

经皮机械循环辅助临床应用及管理 中国专家共识

中国医师协会心力衰竭专业委员会 国家心血管病专家委员会心力衰竭专业委员会
中华心力衰竭和心肌病杂志编辑委员会
共同通信作者:

周胜华, Email: zhoushenghua@csu.edu.cn; 高传玉, Email: gaocy6802@163.com;

杨伟宪, Email: wxyang2009@sina.com; 张宇辉, Email: yuhuizhangjoy@163.com

【摘要】 经皮机械循环辅助(pMCS)是体外生命支持的重要手段之一。为指导临床应用pMCS, 本委员会基于国内外相关指南与循证医学证据, 结合我国实际情况, 制定本共识, 将就pMCS的常用装置、工作原理、临床应用、装置选择、置入与撤离时机和应用管理等几个方面进行介绍, 以推动pMCS技术的规范化应用。

【关键词】 经皮机械循环辅助; 临床应用; 适应证; 应用管理

DOI: 10.3760/cma.j.cn101460-20200812-00078

Chinese Expert Consensus on Clinical Application and Management of Percutaneous Mechanical Circulatory Support

Chinese Heart Failure Association of Chinese Medical Doctor Association, National Expert Committee on Cardiovascular Diseases and Professional Committee on Heart Failure, Editorial Board of Chinese Journal of Heart Failure and Cardiomyopathy

Co-corresponding authors:

Zhou Shenghua, Email: zhoushenghua@csu.edu.cn; Gao Chuanyu, Email: gaocy6802@163.com;

Yang Weixian, Email: wxyang2009@sina.com; Zhang Yuhui, Email: yuhuizhangjoy@163.com

【Abstract】 Percutaneous mechanical circulatory support (pMCS) is one of the important means of extracorporeal life support. In order to guide clinical application of pMCS, the committee formulated this consensus based on the relevant guidelines and evidence-based medicine evidences at home and abroad in light of the actual situation in China, focusing on the device introduction, working principle, clinical application, device selection, timing of implantation and withdrawal, and application management of pMCS, so as to promote the standardized application of pMCS in clinical practice.

【Key words】 Mechanical circulatory support, percutaneous; Clinical application; Indication; Application management

DOI: 10.3760/cma.j.cn101460-20200812-00078

机械循环辅助(mechanical circulatory support, MCS)是一种生命支持技术,在20世纪50年代首先被应用于临床,经过60年的发展,现在已经成为心脏急性事件及终末期心力衰竭(心衰)等患者的重要“桥梁”治疗^[1-3]。

经皮机械循环辅助(percutaneous mechanical circulatory support, pMCS)是MCS的重要技术之一,近年来发展迅速^[4]。根据体外生命支持组织(extracorporeal life support organization, ELSO)年度

数据^[5],截至2019年全球已有112 231名患者接受了体外生命支持(extracorporeal life support, ECLS),其中接受MCS的患者大部分采用pMCS。近年来,pMCS在我国的应用快速发展,能够开展pMCS的中心数量和辅助例数逐年增长,技术也在逐渐完善^[6-8]。据不完全统计,2019年我国约开展主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)26 000例,开展体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)3 700例,并有少数

(veno-veno extracorporeal membrane oxygenation, VV-ECMO) 和 静脉-动脉 ECMO (veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO)。VV-ECMO 适用于仅需要呼吸支持的患者, VA-ECMO 可同时进行呼吸和循环支持。

本共识中的 ECMO 特指 VA-ECMO, 其工作原理是通过离心泵将静脉血从体内引出, 在体外经膜式氧合器进行气体交换成为动脉血后再回输入动脉, 从而达到完全或部分替代心脏和(或)肺的功能。其血液动力学效应包括: 通过引出静脉血, 达到降低左、右心室前负荷的作用; 同时将血回输至动脉后, 可提高平均动脉压(mean artery pressure, MAP), 维持外周循环。但是由于动脉侧回流是平流, 存在增加左心室后负荷和心肌氧耗的风险。

2. 适应证

ECMO 适合各种原因导致的心衰合并呼吸衰竭患者, 也适用于心脏骤停(cardiac arrest, CA)患者抢救时的治疗^[20]。ECMO 的其他适应证包括: 心脏术后低心排综合征(low cardiac output syndrome, LCOS)、暴发性心肌炎(fulminant myocarditis, FM)、难治性恶性心律失常、围生期心肌病(peripartum cardiomyopathy, PPCM)、急性大面积肺栓塞、高危 PCI、急性右心衰, 心肺复苏术(cardiopulmonary resuscitation, CPR)及心脏移植前过渡等。

3. 禁忌证

终末期恶性肿瘤、严重出血性疾病或存在抗凝禁忌证、严重神经系统疾病、严重免疫抑制状态、不可逆的多脏器功能衰竭、不能接受血制品患者、终末期心脏疾病但不适合移植、急性主动脉夹层、主动脉瘤、主动脉瓣中、重度关闭不全等^[21]。

4. 临床应用

由于 ECMO 操作相对简便, 在我国应用逐年增多。目前应用较多的是 CS, 特别是 AMI、FM、心脏术后 LCOS 等原因导致的休克^[22]。一项研究显示, ECMO 治疗 CS 存活率为 49%^[23], 其他一些回顾性研究也显示, ECMO 辅助可降低患者的死亡率^[24-25], 但目前还没有专门针对 ECMO 的大型随机对照试验。此外, 在 CA 患者 CPR 时应用 ECMO (E-CPR) 方面, ELSO 登记的数据显示, 成人 CA 患者 E-CPR 的出院存活率可达 27%^[26]。CS 患者应用 ECMO 的循证医学证据有限, 目前多个指南均不推荐常规使用, 仅在常规治疗效果欠佳时考虑应用。

三、Impella 系统

1. 工作原理

Impella 系统是一种左心室-主动脉型轴流式辅助装置, 有 Impella 2.5、Impella CP、Impella 5.0/LD 等型号, 其工作原理是: 经股动脉途径将 Impella 装置的导管送至左心室, 流入口位于左心室流出道, 流出口则位于主动脉内; 轴流泵运转时能把血液从左心室端流入口抽吸出, 再通过主动脉端流出口回输至主动脉, 即达到心脏辅助的作用^[27]。

血液动力学效应: Impella 装置的轴流泵能提供主动前向血流, 从而增加 CO; 轴流泵泵出的血液直接来自左心室, 可直接降低左心室压力和容量, 减少心室做功, 降低心肌氧耗。此外, 主动脉前向血流的增加和心室壁张力的降低也可增加冠状动脉血流, 改善心肌灌注^[28]。

2. 适应证

常规治疗效果欠佳的急性心肌炎、合并休克的心肌病如 PPCM 等、顽固性心衰、AMI 所致的 CS、高危 PCI 围术期支持等^[29]。

3. 禁忌证

主动脉瓣或左心室血栓; 室间隔缺损; 主动脉夹层、主动脉窦瘤破裂; 严重外周血管疾病^[30]。主动脉瓣狭窄或反流不是绝对禁忌证, 但应权衡利弊后谨慎使用。

4. 临床应用

Impella 的随机临床试验较少。Seyfarth 等^[31]的研究显示, 在 AMI 合并 CS 患者中, Impella 增加心脏指数(cardiac index, CI)较 IABP 更显著, 但未降低机械通气患者 30 d 死亡率。另一项关于 Impella 2.5 装置的观察性研究结果显示^[32], 高危 PCI 围术期使用 Impella 2.5 系统是安全的, 血运重建成功率高达 90%, 30 d 主要不良心血管事件发生率为 8%, 6 个月和 12 个月的存活率分别为 91% 和 88%。

PROTECT II 研究^[33]是大规模单中心对照试验, 旨在比较 Impella 与 IABP 在非急诊高危 PCI 的安全性和有效性, 共入选 452 例三支冠脉血管病变或无保护左主干病变合并严重心衰的患者, 结果显示, Impella 组血流动力学指标较 IABP 组改善更显著, 但 30 d 的 MACCE 发生率无显著差异。

四、TandemHeart 系统

1. 工作原理

TandemHeart 系统是一种短期左心房-主动脉型辅助装置, 其工作原理是通过房间隔穿刺, 将导管放置至左心房, 轴流泵将血液从左心房抽吸出来后, 再回输至主动脉, 达到心脏辅助的作用。TandemHeart 系统可通过抽吸左心房血液而减轻左

