

静脉-动脉体外膜肺氧合在心脏危重症中的救治

何佳玲 叶滔 周名纲 蔡琳

(西南交通大学附属医院 成都市第三人民医院心内科, 四川 成都 610031)

【摘要】 中国的心血管疾病负担较重, 冠心病和心力衰竭等心脏疾病可导致心源性休克和心搏骤停。静脉-动脉体外膜肺氧合是救治心脏危重症的重要手段。现通过 1 例体外膜肺氧合救治成功的心肌梗死合并心源性休克病例, 引出体外膜肺氧合在心脏危重症中救治的探讨, 包括体外膜肺氧合机制、适应证与禁忌证、国内外研究进展、应用现状和展望等方面。

【关键词】 静脉-动脉体外膜肺氧合; 心脏危重症; 心源性休克; 心搏骤停

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.03.016

Application of Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Critical Cardiac Disease

HE Jialing, YE Tao, ZHOU Minggang, CAI Lin

(Department of Cardiology, The Third People's Hospital of Chengdu, The Affiliated Hospital of Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, Sichuan, China)

【Abstract】 China's cardiovascular disease burden is heavy. Coronary heart disease, heart failure and other heart diseases can lead to cardiac shock and sudden cardiac arrest. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation is an important method of treating critical heart disease. This paper began from a successfully saved case of myocardial infarction induced cardiac shock with the help of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. And then we develop a review of application of extracorporeal membrane oxygenation in critical cardiac disease, including the following aspects: mechanism of extracorporeal membrane oxygenation, indications and contraindications, research progress at home and abroad, and application status and prospect.

【Key words】 Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation; Critical cardiac disease; Cardiac shock; Sudden cardiac arrest

急性心肌梗死、心力衰竭失代偿和暴发性心肌炎等严重心脏疾病可导致心源性休克或心搏骤停。而常规治疗对这类心脏危重症的救治效果欠佳^[1-2], 因此需更加高级器械辅助支持。体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 是一种可经皮植入的辅助循环装置, 具有不受地点限制, 可同时提供双心室联合呼吸辅助的优点, 常用于生命支持无效的各种急性循环或呼吸衰竭^[3]。其中静脉-动脉体外膜肺氧合 (veno-arterial ECMO, VA ECMO) 可提供有效的循环支持, 为恢复自主循环功能或其他高级治疗的应用争取了时间, 因此在心脏危重症的治疗中显得尤为重要。国内外开展了大量观察性研究, 明确了 VA ECMO 治疗心脏危重症的安全性与有效性。现介绍 1 例 VA ECMO 救治成功的心肌梗死合并心源性休

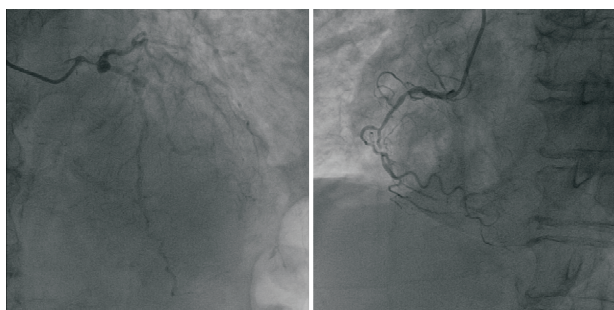
克病例, 并系统地回顾 VA ECMO 的基础原理、心脏重症治疗相关研究与应用进展。

1 病例汇报

ECMO 辅助紧急介入治疗救治严重三支病变非 ST 段抬高心肌梗死患者 1 例。

患者女性, 73 岁, 因“胸痛 1 周, 加重 1 d”于 2019 年 1 月 14 日入院。既往高血压病史 20 年, 糖尿病病史 7 年, 不嗜烟酒。入院查体: 体温 36.0 °C, 脉搏 110 次/min, 呼吸 26 次/min, 血压 78/58 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 3 kPa)。精神差、气促, 面色青灰, 肢体末端皮温较低。双肺听诊较多湿啰音。心率 110 次/min, 律齐, 心音低钝, 各瓣膜区未闻及杂音。心电图: 窦性心动过速, 广泛前壁、下壁 ST-T 段水平下移。肌钙蛋白 T 3 708 ng/mL。脑钠肽 1 189.40 pg/mL。诊断: 急性非 ST 段

