

经皮机械循环支持装置在重症心血管疾病中的应用进展

陈少敏 郭丽君

100191 北京大学第三医院心内科, 卫生部分子生物学与调节肽重点实验室; 心血管分子生物学与调节肽卫生部重点实验室

通讯作者: 郭丽君, Email: guo_li_jun@126.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.12.022

【摘要】 经皮机械循环支持(PMCS)装置对心源性休克或急性失代偿性心力衰竭患者的急性期救治具有较好的疗效,是等待心脏功能恢复或为后续治疗赢得时间的“桥梁”技术。主动脉内球囊反搏(IABP)是目前应用最为广泛的PMCS装置,而Tandem-Heart跨房间隔左心室辅助装置、Impella跨主动脉瓣左心室辅助装置、体外膜肺氧合器(ECMO)等新型PMCS装置能够提供比IABP更有效的血流动力学支持。临床医师需要根据各种PMCS装置的工作原理和效应,结合患者的临床情况,选择适合患者的PMCS类型和工作模式,从而最大限度地发挥PMCS装置的循环支持功能,纠正血流动力学紊乱,使患者平稳渡过疾病危险期。

【关键词】 经皮机械循环支持装置; 心血管疾病; 心源性休克; 心力衰竭

基金项目: 国家自然科学基金(81400177); 北京市自然科学基金(7154249)

Advancement on the use of percutaneous mechanical circulatory support devices in severe cardiovascular diseases Chen Shaomin, Guo Lijun

Department of Cardiology, Peking University Third Hospital; Key Laboratory of Cardiovascular Molecular Biology and Regulatory Peptides, Ministry of Health; Key Laboratory of Molecular Cardiovascular Sciences, Ministry of Education, Beijing 100191, China

Corresponding author: Guo Lijun, Email: guo_li_jun@126.com

【Abstract】 Percutaneous mechanical circulatory support (PMCS) devices are effective in the treatment of patients with cardiogenic shock and acute decompensated heart failure, as a bridge to the recovery of heart function or further treatment. The intra-aortic balloon pump (IABP) is now the most widely used PMCS. New PMCS devices including Transseptal device of Tandem-Heart, transaortic valve device of Impella and extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) might provide more effective hemodynamic supports. Doctors should choose appropriate PMCS devices and their working modes, according to patient's clinical conditions, based on the working principles and hemodynamic effects of the devices, in order to achieve the best effects and help patients live through the crisis of diseases.

【Key words】 Percutaneous mechanical circulatory support; Cardiovascular diseases; Cardiogenic shock; Heart failure

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81400177); Beijing Municipal Natural Science Foundation (7154249)

重症心血管疾病主要指心源性休克和(或)严重的心力衰竭(心衰)。目前在急性心肌梗死(AMI)住院患者中,仍有约6%~10%可发生心源性休克^[1]。此外,大量心衰存活出院后患者再次出现心衰恶化甚或继发心源性休克也在逐年增加。经皮机械循环支持(PMCS)装置是等待心脏功能恢复或为后续进一步治疗赢得时间的“桥梁”技术。近几十年的临床实践提示,临时置入PMCS装置对心源性休克或急性失代偿性心衰患者的急性期救治具有较好的疗效。现对目前临床上应用的PMCS装置的工作原理、适应证和循证医学证据等进行综述。

1 PMCS装置的分类

1.1 主动脉内球囊反搏(IABP): IABP于1968年首次被用在心源性休克患者^[2],目前也是应用最为广泛的PMCS装置。IABP导管经外周动脉置入,将球囊放置在降主动脉,在心脏舒张期球囊充气以升高舒张压,进而增加冠状动脉(冠脉)血流灌注;在心脏收缩早期,球囊快速放气以降低心

脏后负荷。IABP的血流动力学效应是改善冠脉供血、降低心脏后负荷和室壁张力、中等程度增加心排血量(CO)、维持血压。临床上,IABP的血流动力学效应依赖于残存的心脏功能,如果心肌坏死面积巨大或存在严重心律失常等导致心脏无做功状态,IABP的效应则难以实现^[3]。

1.2 Tandem-Heart跨房间隔左心室辅助装置: Tandem-Heart是一种辅助心脏去容量负荷的左心室辅助装置,包括小型离心泵、留置管道及外置控制台。静脉侧管道经股静脉置入至右心房,穿过房间隔进入左心房;动脉侧管道经股动脉置入,末端置于降主动脉远端。Tandem-Heart经离心泵将氧合的血液从左心房抽出再泵入降主动脉,可持续提供3~5 L/min的CO。因此,在血流动力学层面,Tandem-Heart可以降低肺毛细血管楔压(PCWP),减少左心室前负荷;在心脏做功方面,Tandem-Heart可代替左心室发挥额外的泵功能。Tandem-Heart的效应依赖于较好的右心功能和肺部气体交换功能。改良的Tandem-Heart动、静脉侧管道