心室的前负荷,同时也可通过血液回输到动脉而达到循环辅助作用。

2. 临床应用

在一项小型开放标签的研究中,将 33 例发病 24h 内的 CS 患者随机分配至 IABP 或 TandemHeart 辅助治疗组,比较两组后发现,TandemHeart 辅助治疗组的 CI 增加、肺毛细血管楔压(pulmonary capillary wedge pressure, PCWP)降低更为显著,但两组间严重不良事件或 30 d 死亡率无差异^[34]。该研究样本量偏少,因此无法得出明确的结论。另一项研究入选了 54 例高风险 PCI 围术期使用 TandemHeart 进行循环辅助的患者,其中 64% 患者是左主干和多支血管病变。结果显示,PCI 手术成功率高达 97%,患者 6 个月生存率为 87%^[35]。目前该技术尚未在我国开展。

五、右心室辅助装置

右心室 pMCS 主要有 Impella RP 和 Tandem pRVAD 装置。两个装置工作原理相似,都是将右心房血引出后,回输到肺动脉而达到右心室辅助作用。RPECOVER RIGHT 研究^[36]是一个评价 Impella RP 有效性及安全性的前瞻性、多中心研究,其结果显示,难治性右心衰患者 Impella RP 辅助后 30 d 生存率 73.3%。目前该技术尚未在我国应用。

六、各种 pMCS 装置的比较

主要 pMCS 装置的工作方式、置入、管理及并发症发生情况的比较见表 1。

不同装置各有优势和不足。IABP 具有操作简单、安全等优势,所以尽管存在着许多争议,仍然是目前应用最广泛的 pMCS 技术。ECMO、Impella 系统及 TandemHeart 系统等装置提供的流量支持比 IABP 更大,血流动力学效应更佳,但并发症的发生风险和管理的难度也高于 IABP。

目前,比较各装置有效性及安全性的研究较少。有小规模临床试验结果显示^[37-38],与 IABP 相比,ECMO 辅助患者的获益更明显。TandemHeart、Impella 系统辅助下,血流动力学指标如 CI、MAP 及 PCWP 的改善也要优于 IABP,但总体死亡率没有差别;而 ECMO 与 Impella 及 TandemHeart 比较,没有显示出优势^[7,31,39]。

七、pMCS 装置的联合应用

pMCS 装置的联合应用目前主要是 IABP 与 ECMO 联合。IABP 联合 ECMO 可以在 ECMO 流量支持的基础上,增加 0.5~1.0L/min;同时可以克服由于 ECMO 平流灌注导致左室后负荷增加的副作用,二者具有协同作用。

目前临床上 ECMO 和 IABP 联合主要应用于 CS、FM、高危冠心病患者围术期及 CA 患者 CPR 过程。日本一项纳入 1 650 例患者的全国性注册登记研究^[40]结果发现,与单用 ECMO 比较,ECMO 联合 IABP 可以改善患者近期预后和增加撤机的成功率。另一项共纳入 22 项研究的 Meta 分析^[41]结果发现,ECMO 联合 IABP 治疗未能改善 CS 的预后,但在

表 1 主要经皮机械循环支持装置的比较

指标	IABP	ECMO	Impella 系统	TandemHeart 系统
工作方式	反搏	离心泵	轴流泵	离心泵
装置特点				
鞘管外径(F)	7.5~9.0	18~21(静脉端) 15~20(动脉端)	13~23	21(静脉端) 15~17(动脉端)
CO 增加(L/min)	0.5~1.0	>4.5	2.5~5.0	3.0~5.0
放置位置	股动脉	股动、静脉	股动脉	股动、静脉
置入方式	经皮穿刺	经皮穿刺	经皮/外科切开	经皮穿刺
床旁置入	能	能	不能	不能
操作难度	低	较高	较高	高
留置时间	数天	数天-数周	数天	数天
管理及并发症				
术后管理要求	低	高	较高	极高
抗凝要求	低	高	低	高
并发症风险	低	较高	较低	较高
肢体缺血风险	低	较高	较高	较高
溶血风险	低	高	较高	高

注:IABP 为主动脉内球囊反搏,ECMO 为体外膜肺氧合,CO 为心输出量

AMI 患者中 ECMO 联合 IABP 治疗可以降低近期死亡率。目前,ECMO 联合 IABP 在成人 FM 合并 CS 的应用仅有部分小样本研究^[42-43]。

经皮机械循环辅助获益人群及血液动力学基础

作为循环辅助的重要手段,pMCS 的获益机制包括:(1)维持循环,保证重要器官的灌注;(2)降低内心充盈压力,减轻肺淤血和肺水肿;(3)降低左心室容积、室壁应力和心肌耗氧量;(4)在复杂介入或其他操作过程中提供循环支持。以下情况可从 pMCS 获益。

一、高危 PCI 围术期

高危 PCI 虽无统一的定义,但 PCI 过程中导致风险增高的因素可以分为以下三类:(1)患者相关的高危因素,包括高龄、左心室功能受损、心衰、糖尿病、慢性肾脏疾病、既往 AMI 病史、多支血管或左主干病变和外周动脉疾病等。(2)冠状动脉病变相关因素,包括左主干狭窄、分叉病变、静脉桥血管、严重三支病变、严重钙化病变和慢性完全闭塞病变等。(3)高危疾病相关因素,如急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)、CS 和心衰等^[4]。

高危 PCI 应用 pMCS 可降低围术期风险,但由于缺乏 pMCS 的评估手段,临床是否使用,更多取决于术者对 PCI 风险及获益的综合判断。建议行高危 PCI 时可采用 pMCS 进行循环辅助。

二、心源性休克

pMCS 是近年来 CS 治疗领域进展最迅速的方向。pMCS 通过减轻心脏负荷,增加 CO,维持动脉血压而达到改善周围循环,恢复组织灌注的目的。但由于循证学证据不足,目前多数指南或共识仅推荐在常规治疗效果不好时考虑尽早使用^[44]。

三、急性心肌梗死

pMCS 装置可以增加冠状动脉血流,减少心肌耗氧量,改善心肌缺血,促进梗死区域心肌的恢复。pMCS 能否减轻再灌注的心肌损伤尚不清楚。对 pMCS 在 AMI 中的应用仍存在争议,但是在 AMI 合并常规治疗效果不好的 CS 及发生机械并发症时,pMCS 仍是重要的支持手段^[45]。

四、心力衰竭

对于一些由可逆原因引起的心衰,如 FM、围生期心肌病、应激性心肌病等,pMCS 可在急性期阶段提供循环支持,为心脏功能恢复争取时间^[46]。而终末期心衰应用 pMCS 治疗的主要目的是作为病人

能获得最终治疗方案(通常为更高级的 MCS,如置入长期左室辅助装置或心脏移植)前的一个过渡治疗。心衰患者应用 pMCS 的最佳时机目前仍有争议。通常在积极的抗心衰治疗效果欠佳,或者合并 CS 时,可以考虑使用^[46]。

五、其他可能获益情况

心脏瓣膜病,尤其经皮主动脉瓣球囊扩张或主动脉瓣置换的高危患者,pMCS 可降低围手术期风险^[47];严重室性心律失常伴循环不稳定且复律困难,或该情况下需行导管消融治疗的患者,pMCS 是一个选择;pMCS 在 FM 中的应用,已被多个指南和专家共识列入重要治疗手段^[48];ECMO 支持下的心肺复苏(E-CPR),可以比单纯 CPR 获得更多的心搏量,生存率和神经功能保存率也更高;急性右心功能不全患者的右心室辅助装置已有个案或小队列报道,是 pMCS 新的应用领域^[49]。

推荐意见:

1. 作为循环辅助的手段,pMCS 可以带来血液动力学的获益。

2. 可能从 pMCS 获益的人群包括高危 PCI 围术期,急性心肌梗死,心力衰竭,心源性休克等。其他如瓣膜病、电风暴、暴发性心肌炎、心肺复苏、急性右心功能不全,在特定情况下也可应用。