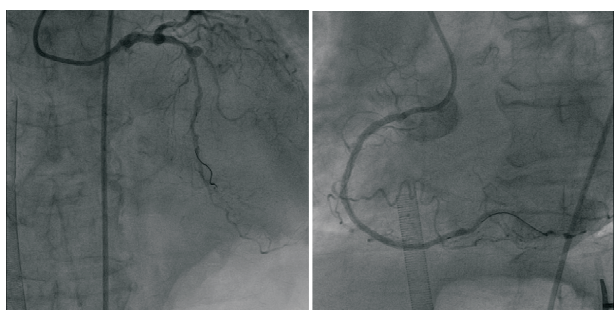
抬高心肌梗死、心源性休克、Killip 分级Ⅳ级。入院予药物治疗:阿司匹林和波立维抗血小板,阿托伐他汀和力平之降脂,肝素抗凝,去甲肾上腺素维持血压,米格列醇和格列美脲降糖。立刻行主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)支持下经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)。冠状动脉造影结果:左主干末段狭窄 90%,前降支及回旋支变细,血流缓慢,TIMI 血流Ⅱ级;前降支中段狭窄 60%伴瘤样扩张,回旋支远段狭窄 70%;右冠状动脉严重病变(右冠状动脉近段狭窄 60%,中段狭窄 90%,远段闭塞),见图 1。



注:A:左主干末段狭窄 90%;B:右冠状动脉中段狭窄 90%,远段闭塞。

图 1 冠状动脉造影结果

快速造影结束,患者血压进一步下降,血压 50/30 mm Hg,血氧饱和度 50%。患者意识模糊,病情危急,结合造影结果,与家属沟通后立刻启动 ECMO 支持下 PCI 救治。于右侧股静脉置入 ECMO 静脉管(21 F),右侧股动脉置入 ECMO 动脉管(21 F),连接 ECMO 管路并固定,以静脉-动脉模式辅助,转速 2 000 r/min,流量 2 L/min,氧浓度 100%,气流量 2 L/min。同步即刻行 PCI 解除了患者左主干末段严重狭窄并开通了右冠状动脉闭塞病变(见图 2)。术后患者呈昏迷状态,血压 93/56 mm Hg,血氧饱和度 90%。术后即刻超声心动图:左心室壁整体活动度弥漫性降低,左心室射血分数 30%。



注:A:左主干末段严重狭窄解除;B:右冠状动脉远段闭塞病变开通。

图 2 PCI 后造影

PCI 后转入重症监护室治疗,进一步予有创机械

通气(同步间歇指令通气模式,呼吸频率 14 次/min,氧浓度 50%,潮气量 360 mL,压力支持通气 12 cm H₂O,呼吸末正压 6 cm H₂O),舒普深序贯美罗培南抗感染。术后第 2 天血压为 138/78 mm Hg,血氧饱和度为 98%。术后第 4 天患者生命体征:血压 108/56 mm Hg,血氧饱和度 100%,呼吸 17 次/min,脉搏 79 次/min。行 ECMO 撤机试验,患者循环和氧合无明显变化,ECMO 撤机成功(共使用 ECMO 100 h)。患者自主意识逐渐恢复。在使用 ECMO 后,患者右下肢皮温低于左侧,右侧足背动脉未扪及,右侧足趾、脚底部和足后跟发绀,动脉 CT 血管造影提示右侧髂总动脉及髂外动脉夹层。遂于 PCI 后第 9 天经血管外科行右下肢动脉支架植入术。术后患者双下肢皮肤温暖,右下肢发绀减轻。

