大学附属第二医院小儿心胸外科)，吉冰洋 (中国医学科学院阜外医院体外循环科)，刘丽媛 (中国人民解放军空军军医大学西京医院心血管内科)，刘志勇 (中南大学湘雅医院麻醉科)，马青变 (北京大学第三医院急诊科)，闵苏 (重庆医科大学附属第一医院麻醉科)，齐娟 (福建省立医院麻醉科)，陶凌 (中国人民解放军空军军医大学西京医院心血管内科)，汪芳 (北京医院心血管内科)，吴彬 (重庆医科大学附属第一医院麻醉科)，许镜清 (福建省立医院麻醉科)，于荣国 (福建省立医院麻醉科)

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Mandawat A, Rao SV. Percutaneous mechanical circulatory support devices in cardiogenic shock[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2017, 10(5): e004337. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004337.
- [2] Karagiannidis C, Brodie D, Strassmann S, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: evolving epidemiology and mortality[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(5): 889-896. DOI: 10.1007/s00134-016-4273-z.
- [3] 陈凯, 唐汉韡, 侯剑峰, 等. 体外膜肺氧合在心脏外科领域的应用[J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(12): 1244-1248. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2019.12.020.
- [4] 李双磊, 吴扬, 任崇雷, 等. 体外膜氧合在除肺移植外的非心脏手术中的应用[J]. *中国体外循环杂志*, 2019, 17(6): 323-326. DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2019.06.02.
- [5] Naddour M, Kalani M, Ashraf O, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in ARDS[J]. *Crit Care Nurs Q*, 2019, 42(4): 400-410. DOI: 10.1097/CNQ.0000000000000280.
- [6] 中国医师协会体外生命支持专业委员会. 成人体外膜氧合循环辅助专家共识[J]. *中华重症医学电子杂志 (网络版)*, 2018, 4(2): 114-122. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2018.02.003.
- [7] 中华医学会急诊医学分会复苏学组, 成人体外心肺复苏专家共识组. 成人体外心肺复苏专家共识. [J] *中华急诊医学杂志*, 2018, 27(1): 22-29. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.01.006.
- [8] Kulkarni T, Sharma NS, Diaz-Guzman E. Extracorporeal membrane oxygenation in adults: a practical guide for internists[J]. *Cleve Clin J Med*, 2016, 83(5): 373-384. DOI: 10.3949/ccjm.83a.15021.
- [9] 龙村, 李欣, 于坤. 现代体外循环学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- [10] Sorokin V, MacLaren G, Vidanapathirana PC, et al. Choosing the appropriate configuration and cannulation strategies for extracorporeal membrane oxygenation: the potential dynamic process of organ support and importance of hybrid modes[J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19(Suppl 2): 75-83. DOI: 10.1002/ejhf.849.
- [11] Napp LC, Kühn C, Hoepfer MM, et al. Cannulation strategies for percutaneous extracorporeal membrane oxygenation in adults[J]. *Clin Res Cardiol*, 2016, 105(4): 283-296. DOI: 10.1007/s00392-015-0941-1.
- [12] Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure of the European Society of Cardiology