经皮机械循环辅助的术前评估及装置选择

一、pMCS 团队

pMCS 的临床应用涉及多个学科,因此建立专门的 pMCS 团队,更有利于 pMCS 的术前评估及围术期管理。团队构成可纳入心内科、心外科、重症医学科、血管外科、呼吸科、麻醉科、体外循环、超声、影像等相关学科医师,以及护理、工程技术人员。如条件允许,也可以建立以 pMCS 团队所在医院为中心,辐射其他医院的区域救治网络,以提高危重患者的救治成功率^[50]。pMCS 团队主要负责术前评估、置入时机确定、装置选择、术前准备、pMCS 运行及设备管理、并发症处置等,并定期总结。

推荐意见:

建立专门的多学科 pMCS 团队,负责 pMCS 置入时机确定、装置选择、术前准备、pMCS 运行及设备管理、并发症处置等。

二、术前评估及置入时机

pMCS 团队术前应充分评估 pMCS 的适应证、禁忌证、手术时机、医疗支出效价比及家属意愿等。

由于 pMCS 相关费用昂贵,术前应充分评估效价比。对临床转归相对较好的急性疾病如 FM、应激性心肌病、ACS 等,可考虑积极使用;而对于难治性 CA、疾病终末期、预期寿命短、合并症多等情况,应慎重考虑。术前应与患者及家属充分沟通 pMCS 治疗的必要性、手术风险、并发症、维持时间及费用,最终决策应尊重患者及家属意愿^[51-52]。

pMCS 的效果与置入时机相关,以下几点可以作为时机选择的参考:1. 密切观察病情变化,定时评估置入时机;2. 如强化治疗后效果不佳时,尽早启动 pMCS^[4, 50];3. 根据不同病因选择 pMCS 的置入时机:CS 尤其是初治效果不好,pMCS 应尽快置入;而对高危心血管疾病围术期的循环辅助时,pMCS 应考虑在术前即放置^[4,50]。

推荐意见:

1. pMCS 术前需进行充分评估,包括适应证、禁忌证、手术时机及医疗支出效价比等,应充分尊重患者及家属的意愿。

2. 置入时机可由 pMCS 多学科团队共同决定。

三、装置选择

各种 pMCS 装置各有优势和不足,可根据临床情况以及各装置的特点进行选择。

IABP 技术成熟、置入方便、并发症少,在急诊情况下,尤其是 AMI 合并泵衰竭或机械并发症的患者,可首先考虑使用^[20,53]。如果 IABP 仍然不能维持循环时,可以选择 ECMO,或者 Impella 系统^[10]或

Tandem Heart 系统。对药物治疗无效的右心衰,可选择右心室辅助装置(如 Impella RP 或 Tandem pRVAD)或 V-A ECMO;对于合并呼吸衰竭的心衰患者,优先选择 ECMO;需要长时间循环辅助的患者可以选择 TandemHeart 系统^[54]。

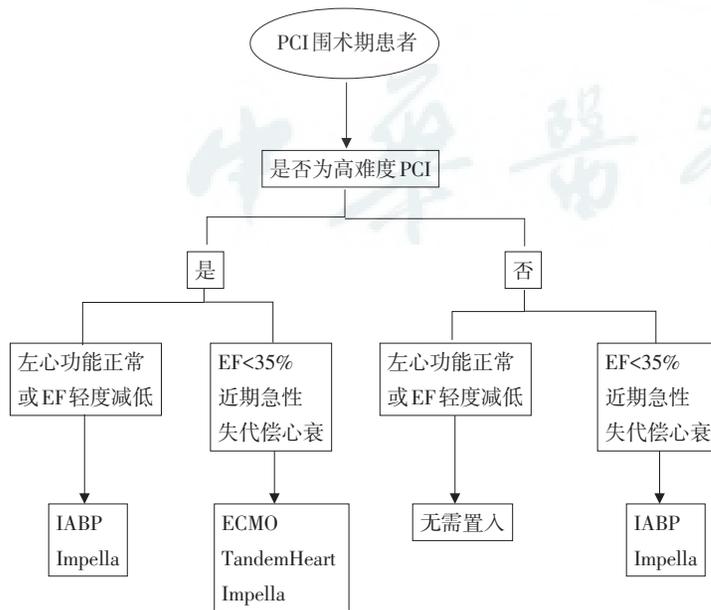
高危 PCI 患者围术期的循环辅助可根据冠状动脉病变的复杂程度和心功能状态来选择 pMCS 装置,左主干病变或严重多支血管病变的具体建议见图 1^[33,35,55]。若术前患者心功能尚不需循环辅助,可备 pMCS 必要时紧急置入。

复杂高危患者(complex higher-risk indicated patients, CHIP)主要指冠状动脉病变复杂,但被冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)排除在外,而 PCI 手术风险又比较高的这一类病人。CHIP 除了冠状动脉病变复杂(如无保护左主干病变、复杂三支病变合并钙化、慢性完全闭塞等)外,临床上常合并严重的左心功能不全(EF<35%)、急性失代偿心衰、快速性心律失常(房颤、室速)和其他系统如呼吸、肾脏、外周血管等系统的合并症^[37],术中及术后的风险均比较大,pMCS 可作为术中、术后的循环辅助手段,降低手术风险,改善预后。其中 IABP 和 Impella 系统因置入速度快、可有效改善冠状动脉血流和降低心肌耗氧,可以首先考虑。关于两种装置的比较,2018 年经导管心血管治疗(transcatheter cardiovascular therapeutics, TCT)大会上公布的 BMC2 研究^[56]显示,Impella 的出血和全因死亡较 IABP 高,但中风风险无差异。最新一项有关 pMCS 在 高危 PCI 应用的大型回顾性研究显示,相比 IABP,使用 Impella 显著增加死亡、出血及卒中风险,而急性肾损伤风险相似^[57]。鉴于目前二者对比研究有限,选择 IABP 还是 Impella 更多依赖术者经验。

推荐建议:

1. pMCS 团队应综合临床情况、各种装置特点、手术操作难易程度和治疗目的等因素选择装置。

2. 为增加手术的安全性、减少并发症,尽量在 X 线、超声等影像引导下进行 pMCS 的置入。如需床旁完成,建议超声引导^[58]。相对于外科切开置入,穿刺技术创伤小且快速、安全,建议优先选择。



PCI 为经皮冠状动脉介入治疗,EF 为射血分数,IABP 为主动脉内球囊反搏,ECMO 为体外膜肺氧合,pMCS 为经皮机械循环辅助

图 1 左主干病变或严重多支血管病变患者 pMCS 装置的选择建议

经皮机械循环辅助的管理

pMCS为血管内装置,通常需长时间维持,管理工作量及难度均较大。pMCS管理重点包括抗凝管理、装置运行中管理以及并发症处置。目前,我国使用的pMCS主要是IABP、ECMO和Impella,故本共识管理建议主要围绕这三个装置进行阐述。

一、抗凝管理

pMCS装置均需抗凝,但不同装置要求不同。

1. IABP

通常使用肝素或低分子肝素抗凝。工作期间可将活化凝血时间(activated clotting time, ACT)维持在150~180s。应用初始阶段,每2~4h监测ACT,稳定后可延长监测时间。抗凝期间应注意观察有无出血征象、凝血功能及血小板计数的变化。如果出现肝素诱导的血小板减少(heparin-induced thrombocytopenia, HIT),可换用阿加曲班^[59]。

2. ECMO

ECMO工作期间血液往往处于高凝状态,血栓栓塞发生率可高达20%,故抗凝要求更高,通常需全身肝素化^[29]。但是,伴随着肝素化,出血风险也会显著增加(发生率可达12%~52%),因此,加强凝血功能监测至关重要。ACT检测简便快捷,是目前最常使用的指标,建议将ACT维持在180~200s^[21];初始阶段通常需要每小时检测一次,稳定后可适当延长间隔时间。ECMO撤离前抗凝也非常关键,可予肝素负荷量,使ACT高于400s,以减少血栓形成^[29]。目前有研究认为,活化部分凝血酶原时间(activated partial thromboplastin time, APTT)和抗凝血因子Xa更能反映肝素抗凝强度^[60]。此外临床也应遵循个体化原则,结合患者病情(如是否有出血、近期外科手术等)确定抗凝强度。

ECMO在长时间转流后会导致血小板和凝血因子消耗,必要时应及时输注新鲜血浆和血小板。血小板数量 $<50 \times 10^9 L^{-1}$ 时可考虑给予补充^[61]。