术后第 6 天患者生命体征:血压 140/68 mm Hg,血氧饱和度 100%,呼吸 15 次/min,脉搏 102 次/min。拔除 IABP 后患者生命体征平稳,IABP 撤机成功(使用 IABP 140 h)。术后动态复查超声心动图:第 4 天左心室射血分数 28%,第 9 天左心室射血分数 53%,第 15 天左心室射血分数 54%,患者心功能恢复良好。疾病发展过程中肌钙蛋白 T 和脑钠肽水平变化如图 3。

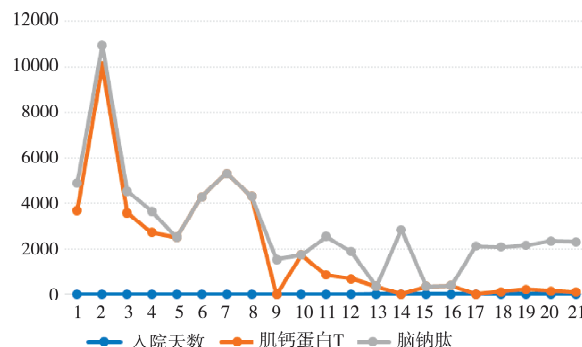


图 3 患者住院期间肌钙蛋白 T 和脑钠肽水平变化

2 ECMO 在心脏危重症中的治疗综述

1944 年 Kolff 等^[4]首次发现血液在经过人工肾脏时可被氧合,1954 年 Gibbon^[5]第一次将体外心肺支持的技术用于心脏外科手术。1983 年美国在 Virginia 医学院、Michigan 大学和 Pittsburgh 大学分别建立了 ECMO 中心。1989 年体外生命支持组织(Extracorporeal Life Support Organization, ELSO)成立,在全球范围对 ECMO 相关数据进行汇总和分析,评价患者预后。发展至今,ECMO 已成为心脏重症及呼吸衰竭治疗的重要辅助治疗手段。

2.1 ECMO 的工作原理

ECMO 的工作原理是将静脉血通过窦道和管道引流到身体内另一血管中。血液在体外气体交换装置流动过程中被氧合、脱羧和保温。ECMO 有两种工作模

式,即静脉-静脉体外膜肺氧合(venous-venous ECMO, VV ECMO)和 VA ECMO。VV ECMO 模式的运作过程是将血液从右房引流,最后回到右房,这样只能提供呼吸支持,要求患者具有稳定的血流动力学。VV ECMO 的模式通常用于严重呼吸窘迫的患者,在此不赘述。VA ECMO 模式的运作模式是将血液从右房引流,最后回到动脉系统,这样可同时提供呼吸和血流动力学支持(见图 3)。VA ECMO 人为地制造了大量动静脉分流,血流量为 7 L/min。静脉分流可降低心脏前负荷,而回流的动脉血可增加心输出量。

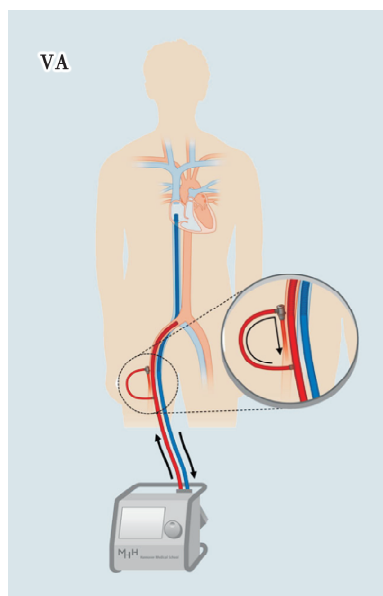


图 3 VA ECMO 工作示意图^[6]