可以分别置于肺动脉和上腔静脉以发挥右心室辅助作用,适用于急性严重肺动脉栓塞、重度右心功能不全患者。尽管 Tandem-Heart 可以用于心律失常患者,但仍不适用于心脏停搏或心室纤颤的心脏无作功患者。相对于 IABP, Tandem-Heart 操作复杂,必须在 X 线下完成,因此,不利于急诊室或心肺复苏(CPR)时应用^[3]。

1.3 Impella 跨主动脉瓣左心室辅助装置: Impella 同样属于辅助心脏去容量负荷的左心室辅助装置,根据管道直径和输出流量可分为 12-F (Impella 2.5)、21-F (Impella 5.0) 和新型 14-F (Impella CP) 3 种型号,它们能提供最大排量分别为 2.5、5.0 和 3.0~4.0 L/min 的连续血流。Impella 2.5 和 Impella CP 导管可经股动脉穿刺逆行进入左心室,而 Impella 5.0 则需股动脉切开置入。Impella 通过导管前端的内置微型轴流泵(操作时使其位于跨主动脉瓣位置)将左心室的氧合血液经导管流入口抽出,再经导管流出口泵入升主动脉,建立左心室-升主动脉引流途径。因此,在血流动力学层面,Impella 可主动减少左心室前负荷和 PCWP,降低室壁张力和心肌耗氧量;在心脏作功方面,Impella 可辅助增加 CO、升高主动脉压和冠脉灌注压(CPP)。Impella 的支持效应同样依赖于残存的心脏功能和较好的右心功能,以及肺部气体交换功能。Impella 5.0 被期望在左心无作功状态下发挥作用。Impella 产生的血流动力学效应对机体上半身的器官保护更具优势。Impella 2.5 提高 CO 的作用强于 IABP,但不及 Tandem-Heart; Impella CP 和 Impella 5.0 的作用与 Tandem-Heart 相当。Impella 的操作类似于 IABP,但较 IABP 更加复杂耗时。Impella 主要用于短期循环支持,美国食品与药物管理局(FDA)批准 Impella 的最长辅助时间是 6 个月,而欧洲建议对 Impella 2.5 的使用时间最长为 5 d^[3]。

1.4 体外膜肺氧合器(ECMO): ECMO 是一种短期呼吸替代兼有循环辅助功能的装置,具有双心室辅助功能^[4],包括肝素涂层的管道、体外的磁悬浮离心泵、膜式氧合器及热处理装置,有静脉-动脉(V-A)和静脉-静脉(V-V)两种工作模式。V-A 模式的静脉管道经股静脉置入至右心房下腔静脉入口处,动脉管道经股动脉置入逆行至腹主动脉;其工作原理是静脉血液由离心泵驱动经股静脉引出,经氧合器进行气体交换后经过温度调整,再经动脉管道泵入腹主动脉,CO 可额外增加 6 L/min 以上,符合完全心肺替代理念,主要被用于心源性休克等严重心肺功能不全或心脏完全无作功的患者。V-A 模式的效应是提供氧合和循环支持,降低双心室前负荷,但也可一定程度上增加左心室后负荷,进而增加心肌耗氧量,不利于心肌保护;V-V 模式的工作原理是血液由腔静脉/右心房引出,经体外氧合后泵入股静脉,仅适用于严重呼吸衰竭和氧合障碍的患者(如急性呼吸窘迫综合征(ARDS)、肺栓塞等)^[3]。

2 PMCS 装置的循证医学证据和指南推荐

2.1 IABP 的应用: IABP 是血流动力学不稳定患者最常用的 PMCS 装置,其临床应用的证据主要来自急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)伴心源性休克患者,有研究显示, IABP

可以明显降低此类患者的病死率^[5-7]。因此,早期的指南曾以 I 类推荐 IABP 用于 STEMI 伴心源性休克患者^[8]。

然而, Sjauw 等^[9]通过对队列资料的荟萃分析发现,接受溶栓治疗的 STEMI 伴心源性休克患者, IABP 支持可以使 30 d 病死率降低 18% ($P < 0.0001$); 而接受经皮冠脉介入治疗(PCI)的患者使用 IABP 支持,可使 30 d 病死率增加 6% ($P < 0.0008$)。一项多中心前瞻性非盲随机试验观察了 IABP 在心源性休克中应用(IABP-SHOCK II 研究)^[10], 研究者将 600 例 STEMI 合并心源性休克患者分为 IABP 组(301 例)和对照组(299 例),结果显示,在早期血运重建和强化药物治疗基础上, IABP 支持不能进一步改善患者 30 d 全因病死率(39.7% 比 41.3%, $P = 0.69$),随访至 12 个月, IABP 也没能显示出任何获益。IABP-SHOCK II 研究^[10]结果的公布使 IABP 在心源性休克患者中应用的推荐级别降低,目前美国心脏病学会/美国心脏学会(ACC/AHA)的推荐级别为 II a 类(证据级别为 B)^[11], 欧洲心脏病协会(ESC)^[11]和中华医学会心血管病学分会^[12]的推荐级别均降为 II b 类(证据级别为 B)。