3. Impella系统

Impella系统置入时建议使用普通肝素维持ACT 250s,运行过程维持ACT 160~180s或者APTT 45~60s^[62]。如出现HIT时,可改用直接凝血酶原抑制剂比伐卢定或阿加曲班^[63]。

推荐意见:

1. pMCS辅助期间均需抗凝。
2. IABP辅助期间需适当抗凝,通常使用肝素。
3. ECMO辅助期间抗凝要求较高,建议持续

抗凝,首选肝素,维持适当的ACT水平,并可结合APTT、Xa水平以及患者病情等综合判断所需抗凝强度。应密切观察凝血因子和血小板的情况,必要时输注凝血因子、血小板。

4. Impella系统工作期间建议持续抗凝,药物首选肝素,并维持ACT和APTT在适当水平。

二、pMCS装置运行中的管理

1. IABP

IABP辅助期间,应注意球囊位置,并根据动脉压力曲线和反搏波等指标判断IABP工作情况。

为防止IABP球囊工作时影响颈动脉、左锁骨下动脉和肾动脉等供血,IABP球囊应放置于左锁骨下动脉水平以下和肾动脉开口以上1~2cm处(有些文献为2~3cm)^[59]。床旁胸片检查可以帮助确定球囊位置,此时球囊尖端应位于左侧第2~3肋间隙之间。

IABP的工作时相可通过动脉压力曲线及反搏波来确定,最佳工作时相是球囊在主动脉瓣关闭瞬间充气,开放瞬间放气。

IABP工作时,收缩峰压较反搏前有降低,但舒张压和MAP会升高。若发现动脉压力曲线或反搏波形明显变小或出现异常,提示球囊导管折曲或堵塞,应及时处理。

2. ECMO

ECMO管理难度较大,应关注以下几点:

(1)设备工作情况:特别是管路、离心泵和氧合器的工作情况。

管路的监测重点是管路固定是否牢固、是否通畅、有无血栓形成。可通过静脉端负压监测了解管路引流通畅情况,如负压大于-30mmHg(1mmHg=0.133kPa)则提示引流不畅,需做出处理^[64]。如管路出现抖动,多与容量不足、静脉管路引流不畅等有关。如需在管路系统上操作(抽取血标本、连接血滤装置等),必须先停泵,并钳夹管路,以防快速运转时负压导致气体进入管路^[65]。

ECMO工作良好时,离心泵转数与流量会处于稳定状态,如转数与流量不相符,可能与容量、管道不通畅、血栓形成等有关。ECMO血栓形成多位于离心泵和氧合器。离心泵底座因发热易形成血栓,此时用听诊器可听到异常声音。如氧合器前后跨膜压差显著增高时,应排除氧合器内血栓形成可能,明显的血栓目视即可见。

(2)流量管理:ECMO辅助期间,应根据患者情况、血压目标及器官灌注状况,调整辅助流量。在

ECMO 开始阶段,可以选择高流量辅助,以尽快纠正机体缺氧及微循环障碍。循环稳定后可以根据心率、血压、中心静脉压(central venous pressure, CVP)等指标调整至最佳流量,通常以达到 CO 的 50% 为佳^[66]。

ECMO 在使用过程中 MAP 应维持在 60~65 mmHg^[67],不宜过高。待血流动力学参数趋于稳定后,方可逐步减少或停用正性肌力和血管活性药物,逐渐过度到以 ECMO 辅助为主的状态^[68]。

(3)全身管理:ECMO 辅助循环的病人病情较重,辅助期间同时还应注意全身情况的管理,特别是内环境及体温的管理。

ECMO 辅助循环时患者常出现严重水、电解质和酸碱失衡,应注意及时纠正^[68]。临床上酸中毒较常见,纠正时应避免大量使用碳酸氢钠,因其不能根本上缓解酸中毒,却可能带来高钠血症副作用。

ECMO 在运行中,可以利用其恒温装置来控制患者的体温,一般将患者体温维持在 36℃~37℃。若患者体温过高,机体氧耗将增加,不利于内环境紊乱的纠正;若患者体温过低,又容易发生凝血机制和血流动力学的紊乱。对于 CA 患者,还可通过 ECMO 的体温调节功能来进行亚低温治疗。

3. Impella 系统

为了保证 Impella 系统能有效地工作,应保持导管的流入口在左心室,流出口在主动脉,其位置可通过流入口和流出口处马达的速度和压力的变化,或者超声心动图来确定^[62]。辅助期间,注意流量辅助级别应切换至最大辅助 P9,保持轴流测压管的压力在 300~350 mmHg^[62],同时净化辅助系统调至标准配置。

Impella 系统最常见的报警是导管位置异常,可在超声或数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)影像指导下调整导管的位置^[62]。若出现吸附报警,需考虑是否存在导管在左心室的位置异常或左心室充盈不够,若出现上述原因,则此时应调整导管位置、评估右心室功能和患者的容量状况^[50]。

推荐意见:

1.IABP 辅助期间,应注意球囊位置,并根据动脉压力曲线和反搏波等指标判断 IABP 工作状态。

2.ECMO 辅助管理难度较大,注意设备工作情况,适时调整辅助流量,并注意全身情况管理。

3.Impella 系统辅助期间,导管的位置要合适。

三、并发症及处理

pMCS 并发症发生率较高,主要包括感染、肢体缺血、出血、溶血等并发症。主要装置的常见并发症风险比较见表 2。

表 2 经皮机械循环辅助装置的常见并发症风险比较

并发症类型	IABP	ECMO	Impella 2.5 系统	TandemHeart 系统
肢体缺血	+	+++	++	+++
溶血	+	+++	++++	++
出血	+	++++	++	+++

注:IABP 为主动脉内球囊反搏,ECMO 为体外膜肺氧合

1.IABP 的主要并发症及处理

(1)血小板减少。血小板减少的原因有:IABP 球囊表面形成血栓,血小板过度消耗;球囊充气 and 放气造成血小板机械性破坏;此外,HIT 及感染诱导的骨髓抑制也是常见原因之一^[4]。IABP 在使用过程中出现的血小板减少往往是轻度的,而且并不导致患者的大出血和增加住院期间的死亡率^[69],但仍需要密切监测患者血小板数量及功能。

(2)出血。有穿刺部位出血、腹膜后出血、大动脉破裂出血及全身出血。出血可能与以下机制有关:①机体凝血功能紊乱^[70];②抗凝药物使用;③穿刺点血栓形成缓慢或血栓碎裂;④鞘管与穿刺口血管嵌合不良。术前和术后监测血常规和凝血功能情况对预防出血的发生至关重要。术后穿刺部位应适当加压包扎,密切观察穿刺部位有无渗血情况。若出现大出血,必要时可行外科或介入止血。

(3)下肢动脉缺血。主要原因包括动脉斑块脱落、导管阻断血流、血栓形成、动脉损伤、抗凝治疗不当及 IABP 停搏时间过长等。选择合适的球囊导管、采用无鞘球囊置入、规范化的抗凝等措施可减少下肢缺血的发生。反搏期间应密切观察下肢颜色、温度及足背动脉搏动,如出现下肢缺血征象应及时处理,必要时撤除 IABP。

(4)血管并发症。IABP 相关血管并发症主要有假性动脉瘤、动静脉瘘及血管夹层。在 DSA 指导下进行 IABP 置入,术中精细操作,可以减少血管并发症的发生。

(5)球囊位置不当或破裂。球囊位置过高或者过低可能影响锁骨下动脉、颈动脉、腹腔干或肾动脉的供血。IABP 辅助期间,应定期检查胸片以确定导管位置。当发现管腔内有血液应考虑球囊破裂,及时拔出并更换球囊。

(6)感染。是常见并发症^[71]。为减少感染的发生,IABP 置入时应严格无菌操作,伤口应定期更换

敷料。出现感染者应寻找感染部位及病原学的证据,并进行针对性抗菌治疗。

2. ECMO 主要并发症及处理

(1) 出血或血栓。出血部位包括穿刺部位和全身性出血。出血原因主要与肝素化、机器的长期转流消耗体内凝血物质、操作损伤等因素有关。合理应用肝素,使 ACT 维持在 180~200 s^[4,72],血小板计数维持在 $>50 \times 10^9 L^{-1}$ 是减少出血或血栓并发症的主要措施。ECMO 运行期间监测各项凝血指标,及时补充血小板及相应的凝血物质也是降低出血及血栓风险的重要措施^[73-74]。另外,采用肝素涂层管道,能在一定程度上减少管路中的血栓形成^[74]。