注:静脉血液(蓝色部分)从右心房引流到 ECMO 机器中,在机器中进行氧合与脱羧,产生的动脉血通过髂动脉回到主动脉。

同时需注意的是,虽然 VA ECMO 可减轻心脏前负荷,但也增加了左心室后负荷^[7-8],加上 VA ECMO 使用期间主动脉瓣处于关闭或开放不全状态,左心室呈胀满状态。心室充盈压的增加和心室壁压力的增高,增加了肺淤血和冠状动脉灌注不足的风险。因此在 VA ECMO 的使用中,可根据实际情况进行左心减压,例如房间隔造口,使用 Impella 等。

2.2 VA ECMO 心脏治疗的适应证、禁忌证与并发症

VA ECMO 的心脏适应证包括在足够容量支持、大剂量正性肌力药物以及 IABP 支持下,仍然发生可逆的低心排量[心指数 $<2\text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$]和低血压(收缩压 $<90\text{ mm Hg}$)^[9]。2018 年成人 ECMO 循环辅助专家共识建议患者处于难以纠正的心源性休克状态,且无 ECMO 辅助禁忌证时,建议尽早行 ECMO 辅助;其他重要的心血管适应证包括发生院内心搏骤停(in-hospital cardiac arrest, IHCA)患者,常规心肺复苏抢救持续 10 min 仍不能恢复有效自主循环且无 ECMO 辅助禁忌证时,可立刻启动 ECMO 抢救流程^[3]。VA ECMO 治疗的具体适应证和禁忌证见表 1。

ECMO 是一项侵入性治疗,可能发生多种并发症。本例患者就出现了最常见的入路血管并发症。Cheng 等^[10]曾进行过一项 meta 分析,纳入 1 866 例心源性休克及心搏骤停的 ECMO 病例,总结出 ECMO 治疗后常见的并发症及其发生率:下肢缺血(16.9%)、骨-筋膜室综合征(10.3%)、截肢(4.7%)、卒中(5.9%)、神经系统并发症(13.3%)、急性肾损伤(55.6%)、肾脏替代治疗(46%)、大出血(40.8%)、心脏外科术后二次手术(41.9%)和显著感染(30.4%)。

表 1 VA ECMO 心脏疾病治疗的适应证和禁忌证

适应证	禁忌证
任何原因引起的心源性休克或严重心力衰竭	绝对禁忌证
急性心肌梗死	伦理问题和患者意愿
难治性心律失常	无桥接治疗策略
脓毒血症所致的心肌抑制	严重脑部损伤
药物过量/毒性所致的心肌抑制	未经治疗的主动脉夹层
心肌炎	重度主动脉反流
肺栓塞	依从性不佳(经济问题、认知障碍和精神疾病等)
心脏创伤	对于经外周血管的 VA ECMO,外周血管病是禁忌证
急性过敏	
瓣膜疾病	相对禁忌证
心脏外科术后	凝血功能障碍
慢性心脏病:心室辅助装置过渡治疗	左心室血栓
心脏移植手术过渡期	高龄(年龄 >75 岁)
高危经皮心脏介入治疗围手术期支持	严重肝功能异常

2.3 VA ECMO 在心脏重症救治中的研究进展

2.3.1 心源性休克

80%的心源性休克是由急性冠脉综合征所导致^[11]。其他引起心源性休克的原因有慢性心力衰竭(占比10%)、瓣膜病(占比6%)、应激性心肌病(占比2%)和心肌炎(占比2%)^[12]。既往对急性心肌梗死合并心源性休克患者使用IABP治疗是Ia类推荐,但Thiele等的随机对照研究发现,接受IABP治疗的患者短期死亡率和重症监护室住院时长并无明显改善,由此IABP在欧洲指南中降为IIIa类推荐^[13]。因此,对于这类患者,可能需其他更强有力的器械支持,例如VA ECMO。尽管无随机对照试验来证实VA ECMO在心源性休克治疗中的有效性,大量观察性研究已给出了一定的正面证据。目前VA ECMO在欧洲和美国指南中分别被列为IIb^[14]与IIa^[15]类推荐。