- (ESC) developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC[J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(27): 2129-2200. DOI: 10.1002/ehf.592.
- [13] Schmidt M, Franchineau G, Combes A. Recent advances in venovenous extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2019, 25(1): 71-76. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000567.
- [14] Chen H, Yu RG, Yin NN, et al. Combination of extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy in critically ill patients: a systematic review[J]. *Crit Care*, 2014, 18(6): 675. DOI: 10.1186/s13054-014-0675-x.
- [15] Aissaoui N, Luyt CE, Leprince P, et al. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock[J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(11): 1738-1745. DOI: 10.1007/s00134-011-2358-2.
- [16] Extracorporeal Life Support Organization. ELSO guidelines for ECMO centers (updated February 2005) [EB/OL]. [2020-11-24]. <http://www.elsonet.org>.
- [17] Ahn C, Kim W, Cho Y, et al. Efficacy of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation compared to conventional cardiopulmonary resuscitation for adult cardiac arrest patients: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 34208. DOI: 10.1038/srep34208.
- [18] Brooks SC, Anderson ML, Bruder E, et al. Part 6: Alternative techniques and ancillary devices for cardiopulmonary resuscitation: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2015, 132(18 Suppl 2): S436-S443. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000260.
- [19] Peters R, Boyde M. Improving survival after in-hospital cardiac arrest: the Australian experience[J]. *Am J Crit Care*, 2007, 16(3): 240-247. DOI: 10.1164/rccm.200603-350OC.
- [20] Alwardt CM, Wilson DS, Alore ML, et al. Performance and safety of an integrated portable extracorporeal life support system for adults[J]. *J Extra Corpor Technol*, 2015, 47(1): 38-43.
- [21] Haneya A, Philipp A, Foltan M, et al. First experience with the new portable extracorporeal membrane oxygenation system Cardiohelp for severe respiratory failure in adults[J]. *Perfusion*, 2012, 27(2): 150-155. DOI: 10.1177/0267659111432330.
- [22] Kim SJ, Kim HJ, Lee HY, et al. Comparing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: a meta-analysis[J]. *Resuscitation*, 2016, 103: 106-116. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.01.019.
- [23] Abrams DC, Prager K, Blinderman CD, et al. Ethical dilemmas encountered with the use of extracorporeal membrane oxygenation in adults[J]. *Chest*, 2014, 145(4): 876-882. DOI: 10.1378/chest.13-1138.
- [24] Kociol RD, Cooper LT, Fang JC, et al. Recognition and initial management of fulminant myocarditis: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2020, 141(6): e69-e92. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000745.
- [25] Montero S, Aissaoui N, Tadié JM, et al. Fulminant giant-cell myocarditis on mechanical circulatory support: management and outcomes of a French multicentre cohort[J]. *Int J Cardiol*, 2018, 253: 105-112. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.10.053.
- [26] Chou HW, Wang CH, Lin LY, et al. Prognostic factors for heart recovery in adult patients with acute fulminant myocarditis and cardiogenic shock supported with extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Crit Care*, 2020, 57: 214-219. DOI: 10.1016/j.jcrc.2020.03.007.
- [27] Vahdatpour C, Collins D, Goldberg S. Cardiogenic shock[J]. *J Am Heart Assoc*. 2019, 8(8): e011991. DOI: 10.1161/JAHA.119.011991.
- [28] Sugiyama T, Hasegawa K, Kobayashi Y, et al. Differential time trends of outcomes and costs of care for acute myocardial infarction hospitalizations by ST elevation and type of intervention in the United States, 2001-2011[J]. *J Am Heart Assoc*, 2015, 4(3): e001445. DOI: 10.1161/JAHA.114.001445.
- [29] Li Y, Yan S, Gao S, Liu M, et al. Effect of an intra-aortic balloon pump with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation on mortality of patients with cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 55: 395-404. DOI: 10.1093/ejcts/ezy304.
- [30] Combes A, Hajage D, Capellier G, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(21): 1965-1975. DOI: 10.1056/NEJMc1804601.
- [31] Ramanathan K, Antognini D, Combes A, et al. Planning and provision of ECMO services for severe ARDS during the COVID-19 pandemic and other outbreaks of emerging infectious diseases[J]. *Lancet Respir Med*, 2020, 8(5): 518-526. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30121-1.
- [32] Araos J, Alegria L, Garcia P, et al. Near-apneic ventilation decreases lung injury and fibroproliferation in an acute respiratory distress syndrome model with extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(5): 603-612. DOI: 10.1164/rccm.201805-0869OC.
- [33] Mezidi M, Guérin C. Effect of body position and inclination in supine and prone position on respiratory mechanics in acute respiratory distress syndrome[J]. *Intensive Care Med*, 2019, 45(2): 292-294. DOI: 10.1007/s00134-018-5493-1.
- [34] Mongodi S, Pozzi M, Orlando A, et al. Lung ultrasound for daily monitoring of ARDS patients on extracorporeal membrane oxygenation: preliminary experience[J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(1): 123-124. DOI: 10.1007/s00134-017-4941-7.
- [35] Mongodi S, Bouhemad B, Orlando A, et al. Modified lung ultrasound score for assessing and monitoring pulmonary aeration[J]. *Ultraschall Med*, 2017, 38(5): 530-537. DOI: 10.1055/s-0042-120260.
- [36] Fuehner T, Kuehn C, Hadem J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in awake patients as bridge to lung transplantation[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2012, 185(7): 763-768. DOI: 10.1164/rccm.201109-1599OC.
- [37] Loor G, Simpson L, Parulekar A. Bridging to lung transplantation with extracorporeal circulatory support: when or when not[J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9(9): 3352-3361. DOI: 10.21037/jtd.2017.08.117.
- [38] 胡春晓, 王志萍, 陈静瑜, 等. 体外膜肺氧合用于肺移植术患者围术期的效果[J]. *中华麻醉学杂志*, 2011, 31(4): 504-505. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2011.04.036.
- [39] San Roman E, Venuti MS, Ciarrocchi NM, et al. Implementation and results of a new ECMO program for lung transplantation and acute respiratory distress[J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2015, 27(2): 134-140.