(2) 溶血。与泵头内血栓形成、管路扭折、静脉引流负压过高、长时间流量过大等有关。一般情况下 ECMO 导致溶血程度较轻。严重溶血时需更换或撤离 ECMO 系统。

(3) 肢体缺血、坏死。ECMO 运行过程中出现肢体缺血坏死的后果往往较为严重,甚至需要截肢。其原因有患者存在动脉粥样硬化、导管选择型号不匹配或者肢体动脉血栓形成等。股动脉穿刺置管患者中较为常见。其防治措施有:①根据血管超声结果选择合适的血管,有条件可以进行超声引导穿刺;②选择合适型号的导管,保持适当的抗凝强度,也从灌注导管泵入肝素,减少血栓发生^[75];③必要时可在肢体远端预防性置入灌注导管以保证供血;④加强肢体血运过的观察,定期检查下肢动静脉彩超和远端肢体氧饱和度情况。

(4) Harlequin 综合征:又称“南北综合征”,表现为上半身发绀,而下半身红润。多发生于股动脉途径的 VA-ECMO 模式。其机制是:ECMO 回流的逆向血液与心脏泵出的前向血液之间存在一个平面,当平面位于降主动脉时,如果病人又存在呼吸衰竭,就会出现主要由心脏泵出血液供应的上半身氧合低,发绀,而由 ECMO 供血的半身氧合正常,颜色红润。解决的主要方法包括:①将动脉回流导管的位置上移,或改为中心动脉插管。②更改模式。如循环功能已恢复,可改为 VV-ECMO;或在颈内静脉增加一根供血管,改为 V-A-V-ECMO 模式。③减少心脏射血,增加 ECMO 逆向血流^[66]。

(4) 感染。在 ECMO 支持治疗期间,由于体温管理,发热易被掩盖。临床上须密切监测感染征象。防治措施包括严格无菌操作、保证患者营养供给、在层流病房监护、尽早脱离呼吸机及 ECMO,必要时预防性使用抗生素^[71]。

(5) 机械并发症。随着 ECMO 技术的改进和完善,机械并发症已逐渐减少。常见的有血浆渗漏及氧合器氧合不良。血浆渗漏主要与氧合器类型、跨膜压差、辅助流量等有关^[74-75]。氧合器氧合不良则主要与氧合器内血栓形成有关。对于长期 ECMO 转流者,应定期检测跨膜压,一旦出现氧合器氧合不良或血浆渗漏,应及早更换氧合器。

3. Impella 系统主要并发症及处理

Impella 系统在辅助期间溶血的发生率较高,前 24 h 内可高达 5%~10%^[76]。主要与血流高速运行所产生的剪切力对红细胞的直接破坏有关^[77]。另外,导管在心腔内位置不佳也可能导致溶血^[78-79],此时可调低转速,在超声指导下调整导管的位置。若调整后溶血仍持续存在,急性肾功能不全的风险将增加,应考虑撤离 Impella 系统。

推荐意见:

1. pMCS 相关的并发症发生率较高,需加强预防、识别和处理。

2. IABP 使用过程中应注意血小板减少、出血、下肢动脉缺血、感染及血管并发症的发生,并采取相应的防治措施。

3. ECMO 运行期间应维持合适的 ACT 水平,实现出血及栓塞风险的平衡,加强溶血、缺血及感染等相关并发症的防治,条件允许尽早撤离。

4. Impella 系统常见并发症有出血、溶血、肢体缺血及血管损伤。

经皮机械循环辅助装置的撤离

一、撤离时机

pMCS 在运行过程中,管理难度大,并发症较多,因此如病情允许应尽早撤离。目前还没有关于 pMCS 撤离时机的统一推荐,时机的把握主要由团队共同决策,以下可作为参考:

1. 心脏功能。推荐经胸或经食管超声心动图评估心脏功能以指导撤机,但还没有统一的评估指标。有中心以“ $CI > 2.4 L \cdot \min^{-1} \cdot m^{-2}$, $CVP < 18 \text{ cmH}_2\text{O}$, 左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) $\geq 30\%$ ”作为撤机指征^[80]。另有学者认为 ECMO 血流量 $< 1.5 L/\min$, 超声心动图提示 LVEF $\geq 20\% \sim 25\%$, 主动脉时间-速度积分(time velocity integral, VTI) $\geq 10 \sim 12 \text{ cm}$, 组织多普勒成像(tissue doppler imaging, TDI)二尖瓣后叶收缩期速度峰值(S') $\geq 6 \text{ cm/s}$ 时,成功撤机的可能性较大^[81]。

2. 循环状态。循环状态稳定是撤离 pMCS 的基本要求。一般认为在不需或者低剂量的血管活性药物维持下,患者血流动力学稳定、血乳酸降至基本正常水平、内环境紊乱得以纠正时可考虑撤离。如 ECMO 辅助期间,成人 MAP>60 mmHg,静脉血氧饱和度(venous oxygen saturation, SvO₂)>65%,血乳酸<2 mmol/L,维持 24 小时以上,提示循环状态稳定,可考虑撤离^[82]。如为 IABP,低心排得以改善,MAP>70 mmHg,末梢循环良好,内环境紊乱纠正,可考虑撤离^[83]。

3. 如果是围术期辅助,手术结束后,无特殊情况即可考虑撤除。

二、撤离方案

pMCS 的撤离通常通过采用逐渐调低辅助力度直至完全撤离的方案。

IABP 撤离时,可逐步降低反搏比例至 1:3 或 1:4 时,若血流动力学仍稳定,心功能达到预期水平即可撤机^[84]。

当循环状态稳定,考虑撤离 ECMO 时,可逐步降低血流量(每次 1 L/min)到 1 L/min 后撤离。

若为 IABP 联合 ECMO 辅助的患者,可先撤离 ECMO,待进一步评估血流动力学后再撤离 IABP。

推荐建议:

1. 对于接受 pMCS 患者,应每天评估心脏功能及循环状况,确定撤离时机,尽早撤除辅助装置。

2. pMCS 的撤离可以通过逐渐调低辅助力度直至完全撤离。IABP 和 ECMO 联合辅助的患者,可先撤离 ECMO,再撤离 IABP。

展 望

作为重要的循环辅助技术,pMCS 已经成为心血管疾病治疗的重要技术。但是,目前 pMCS 存在许多突出问题需要解决,如现有装置存在明显的缺陷、并发症发生率高、缺乏循证医学证据等。pMCS 未来的发展方向将集中在体积更小、创伤更小、植入和撤除更方便以及辅助效果更确切的装置研发上,而相关临床研究的开展也将为 pMCS 的临床应用提供循证医学证据。

执笔专家:唐建军(中南大学湘雅二医院),陈雅琴(中南大学湘雅二医院)

核心专家:周胜华(中南大学湘雅二医院),张健(中国医学科学院阜外医院),高传玉(阜外华中心血管病医院),杨伟宪(中国医学科学院阜外医院),马根山(东南大学附属中大医院),陈维(上海市第

十人民医院),张宇辉(中国医学科学院阜外医院),刘盛(中国医学科学院阜外医院),佟倩(吉林大学第一医院)