Aso等^[16]通过日本全国性注册研究,回顾了4 658例心源性休克患者,休克的主要病因包括:缺血性心脏病(42.2%)、心力衰竭(34.8%)和瓣膜性心脏病(13.7%)。经过ECMO治疗后,64.4%的患者能撤机,这部分患者中院内生存率为62.1%,总体缺血性心脏病患者的院内生存率为20.9%,心力衰竭患者的院内生存率为32.2%,瓣膜性心脏病患者的院内生存率为23%。Muller等^[17]回顾法国两个重症监护室2008—2013年的数据,纳入138例接受ECMO治疗的急性心肌梗死患者,重症监护室内生存率为47%。Sheu等^[18]的多中心回顾性研究纳入1993—2009年71例ST段抬高心肌梗死合并心源性休克患者,将患者分为ECMO+IABP治疗组和单一IABP治疗组,ECMO+IABP治疗组患者的30 d死亡率更低(60.9% vs 28%, $P<0.04$),远期卒中发生率更低($P<0.04$),院内生存时间更长($P=0.0005$)。Sattler等^[19]单中心回顾性研究2011—2013年急性心肌梗死合并心源性休克患者,12例接受ECMO与12例接受IABP治疗的患者相比,30 d生存率更高(67% vs 33%)。Riebandt等^[20]纳入22例接受左心辅助装置+ECMO治疗的患者,与自身对照,经ECMO治疗后,肝、肾和肺功能有明显改善。田峰等^[21]曾纳入解放军总医院2015年1月—2019年8月诊断为急性心肌梗死合并心源性休克的164例患者,其中10例患者接受IABP联合ECMO治疗,这部分患者的短期死亡率显著低于接受IABP+药物治疗患者(30% vs 87%)。侯剑峰等^[22]回顾分析2006年2月—2017年3月中国医学科学院阜外医院60例因心外科术后心源性休克而接受ECMO与IABP联合辅助循环的患者,48.3%的患者顺利撤机,所有患者的出院率为43.3%。多因素回归分析显

示联合使用ECMO与IABP是出院的独立预测因子。国内外大量数据说明,在心源性休克患者中使用VA ECMO辅助治疗可有效提高生存率,这是因为VA ECMO能快速地启用和重建循环。值得注意的是,VA ECMO的最佳适应证是那些不以“心脏康复”为最终目标的严重的循环衰竭,例如等待心脏移植或左心辅助装置的患者;而急性心肌梗死或暴发性心肌炎这样的疾病,心脏后负荷太大,会造成心脏功能不可逆的损伤,所以VA ECMO的远期治疗效果有限。那么在急性心肌梗死引发的心源性休克中,如何识别VA ECMO使用的最佳时机,这个问题暂无一项大规模和前瞻性研究能准确地回答。但有一些学者开始了初步探索, Schmidt等^[23]将患者病因、年龄、体重和有无器官损害等12项因素赋值,得到SAVE评分,发现该分值能预测心源性休克患者经ECMO救治后的生存率,类似的还有ENCOURAGE评分^[24]。

2.3.2 心搏骤停

心搏骤停的病因包括急性冠脉综合征、心脏外科手术、心力衰竭和肺栓塞等,冠状动脉疾病为主要病因。体外心肺复苏是指当传统心肺复苏无法恢复和维持自主循环时,使用ECMO以提供循环及呼吸支持的复苏方法^[25]。Chen等^[26]进行的匹配分析显示体外心肺复苏比心肺复苏有更高的救治率,VA ECMO就是常用的体外心肺复苏手段^[27]。