DOI: 10. 5935/0103-507X. 20150024.

[40] Wigfield CH, Lindsey JD, Steffens TG, et al. Early institution of extracorporeal membrane oxygenation for primary graft dysfunction after lung transplantation improves outcome[J]. J Heart Lung Transplant, 2007, 26(4): 331-338. DOI: 10. 1016/j. healun. 2006. 12. 010.

[41] Devlin JW, Skrobik Y, Gélinas C, et al. Clinical practice guidelines for the prevention and management of pain, agitation/sedation, delirium, immobility, and sleep disruption in adult patients in the ICU[J]. Crit Care Med, 2018, 46(9): e825-e873. DOI: 10. 1097/CCM. 0000000000003299.

[42] Wildschut ED, Hanekamp MN, Vet NJ, et al. Feasibility of sedation and analgesia interruption following cannulation in neonates on extracorporeal membrane oxygenation[J]. Intensive Care Med, 2010, 36(9): 1587-1591. DOI: 10. 1007/s00134-010-1931-4.

[43] Adkins KL. Sedation strategies for extracorporeal membrane oxygenation support[J]. ASAIO J, 2017, 63(2): 113-114. DOI: 10. 1097/MAT. 0000000000000536.

[44] deBacker J, Tamberg E, Munshi L, et al. Sedation practice in extracorporeal membrane oxygenation-treated patients with acute respiratory distress syndrome: a retrospective study[J]. ASAIO J, 2018, 64(4): 544-551. DOI: 10. 1097/MAT. 0000000000000658.

[45] DeGrado JR, Hohlfelder B, Ritchie BM, et al. Evaluation of sedatives, analgesics, and neuromuscular blocking agents in adults receiving extracorporeal membrane oxygenation[J]. J Crit Care, 2017, 37: 1-6. DOI: 10. 1016/j. jerc. 2016. 07. 020.

[46] Dzierba AL, Abrams D, Brodie D. Medicating patients during extracorporeal membrane oxygenation: the evidence is building[J]. Crit Care, 2017, 21(1): 66. DOI: 10. 1186/s13054-017-1644-y.

(收稿日期: 2020-07-28)
(编辑: 王宝茹)

读者·作者·编者

2019 版中国科学技术信息研究所科技论文统计结果公布
——2018 年《中国循环杂志》核心影响因子 2.536，在心血管病期刊中排名第一

中国科学技术信息研究所《2019 年版中国科技期刊引证报告(核心版)自然科学卷》发布的 2018 年中国科技论文统计结果显示:2018 年《中国循环杂志》核心影响因子 2.536，在 21 种心血管病学类期刊中排名第 1 位，在 2 049 种科技核心期刊中排名第 15 位。

近几年，《中国循环杂志》核心影响因子不断升高(图 1)。这是广大作者和读者支持和厚爱、编委会各位专家严谨和认真、杂志社领导严抓稿件质量、编辑部同仁认真负责工作的结晶。

《中国循环杂志》是中文核心期刊和中国科技核心期刊。以从事心血管病学和相关学科的专业临床医生、科研和教学人员为读者对象，设有述评、论著、专题笔谈、病例报告、经验教训以及临床病例讨论、综述、学习园地、国内外学术动态等栏目，诚请广大作者和读者踊跃投稿和订阅。

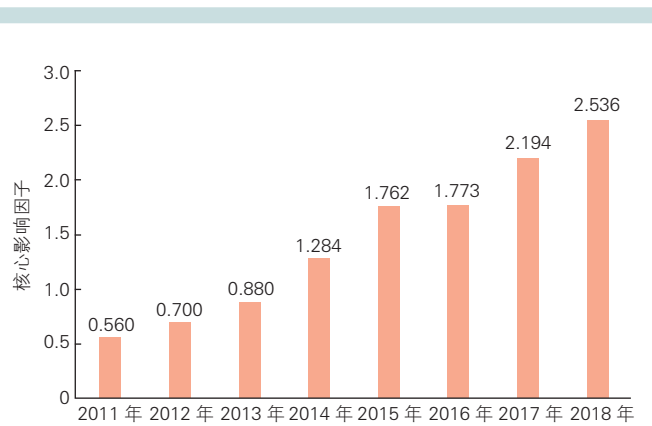


图 1 2011~2018 年《中国循环杂志》核心影响因子的变化

《中国循环杂志》编辑部