专家组成员:(按姓氏拼音排序)艾力曼·马合木提(新疆医科大学附属第一医院),白玲(西安交通大学第一附属医院),陈还珍(山西医科大学第一医院),陈海波(中国医学科学院阜外医院),陈祖君(中国医学科学院阜外医院),崔炜(河北医科大学第二附属医院),丁文惠(北京大学第一医院),董建增(首都医科大学附属北京安贞医院),范慧敏(上海东方医院),方理刚(北京协和医院),方臻飞(中南大学附属湘雅二医院),格桑罗布(西藏自治区人民医院),郭延松(福建省立医院),韩秀敏(沈阳军区总医院),洪华山(福建医科大学附属协和医院),胡信群(中南大学附属湘雅二医院),黄峻(江苏省人民医院),黄晓红(中国医学科学院阜外医院),吉冰洋(中国医学科学院阜外医院),季晓平(山东大学齐鲁医院),金玮(上海交通大学附属瑞金医院),孔洪(四川省人民医院),黎励文(广东省人民医院),李殿富(江苏省人民医院),李广平(天津医科大学第二医院),李应东(甘肃中医药大学附属医院),李勇(上海华山医院),梁延春(北部战区总医院),刘启明(中南大学附属湘雅二医院),刘天起(山东省千佛山医院),罗素新(重庆医科大学第一附属医院),马爱群(西安交通大学第一附属医院),毛静远(天津中医药大学第一附属医院),毛懿(中国医学科学院阜外医院),彭应心(河北省人民医院),孙艺红(中日友好医院),孙志军(中国医科大学附属盛京医院),唐其柱(湖北省人民医院),童嘉毅(东南大学附属中大医院),王江(重庆新桥医院),杨萍(吉林大学中日联谊医院),姚亚丽(兰州大学第一医院),余静(兰州大学第二医院),张萍(北京清华长庚医院),张庆(四川大学华西医院),张瑶(哈尔滨医科大学附属第二医院),赵兴胜(内蒙古自治区人民医院),赵燕(云南省第一人民医院),郑昭芬(湖南省人民医院),周蕾(江苏省人民医院)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Kanwar MK, Bailey S, Murali S. Challenges and future directions in left ventricular assist device therapy [J]. Crit Care Clin, 2018, 34(3): 479-492. DOI: 10.1016 / j.ccc.2018.03.010.
- [2] Peura JL, Colvin-Adams M, Francis GS, et al. Recommendations for the use of mechanical circulatory support: device strategies and patient selection: a scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2012, 126(22): 2648-2667. DOI: 10.1161 / CIR.0b013e3182769a54.
- [3] Han J, Trumble DR. Cardiac assist devices: early concepts, current technologies, and future innovations [J]. Bioengineering (Basel), 2019, 6(18): 1-26. DOI: 10.10390 / bioengineering6010018.
- [4] Rihal CS, Naidu SS, Givertz MM, et al. 2015 SCAI / ACC / HFSA / STS Clinical Expert Consensus Statement on the Use of Percutaneous Mechanical Circulatory Support Devices in Cardiovascular Care: Endorsed by the American Heart Association, the Cardiological Society of India, and Sociedad Latino Americana de Cardiologia Intervencion; Affirmation of Value by the Canadian Association of Interventional Cardiology-Association Canadienne de Cardiologie d'intervention [J]. J Am Coll Cardiol, 2015, 65(19): e7-e26.

- DOI: 10.1016/j.jacc.2015.03.036.
- [5] Extracorporeal Life Support Organization. Registry report, international summary. Available at: <https://www.else.org/Registry/Statistics/InternationalSummary.aspx>. Accessed January, 2019.
- [6] Touchan J, Guglin M. Temporary mechanical circulatory support for cardiogenic shock [J]. *Curr Treat Options Cardiovasc Med*, 2017, 19(10): 77. DOI: 10.1007/s11936-017-0576-9.
- [7] Sultan I, Kilic A, Kilic A. Short-term circulatory and right ventricle support in cardiogenic shock: extracorporeal membrane oxygenation, Tandem Heart, CentriMag, and Impella [J]. *Heart Fail Clin*, 2018, 14(4): 579-583. DOI: 10.1016/j.hfc.2018.06.014.
- [8] 中华医学会心血管病学分会心血管急重症学组, 中华心血管病杂志编辑委员会. 原发性休克诊断和治疗中国专家共识(2018)[J]. *中华心血管病杂志*, 2019, 47(4): 265-277. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.04.003.
- [9] Papaioannou TG, Stefanadis C. Basic principles of the intraaortic balloon pump and mechanisms affecting its performance [J]. *ASAIO J*, 2005, 51(3): 296-300. DOI: 10.1097/01.mat.0000159381.97773.9b.
- [10] Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, et al. 2011 ACCF/AHA/SCAI guideline for percutaneous coronary intervention. A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58(24): e44-e122. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.08.007.
- [11] Rastan AJ, Tillmann E, Subramanian S, et al. Visceral arterial compromise during intra-aortic balloon counterpulsation therapy [J]. *Circulation*, 2010, 122(11 Suppl): S92-S99. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.929810.
- [12] Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock [J]. *N Engl J Med*, 2012, 367 (14): 1287-1296. DOI: 10.1056/NEJMoa1208410.
- [13] Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock (IABP-SHOCK II): final 12 month results of a randomized, open-label trial [J]. *Lancet*, 2013, 382 (9905): 1638-1645. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61783-3.
- [14] Thiele H, Zeymer U, Thelemann N, et al. Intraaortic balloon pump in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: long-term 6-year outcome of the randomized IABP-SHOCK II trial [J]. *Circulation*, 2019, 139 (3): 395-403. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.038201.
- [15] O'Gara PT, Kushner FG, Ascheim DD, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61 (4): e78-e140. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.11.019.
- [16] Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC), Steg PG, James SK, Atar D, et al. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation [J]. *Eur Heart J*, 2012, 33(20): 2569-2619. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs215.
- [17] 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ST段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南 [J]. *中华心血管病杂志*, 2015, 43 (5): 380-393. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2015.05.003.
- [18] Perera D, Stables R, Clayton T, et al. Long-term mortality data from the balloon pump-assisted coronary intervention study (BCIS-1): a randomized, controlled trial of elective balloon counterpulsation during high-risk percutaneous coronary intervention [J]. *Circulation*, 2013, 127(2): 207-212. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.132209.
- [19] Patel MR, Smalling RW, Thiele H, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation and infarct size in patients with acute anterior myocardial infarction without shock: the CRISP AMI randomized trial [J]. *JAMA*, 2011, 306(12): 1329-1337. DOI: 10.1001/jama.2011.1280.
- [20] 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: 10.1093/eurheartj/ehw128.
- [21] Pieri M, Agracheva N, Bonaveglia E, et al. Bivalirudin versus heparin as an anticoagulant during extracorporeal membrane oxygenation: a case-control study [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2013, 27(1): 30-34. DOI: 10.1053/j.jvca.2012.07.019.
- [22] 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]. *中华医学杂志*, 2018, 98(12): 886-894. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.12.003.
- [23] Takayama H, Truby L, Koekort M, et al. Clinical outcome of mechanical circulatory support for refractory cardiogenic shock in the current era [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2013, 32 (1): 106-111. DOI: 10.1016/j.healun.2012.10.005.
- [24] Keebler ME, Haddad EV, Choi CW, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in cardiogenic shock [J]. *JACC Heart failure*, 2018, 6(6): 503-516. DOI: 10.1016/j.jchf.2017.11.017.
- [25] Ohbe H, Isogai S, Jo T, et al. Extracorporeal membrane oxygenation improves outcomes of accidental hypothermia without vital signs: a nationwide observational study [J]. *Resuscitation*, 2019, 144: 27-32. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.08.041.
- [26] Thiagarajan RR, Brogan TV, Scheurer MA, et al. Extracorporeal membrane oxygenation to support cardiopulmonary resuscitation in adults [J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87(3): 778-785. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2008.12.079.
- [27] Koeckert MS, Jorde UP, Yoshifumi N, et al. Impella LP 2.5 for left ventricular unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *J Card Surg*, 2011, 26(6): 666-668. DOI: 10.1111/j.1540-8191.2011.01338.x.
- [28] Raess DH, Weber DM. Impella 2.5. *J Cardiovasc Transl Res*, 2009, 2(2): 168-172. DOI: 10.1007/s12265-009-9099-4.
- [29] 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.
- [30] Martinez CA, Singh V, Londoño JC, et al. Percutaneous retrograde left ventricular assist support for interventions in patients with aortic stenosis and left ventricular dysfunction [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012, 80(7): 1201-1209. DOI: 10.1002/ccd.24303.
- [31] Seyfarth M, Sibbing D, Bauer I, et al. A randomized clinical