受伦理的限制,ECMO进行体外心肺复苏治疗无法开展随机对照研究。而现有的观察性研究在患者选择和复苏时间等方面无法统一,所以研究结果有一定的差异。Chen等^[26]开展的前瞻性研究纳入59例IHCA患者,其中49.2%表现为室性心动过速/心室颤动,28.8%表现为无脉性电活动,22%表现为心搏骤停,平均启动ECMO的时间为52.8 min,经治疗后脱机率为49.2%,院内生存率为28.8%;启动ECMO时间是死亡预测因子。Chung等^[28]开展的前瞻性研究纳入IHCA患者134例,最终50.7%的患者能撤机,30 d生存率为54.5%,不适宜的撤机时机是死亡的预测因子。le Guen等^[29]前瞻性纳入51例院外心搏骤停(out-hospital cardiac arrest, OHCA)患者,其中63%表现为心室颤动,29%表现为心搏骤停,8%表现为无脉性电活动,所有患者的中位启动ECMO时间为120 min,最终48 h生存率为12%;基础乳酸水平和启动ECMO时间是死亡预测因子。Stub等^[30]进行的前瞻性研究纳入15例IHCA和11例OHCA患者,中位启动ECMO时间为56 min,最后患者脱机率为54.1%,院内生存率为53.8%,死亡预测因子有启动ECMO时间、酸碱度和心肌酶水平。Avalli等^[31]回顾

了 42 例患者,其中 IHCA 患者 24 例,中位启动 ECMO 时间为 55 min,撤机率为 58%,28 d 生存率为 46%;而发生 OHCA 的 18 例患者,中位启动 ECMO 时间为 77 min,撤机率为 16%,28 d 生存率为 5%。Leick 等^[32]回顾性纳入 OHCA 患者 28 例,存活患者的中位启动 ECMO 时间为 44 min,30 d 生存率为 29.3%,死亡预测因子是启动 ECMO 时间。Jung 等回顾了 117 例患者,其中 70.9% 为 IHCA,撤机率为 52.1%,30 d 生存率为 23.1%。Pozzi 等^[33]纳入 68 例 OHCA 患者,院内生存率为 8.8%。付海霞等回顾了 2014—2017 年接受急诊 PCI+ECMO 治疗的急性心肌梗死后心搏骤停患者 27 例,脱机率为 96.3%,经治疗后院内生存率为 44%,心肺复苏时间、启动 ECMO 时间和 ECMO 复苏后 48 h 的平均动脉压是死亡的独立预测因子。Richardson 等^[34]从 ELSO 数据库中回顾了全球 1 796 例患者,按照就诊时段(2003—2006 年、2007—2010 年和 2011—2014 年)将患者分为 3 组,这 3 组患者院内生存率分别为 27%、28% 和 30%,无明显差异。心搏骤停造成人体损害的病理生理学机制与心源性休克一样,可推测心搏骤停经 VA ECMO 的抢救效果显著。通过以上研究发现,即使使用 ECMO,心搏骤停患者生存率仍不高,而 OHCA 患者相比 IHCA 患者,预后普遍更差。这可能是因为心搏骤停发生时泵功能停止,器官紧急缺血缺氧,而心源性休克发生时泵功能减低,人体尚有一定代偿功能,因此相同发病时间的心源性休克预后优于心搏骤停。另外心搏骤停患者启动 ECMO 的中位时间一般>50 min,而 OHCA 患者则需更长时间,这也极大地影响了患者预后。由于观察性研究无法控制诸如患者选择、有无心肺复苏铺垫和救治时间等重要因素,所以笔者无法得出更标准的体外心肺复苏抢救流程。今后的研究需更加精确地说明不同条件下 VA ECMO 进行体外心肺复苏的结果有何差异,从而明确 VA ECMO 的最大救治效能。

2.4 ECMO 在心脏危急重症中的应用现状与展望

VA ECMO 辅助技术可快速地提供有效的循环支持,提高心血管疾病危急重症患者的存活率。根据 ELSO 的全球统计数据,截止 2020 年 1 月,ECMO 使用量共 129 037 例,其中 61 611 例用于心源性休克和心搏骤停的治疗。目前中国 ECMO 技术的应用量正飞速提升。中国生物医学工程学会体外循环分会^[35]通过心脏科对中国 ECMO 的使用现状进行了调查,2017 年 ECMO 病例数为 2002 例,较 2016 年增加了 62.2%;2018 年 ECMO 病例数为 2 655 例,较 2017 年增长了 32.6%。目前中国在 ELSO 注册的医疗中心有 30 个,比 2015 年增加 25 个,其中广州市妇女儿童医