对于 STEMI 未合并心源性休克的患者, ESC^[11]和中华医学会心血管病学分会^[12]的指南均明确提出不推荐常规使用 IABP 治疗(III 类,证据级别为 A)。无休克的急性前壁心肌梗死患者 IABP 与梗死面积的研究(CRISP-AMI 研究)^[13]是一项多中心前瞻性开放随机对照试验,旨在观察胸痛发作在 6 h 以内 STEMI 不伴心源性休克患者在急诊 PCI 前行 IABP 是否可以缩小梗死面积。研究共纳入 337 例患者,结果显示,常规使用 IABP 没能缩小患者的心肌梗死面积,但其死亡时间、休克、新发生或加重的心衰复合终点明显优于对照组,提示 IABP 对大面积心肌梗死后休克前状态的患者,可能具有稳定血流动力学的作用。

IABP 应用的另一个重要适应证是高危患者行 PCI,但何为高危患者目前并无明确的标准。2011 年美国 PCI 治疗指南^[14]指出,具有下列任意一项即为高危患者: ① 失代偿性充血性心衰(Killip 分级为 3 级); ② 左心室射血分数(LVEF) < 0.25 ; ③ 左主干狭窄 $> 50\%$ 或冠脉 3 支病变,未进行过冠脉旁路移植术; ④ 靶区域病变威胁 50% 以上的存活心肌。指南指出,在极高危患者行 PCI 中可以应用合适的血流动力学辅助装置,推荐级别 II b 类(证据级别为 C)。IABP 支持 PCI 治疗研究(BCIS-1 研究)^[15]是目前唯一一项关于极高危患者行 PCI 的随机对照试验,研究纳入 301 例高危 PCI 患者(LVEF < 0.30)均于 PCI 前置入 IABP,结果显示, IABP 组与对照组虽然主要终点即入院 28 d 内死亡、心肌梗死、脑血管事件或进一步行血运重建复合终点比较差异均无统计学意义,但 IABP 组 PCI 过程中低血压、室性心律失常、CPR 等并发症显著低于对照组(1.3% 比 10.7%, $P < 0.001$); 且长期随访结果发现(中位随访时间为 51 个月), IABP 组病死率较对照组降低 34% ($P = 0.039$)。Romeo 等^[16]进行的一项荟萃分析纳入了 7 个随机试验和 4 个观察性研究,共 2 134 例极高危 PCI 患者,旨在观察预防性置入 IABP 的作用,结果并

未发现两组主要心脑血管事件、院内病死率有统计学差异,与BCIS-1研究结果一致。

综上,虽然目前应用IABP的循证医学证据尚不充分,但其改善血流动力学的效果已被大多数临床医生认可,相关指南在争议中仍支持选择性IABP的应用。

2.2 新型PMCS装置的应用:新型PMCS装置可能提供比IABP更有效的血流动力学支持,但目前的随机临床研究非常少。一项入选117例经IABP和(或)升压药物治疗无效的心源性休克患者的研究显示,应用Tandem-Heart平均6d,患者心排血指数(CI)、收缩压和尿量均得到显著改善,PCWP、血清肌酐(SCr)水平明显降低,但30d病死率仍高达40%^[17]。一项小规模的开放性研究将发生心源性休克24h内的33例患者随机分为应用IABP和Tandem-Heart两组。结果显示,与IABP组相比,Tandem-Heart组CI显著增加,PCWP显著降低,而30d病死率差异无统计学意义^[18]。在心源性休克患者应用Impella也有类似的血流动力学改善。评价Impella 2.5是否比IABP提供更好血流动力学支持的研究(ISAR-SHOCK研究)^[19]将STEMI合并心源性休克的患者随机分为应用IABP和Impella 2.5两组,结果发现置入装置20min后,Impella 2.5组患者CI和乳酸水平改善程度显著优于IABP组(均 $P<0.05$),但30d病死率仍高达46%,且两组间差异无统计学意义。一项荟萃分析纳入3个研究共100例患者,比较新型左心室辅助装置(2个比较Tandem-Heart,1个比较Impella 2.5)和IABP在心源性休克患者中的作用,结果发现,尽管新型左心室辅助装置能更好地改善血流动力学指标,但与IABP相比,其病死率并无降低,且下肢缺血并发症差异无统计学意义,但接受Tandem-Heart置入的患者出血风险更高^[20]。