- trial to evaluate the safety and efficacy of a percutaneous left ventricular assist device versus intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock caused by myocardial infarction[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 52(19): 1584-1588. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.05.065.
- [32] Dixon SR, Henriques JP, Mauri L, et al. A prospective feasibility trial investigating the use of the Impella 2.5 system in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention (The PROTECT I Trial): initial U.S. experience [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2009, 2(2): 91-96. DOI: 10.1016/j.jcin.2008.11.005.
- [33] O'Neill WW, Kleiman NS, Moses J, et al. A prospective, randomized clinical trial of hemodynamic support with Impella 2.5 versus intra-aortic balloon pump in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention: the PROTECT II study [J]. *Circulation*, 2012, 126(14): 1717-1727. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.098194.
- [34] Burkhoff D, Cohen H, Brunckhorst C, et al. A randomized multicenter clinical study to evaluate the safety and efficacy of the TandemHeart percutaneous ventricular assist device versus conventional therapy with intraaortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock [J]. *Am Heart J*, 2006, 152(3): 469.e1-e8. DOI: 10.1016/j.ahj.2006.05.031.
- [35] Alli OO, Singh IM, Holmes DR Jr, et al. Percutaneous left ventricular assist device with TandemHeart for high-risk percutaneous coronary intervention: the Mayo Clinic experience [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012, 80(5): 728-734. DOI: 10.1002/ccd.23465.
- [36] Anderson MB, Goldstein J, Milano C, et al. Benefits of a novel percutaneous ventricular assist device for right heart failure: The prospective RECOVER RIGHT study of the Impella RP device [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2015, 34(12): 1549-1560. DOI: 10.1016/j.healun.2015.08.018.
- [37] Aggarwal B, Aman W, Jeroudi O, et al. Mechanical circulatory support in high-risk percutaneous coronary intervention [J]. *Methodist Debaquey Cardiovasc J*, 2018, 14(1): 23-31. DOI: 10.14797/mdcj-14-1-23.
- [38] Miller PE, Solomon MA, McAreavey D. Advanced percutaneous mechanical circulatory support devices for cardiogenic shock[J]. *Crit Care Med*, 2017, 45(11):1922-1929. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002676.
- [39] Kar B, Gregoric ID, Basra SS, et al. The percutaneous ventricular assist device in severe refractory cardiogenic shock [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 57(6):688-696. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.08.613.
- [40] 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.
- [41] Vallabhajosyula S, O'Horo JC, Antharam P, et al. Concomitant intra-aortic balloon pump use in cardiogenic shock requiring veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2018, 11(9): e006930. DOI: 10.1161 / CIRCINTERVENTIONS.118.006930.
- [42] Asaumi Y, Yasuda S, Morii I, et al. Favourable clinical outcome in patients with cardiogenic shock due to fulminant myocarditis supported by percutaneous extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Eur Heart J*, 2005, 26(20): 2185-2192. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi411.
- [43] 罗新林,刘强,徐验. 主动脉内球囊反搏术联合体外膜肺氧合在成人暴发性心肌炎并发心源性休克中的应用[J]. *岭南心血管病杂志*, 2019, 25(2): 198-202. DOI: 10.3969 / j. issn.1007-9688.2019.02.018.
- [44] Van Diepen S, Kate JN, Albert NM, et al. Contemporary management of cardiogenic shock: aScientific Statement From the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2017, 136(16): e232-e268. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000525.
- [45] Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(2): 119-177. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx393.
- [46] Stewart GC, Givertz MM. Mechanical circulatory support for advanced heart failure: patients and technology in evolution [J]. *Circulation*, 2012, 125(10): 1304-1315. DOI: 10.1161 / CIRCULATIONAHA.111.060830.
- [47] MartinezCA, SinghV, HeldmanAW, et al. Emergent use of retrograde left ventricular support in patients after transcatheter aortic valve replacement [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013, 82(2):E128-E132. DOI: 10.1002/ccd.24583.
- [48] Wang D, Li S, Jiang J, et al. Chinese society of cardiology expert consensus statement on the diagnosis and treatment of adult fulminant myocarditis [J]. *Sci China Life Sci*, 2019, 62(2): 187-202. DOI: 10.1007/s11427-018-9385-3.
- [49] Kapur NK, BaderYH. Percutaneous circulatory assist devices for right ventricular failure [J]. *Interv Cardiol Clin*, 2013, 2(3): 445-456. DOI: 10.1016/j.iccl.2013.04.001.
- [50] Bonello L, Delmas C, Schurtz G, et al. Mechanical circulatory support in patients with cardiogenic shock in intensive care units: A position paper of the "Unité de Soins Intensifs de Cardiologie" group of the French Society of Cardiology, endorsed by the "Groupe Athérome et Cardiologie Interventionnelle" of the French Society of Cardiology [J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2018, 111(10): 601-612. DOI: 10.1016/j. acvd.2018.03.008.
- [51] Maini B, Gregory D, Scotti DJ, et al. Percutaneous cardiac assist devices compared with surgical hemodynamic support alternatives: cost-effectiveness in the emergent setting [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2014, 83(6): E183-E192. DOI: 10.1002/ccd.25247.
- [52] Roos JB, Doshi SN, Konorza T, et al. The cost-effectiveness of a new percutaneous ventricular assist device for high-risk PCI patients: mid-stage evaluation from the European perspective [J]. *J Med Econ*, 2013, 16(3): 381-390. DOI: 10.3111 / 13696998.2012.762004.
- [53] Sjaauw KD, Engström AE, Vis MM, et al. A systematic review and meta-analysis of intra-aortic balloon pump therapy in ST-elevation myocardial infarction: should we change the guidelines [J] ? *Eur Heart J*, 2009, 30(4): 459-468. DOI: 10.1093/eurheartj/ehn602.
- [54] Ostadal P, Mlcek M, Holy F, et al. Direct comparison of percutaneous circulatory support systems in specific hemodynamic conditions in a porcine model [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2012, 5(6): 1202-1206. DOI: 10.1161 / CIRCEP.112.973123.
- [55] Maini B, Naidu SS, Mulukutla S, et al. Real-world use of the Impella 2.5 circulatory support system in complex high-risk percutaneous coronary intervention: the USpella Registry [J].