疗中心使用 ECMO 例数为 804 例,是中国使用 ECMO 例数最多的医院。

中国心血管疾病负担很重,推算心血管疾病现患人数为 2.9 亿,其中脑卒中 1 300 万,冠心病 1 100 万,肺源性心脏病 500 万,心力衰竭 450 万,风湿性心脏病 250 万,先天性心脏病 200 万,高血压 2.45 亿。心血管疾病仍占据城乡居民死亡的首位,农村为 45.50%,城市为 43.16%^[36]。尽管中国 ECMO 的使用日益增长,在当下巨大的心血管疾病患者人口压力下也显得较为单薄,因此 ECMO 支持下的心脏重症救治需进一步得到普及。2017 年国内成立第一个专业的 ECMO 组织,即“中国医师协会体外生命支持专业委员会”;2018 年该组织颁布了首个成人 ECMO 循环辅助专家共识^[3]。今后,还需开展更多高质量的临床研究来探究在心脏危急重症救治中更优化的 ECMO 治疗策略,还需建立合理的 ECMO 团队培养体系和更符合国情的 ECMO 患者转运系统,逐步完善 ECMO 技术指南,挽救更多重症患者,改善近远期预后。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Nagao K, Nonogi H, Yonemoto N, et al. Duration of prehospital resuscitation efforts after out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Circulation*, 2016, 133 (14):1386-1396.
- [3] 杨峰,王粮山. 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.
- [4] Kolff WJ, Berk HT, ter Wille M, et al. The artificial kidney: a dialyser with a great area. 1944 [J]. *J Am Soc Nephrol*, 1997, 8 (12):1959-1965.
- [5] Gibbon JH Jr. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery [J]. *Minn Med*, 1954, 37 (3):171-185;passim.
- [6] Napp LC, Kuhn C, Bauersachs J. ECMO in cardiac arrest and cardiogenic shock [J]. *Herz*, 2017, 42 (1):27-44.
- [7] Burkhoff D, Naidu SS. The science behind percutaneous hemodynamic support: a review and comparison of support strategies [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012, 80 (5):816-829.
- [8] Soleimani B, Pae WE. Management of left ventricular distension during peripheral extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock [J]. *Perfusion*, 2012, 27 (4):326-331.
- [9] Fraser JF, Shekar K, Diab S, et al. ECMO—The clinician's view [J]. *ISBT Sci Series*, 2012, 7 (1):82-88.
- [10] Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, et al. Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1,866 adult patients [J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97 (2):610-616.
- [11] Reyentovich A, Barghash MH, Hochman JS. Management of refractory cardiogenic shock [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2016, 13 (8):481-492.
- [12] Hochman JS, Buller CE, Sleeper LA, et al. Cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction—Etiologies, management and outcome: a report from the SHOCK Trial Registry. Should we emergently revascularize Occluded Coronaries for cardiogenic shock? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2000, 36 (3 suppl A):1063-