- Catheter Cardiovasc Interv, 2012, 80(5): 717-725. DOI: 10.1002/ccd.23403.
- [56] Sukul D, Seth M, Khandelwal A, et al. The comparative effectiveness and safety of impella versus intra-aortic balloon pump in patients who underwent percutaneous coronary intervention: insights from the Blue Cross Blue Shield of Michigan Cardiovascular Consortium(BMC2) [J]. JACC, 2018, 72 (13). Supplement B36.
- [57] Amin AP, Spertus JA, Curtis JP, et al. The evolving landscape of Impella use in the United States among patients undergoing percutaneous coronary intervention with mechanical circulatory support [J]. Circulation, 2020, 141(4): 273-284. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.044007.
- [58] Li Z, Chen L. Comparison of ultrasound-guided modified Seldinger technique versus blind puncture for peripherally inserted central catheter: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Crit Care, 2015, 19(1): 64. DOI: 10.1186/s13054-015-0742-y.
- [59] van Nunen LX, Noc M, Kapur NK, et al. Usefulness of intra-aortic balloon pump counterpulsation [J]. Am J Cardiol, 2016, 117(3): 469-476. DOI: 10.1016/j.amjcard.2015.10.063.
- [60] Rastan AJ, Dege A, Mohr M, et al. Early and late outcomes of 517 consecutive adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postcardiotomy cardiogenic shock [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2010, 139 (2): 302-311. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.10.043.
- [61] Chung YS, Cho DY, Sohn DS, et al. Is stopping heparin safe in patients on extracorporeal membrane oxygenation treatment [J]? ASAIO J, 2016, 63(1): 32-36. DOI: 10.1097 / MAT.0000000000000442.
- [62] Nalluri N, Patel N, Saouma S, et al. Utilization of the Impella for hemodynamic support during percutaneous intervention and cardiogenic shock: an insight [J]. Expert Rev Med Devices, 2017, 14(10): 789-804. DOI: 10.1080 / 17434440.2017.1374849.
- [63] Burzotta F, Trani C, Doshi SN, et al. Impella ventricular support in clinical practice: collaborative viewpoint from a European expert user group [J]. Int J Cardiol, 2015, 201: 684-691. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.07.065.
- [64] Baruteau AE, Barnette T, Morin L, et al. Percutaneous balloon atrial septostomy on top of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation results in safe and effective left heart decompression [J]. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care, 2016, 7 (1): 70-79. DOI: 10.1177/2048872616675485.
- [65] Aissaoui N, El-Banayosy A, Combes A. How to wean a patient from veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. Intensive Care Med, 2015, 41(5): 902-905. DOI: 10.1007 / s00134-015-3663-y.
- [66] Guglin M, Zucker MJ, Bazan VM, et al. Venous arterial ECMO for adults: JACC Scientific Expert Panel [J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(6): 698-716. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.11.038.
- [67] Leone M, Asfar P, Radermacher P, et al. Optimizing mean arterial pressure in septic shock: a critical reappraisal of the literature [J]. Crit Care, 2015, 19(1): 101. DOI: 10.1186 / s13054-015-0794-z.
- [68] Li CL, Wang H, Jia M, et al. The early dynamic behavior of lactate is linked to mortality in postcardiotomy patients with extracorporeal membrane oxygenation support: a retrospective observational study [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2015, 149 (5): 1445-1450. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2014.11.052.
- [69] Roy Sk, Howard EW, Panza JA, et al. Clinical implications of thrombocytopenia among patients undergoing intra-aortic balloon pump counterpulsation in the coronary care unit [J]. Clin Cardiol, 2010, 33(1): 30-35. DOI: 10.1002/clc.20694.
- [70] Zhong H, Zhu Z, Tang J. von Willebrand factor and bleeding complication in patients treated with intra-aortic balloon pump [J]. Int J Cardiol, 2016, 214: 482. DOI: 10.1016 / j.ijcard.2016.04.015.
- [71] Kusne S, Mooney M, Danziger-Isakov L, et al. An ISHLT consensus document for prevention and management strategies for mechanical circulatory support infection [J]. J Heart Lung Transplant, 2017, 36 (10): 1137-1153. DOI: 10.1016/j.healun.2017.06.007.
- [72] Schuerer, DJ, Kolovos NS, Boyd KV, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: current clinical practice, coding, and reimbursement [J]. Chest, 2008, 134(1): 179-184. DOI: 10.1378/chest.07-2512.
- [73] 龙村. 体外膜肺氧合循环支持专家共识 [J]. 中国体外循环杂志, 2014, 12(2): 65-67. DOI: 10.13498 / j.cnki.chin.j.ecc.2014.02.01.
- [74] Marasco SF, Lukas G, McDonald M, et al. Review of ECMO (extra corporeal membrane oxygenation) support in critically ill adult patients [J]. Heart Lung Circ, 2008, 17 Suppl 4: S41-S47. DOI: 10.1016/j.hlc.2008.08.009.
- [75] Meyns B, Vercaemst L, Vandezande E, et al. Plasma leakage of oxygenators in ECMO depends on the type of oxygenator and on patient variables [J]. Int J Artif Organs, 2005, 28(1): 30-34. DOI: 10.1177/039139880502800106.
- [76] Lauten A, Engström AE, Jung C, et al. Percutaneous left-ventricular support with the Impella-2.5-assist device in acute cardiogenic shock: results of the Impella-EUROSHOCK-registry [J]. Circ Heart Fail, 2013, 6 (1): 23-30. DOI: 10.1161 / CIRCHEARTFAILURE.112.967224.
- [77] Sibbald M, Džavík V. Severe hemolysis associated with use of the Impella LP 2.5 mechanical assist device [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2015, 80(5): 840-844. DOI: 10.1002 / ccd.24280.
- [78] Cardozo S, Ahmed T, Belgrave K. Impella induced massive hemolysis: reemphasizing echocardiographic guidance for correct placement [J]. Case Rep Cardiol, 2015, 2015: 464135. DOI: 10.1155/2015/464135.
- [79] Nakao Y, Aono J, Tasaka T, et al. Impella 5.0 mechanical assist device catheter-induced severe hemolysis due to giant swinging motion-new concern in Impella usage [J]. Circ J, 2019, 83 (10): 2080. DOI: 10.1253/circj.CJ-18-1039.
- [80] Ghodsizad A, Koerner MM, Brehm CE, et al. The role of extracorporeal membrane oxygenation circulatory support in the 'crash and burn' patient: from implantation to weaning [J]. Curr Opin Cardiol, 2014, 29(3): 275-280. DOI: 10.1097 / HCO.0000000000000061.
- [81] 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.
- [82] Akin S, Dos Reis Miranda D, Caliskan K, et al. Functional evaluation of sublingual microcirculation indicates successful weaning from VA-ECMO in cardiogenic shock [J]. Crit Care, 2017, 21(1): 265. DOI: 10.1186/s13054-017-1855-2.
- [83] Buerke M, Prondzinsky R, Lemm H, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation in the treatment of infarction-related

cardiogenic shock--review of the current evidence [J]. *Artif Organs*, 2012, 36(6): 505-511. DOI: 10.1111 / j.1525-1594.2011.01408.x.

[84] Ma P, Zhang Z, Song T, et al. Combining ECMO with IABP for the treatment of critically ill adult heart failure patients [J].

Heart Lung Circ, 2014, 23(4): 363-368. DOI: 10.1016/j.hlc.2013.10.081.

(投稿日期:2020-08-12)

(本文编辑:邹长虹 王茜)

·读者·作者·编者·

中华心力衰竭和心肌病杂志论文作者署名规范

为尊重作者的署名权,弘扬科学道德和学术诚信精神,中华心力衰竭和心肌病杂志论文作者署名应遵守以下规范。

一、作者署名

中华心力衰竭和心肌病杂志论文作者姓名在题名下按序排列,排序应在投稿前由全体作者共同讨论确定,投稿后不应再作改动,确需改动时必须出示单位证明以及所有作者亲笔签名的署名无异议书面证明。

作者应同时具备以下三条:(1)参与论文选题和设计,或参与资料分析与解释;(2)起草或修改论文中关键性理论或其他主要内容;(3)能对编辑部的修改意见进行核修,对学术问题进行解答,并最终同意论文发表。仅参与获得资金或收集资料者不能列为作者,仅对科研小组进行一般管理也不宜列为作者。

在作者姓名下一行署名作者单位名称(全称)、所在科室及邮政编码。作者单位名称不能体现单位所在地者,在邮政编码前给出单位所在地的城市名。所有作者属于同一单位同一科室的,不必在作者姓名后编号;作者属于不同单位,或同一单位的不同科室,需在作者姓名后右上角数字编号,同时单位名称前左上角数字编号,两者相对应。

英文形式的中国作者署名仍采用汉语拼音全称,不使用缩略名,姓和名首字母大写,复姓的第一个姓首字母大写,第二个姓首字母小写,双字名的第一个名首字母大写,第二个名首字母小写,中间不加连字符,不同作者姓名之间用逗号分隔。作者单位名称、所在城市名及邮政编码后面需加国名(China)。

二、通信作者

每篇论文均需确定一位能对该论文全面负责的通信作者。通信作者应在投稿时确定,如在来稿中未特殊标明,则视第一作者为通信作者。集体署名的论文应将该文负责的关键人物列为通信作者。规范的多中心或多学科临床研究,或者指南、共识类文章,如主要责任者确实超过一位的,可以酌情增加通信作者。无论包含几位作者,均需标注通信作者,并注明其Email地址。

三、同等贡献作者

不建议著录同等贡献者,需确定论文的主要负责人。

确需著录同等贡献作者时,可在单位地址后另起一行著录“××和××对本文有同等贡献”,英文形式为“××and××are contributed equally to the article”。

同一单位同一科室的作者不宜著录同等贡献。作者申请著录同等贡献时需提供全部作者的贡献声明,期刊编辑委员会进行审核,必要时可将作者贡献声明刊登在论文结尾处。

四、志谢

对给予实质性帮助但不符合作者条件的单位或个人可在文后给予志谢,但必须征得志谢人的书面同意。被志谢者包括:(1)对研究提供资助的单位和个人、合作单位;(2)协助完成研究工作和提供便利条件的组织和个人;(3)协助诊断和提出重要建议的人;(4)给予转载和引用权的资料、图片、文献、研究思想和设想的所有者;(5)做出贡献又不能成为作者的人,如提供技术帮助和给予财力、物力支持的人,此时应阐明其支援的性质;(6)其他。不宜将被志谢人作为作者,混淆二者的权利和义务。