- 1070.
- [13] Windecker S, Kolh P, Alfonso F, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization; The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI) [J]. *Eur Heart J*, 2014, 35(37):2541-2619.
- [14] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. The Task Force on myocardial revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) [J]. *G Ital Cardiol (Rome)*, 2019, 20(7-8 suppl 1): 1s-61s.
- [15] Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines [J]. *Circulation*, 2013, 128(16):e240-e327.
- [16] Aso S, Matsui H, Fushimi K, et al. In-hospital mortality and successful weaning from venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: analysis of 5,263 patients using a national inpatient database in Japan [J]. *Crit Care*, 2016, 20:80.
- [17] Muller G, Flecher E, Lebreton G, et al. The ENCOURAGE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after VA-ECMO for acute myocardial infarction with cardiogenic shock [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(3):370-378.
- [18] Sheu JJ, Tsai TH, Lee FY, et al. Early extracorporeal membrane oxygenator-assisted primary percutaneous coronary intervention improved 30-day clinical outcomes in patients with ST-segment elevation myocardial infarction complicated with profound cardiogenic shock [J]. *Crit Care Med*, 2010, 38(9):1810-1817.
- [19] Sattler S, Khaladj N, Zaruba MM, et al. Extracorporeal life support (ECLS) in acute ischaemic cardiogenic shock [J]. *Int J Clin Pract*, 2014, 68(4):529-531.
- [20] Riebandt J, Haberl T, Mahr S, et al. Preoperative patient optimization using extracorporeal life support improves outcomes of INTERMACS Level I patients receiving a permanent ventricular assist device [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 46(3):486-492.
- [21] 田峰, 周珊珊, 张毅, 等. 主动脉内球囊反搏联合体外膜肺氧合在急性心肌梗死合并心源性休克患者救治中的应用 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2019, 27(11):614-618.
- [22] 侯剑峰, 陈凯, 唐汉韡, 等. 体外膜肺氧合与主动脉球囊反搏联合辅助救治心血管外科术后心源性休克: 阜外医院单中心十一年经验总结 [J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(1):66-71.
- [23] Schmidt M, Burrell A, Roberts L, et al. Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score [J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(33):2246-2256.
- [24] Muller G, Flecher E, Lebreton G, et al. The ENCOURAGE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after VA-ECMO for acute myocardial infarction with cardiogenic shock [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(3):370-378.
- [25] 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.
- [26] Chen YS, Lin JW, Yu HY, et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis [J]. *Lancet*, 2008, 372(9638):554-561.
- [27] Mosier JM, Kelsey M, Raz Y, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for critically ill adults in the emergency department: history, current applications, and future directions [J]. *Crit Care*, 2015, 19:431.
- [28] Chung SY, Sheu JJ, Lin YJ, et al. Outcome of patients with profound cardiogenic shock after cardiopulmonary resuscitation and prompt extracorporeal membrane oxygenation support. A single-center observational study [J]. *Circ J*, 2012, 76(6):1385-1392.
- [29] le Guen M, Nicolas-Robin A, Carreira S, et al. Extracorporeal life support following out-of-hospital refractory cardiac arrest [J]. *Crit Care*, 2011, 15(1):R29.
- [30] Stub D, Bernard S, Pellegrino V, et al. Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial) [J]. *Resuscitation*, 2015, 86:88-94.
- [31] Avalli L, Maggioni E, Formica F, et al. Favourable survival of in-hospital compared to out-of-hospital refractory cardiac arrest patients treated with extracorporeal membrane oxygenation: an Italian tertiary care centre experience [J]. *Resuscitation*, 2012, 83(5):579-583.
- [32] Leick J, Liebetrau C, Szardien S, et al. Door-to-implantation time of extracorporeal life support systems predicts mortality in patients with out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Clin Res Cardiol*, 2013, 102(9):661-669.
- [33] Pozzi M, Koffel C, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support for refractory out-of-hospital cardiac arrest: should we still fight for? A single-centre, 5-year experience [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 204:70-76.
- [34] Richardson AS, Schmidt M, Bailey M, et al. ECMO Cardio-Pulmonary Resuscitation (ECPR), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years [J]. *Resuscitation*, 2017, 112:34-40.
- [35] 中国生物医学工程学会体外循环分会. 2017 与 2018 年中国心外科手术和体外循环数据白皮书 [J]. *中国体外循环杂志*, 2019, 17(5):257-260.
- [36] 胡盛寿, 高润霖, 刘力生, 等. 《中国心血管病报告 2018》概要 [J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(3):209-220.

收稿日期:2020-05-05