高危PCI患者应用Impella 2.5显示出了良好的临床效果。Impella 2.5与IABP对高危PCI患者血流动力学支持的研究II(PROTECT II研究)是一项大规模单中心对照试验,该研究纳入了452例3支病变或无保护的左主干病变合并严重左心室收缩功能障碍的患者,并被随机分为应用IABP和Impella 2.5两组。结果显示,Impella 2.5组血流动力学指标较IABP组改善更显著,而主要终点(30d主要不良事件)差异无统计学意义(40.1%比35.1%, $P=0.227$)^[21];但后期分析发现,随访90d时Impella 2.5组心肌梗死(37%比49%, $P=0.014$)和主要心脑血管不良事件(22%比31%, $P=0.034$)较IABP组显著减少^[22]。另外,Impella 2.5在瘢痕相关室性心动过速射频消融术中血流动力学支持的研究(PERMIT-I研究)^[23]提示,Impella 2.5循环支持在室性心动过速射频消融术中具有一定的血流动力学保护作用,允许诱发更快速和较长时间的室性心动过速以利于成功消融。

高危PCI患者应用Tandem-Heart的临床研究规模较小。Alli等^[24]报道,54例高危PCI患者应用Tandem-Heart,其中62%进行左主干和多支血管PCI。Tandem-Heart的操作成功率为97%,6个月存活率为87%,无一例患者需行血液透析,但有13%的患者出现了血管并发症。

2.3 ECMO的应用:关于ECMO的应用目前尚无大规模的随机对照研究。Nichol等^[25]报道,84例接受ECMO支持的心源性休克或心搏骤停患者总病死率为50%。一项单中心回顾性研究显示,与1993年至2002年末使用ECMO的患者比较,2002年至2009年接受直接PCI和ECMO置入的219例STEMI合并心源性休克患者30d存活率明显升高(60%比35%, $P=0.003$)^[26]。

综上,新型PMCS装置能提供更好的血流动力学支持。2013年美国心衰指南指出,顽固性心衰且计划接受心脏移植或长期心脏辅助的患者,心衰病因有望祛除或心功能可以恢复的急性左心失代偿患者(如暴发性心肌炎、围生期心肌病、应激性心肌病、移植后排异等),均为应用PMCS的IIa类适应证(证据级别为B)^[27]。而对于STEMI合并心源性休克的患者,ESC和ACC/AHA指南仅以IIb类(证据级别为C)推荐PMCS的应用^[1,11]。另外,对于接受经皮介入治疗(PCI、射频消融术、经皮主动脉瓣置换等)并发生严重血流动力学不稳定的高危患者,新型PMCS装置也具有应用前景^[2]。

3 PMCS装置的应用选择

影响选择PMCS装置应用的因素包括:患者的血流动力学状况、不同PMCS装置的工作原理和血流动力学效应特点、PMCS装置操作的难易程度和置入所需时间、支持治疗最终要达到的目标等。IABP置入快捷方便,临床应用经验丰富,尽管其降低病死率不具优势,但对血流动力学的作用肯定,因此,在急诊情况下尤其是AMI合并泵衰竭的患者,IABP应是最初的理想选择。由于新型PMCS装置能提供更好的血流动力学支持,因此,当患者在药物或IABP支持仍不能维持血流动力学稳定的情况下,可以选择Impella 2.5或Impella CP;如果血流动力学仍不稳定,则应考虑更强的支持方法,如Tandem-Heart、ECMO或Impella 5.0。对于氧合障碍或双心室衰竭的患者,应选择ECMO。也有报道在双心室衰竭的患者中可用两种不同的装置分别支持左、右心室的功能,例如用Tandem-Heart支持右心室,用Impella或IABP支持左心室^[2]。另外,需要相对较长时间支持循环的患者更适合应用Tandem-Heart,而高危介入治疗的患者Impella可能更适合。

综上,PMCS装置在心血管急危重症患者的救治过程中具有不可忽视的作用。然而目前针对特定PMCS装置的适应证范围、置入时机和维持时间均未完全明确,因此,临床医生需要很好地了解各种PMCS装置的构造、工作原理和效应,结合患者的疾病特点和状态,决定需要PMCS支持的患者、选择适合的PMCS类型和工作模式,最大限度发挥PMCS装置的循环支持功能,纠正血流动力学紊乱,保护器官功能,使患者平稳渡过疾病危险期或过渡到后续治疗。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Kantrowitz A, Tjonneland S, Freed PS, et al. Initial clinical

- experience with intra-aortic balloon pumping in cardiogenic shock [J]. *JAMA*, 1968, 203 (2): 113–118. DOI: 10.1001/jama.203.2.113.
- [3] 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 Card Fail*, 2015, 21 (6): 499–518. DOI: 10.1016/j.cardfail.2015.03.002.
- [4] 高国栋, 吕琳, 胡强, 等. 阜外医院 10 年间成人体外膜肺氧合支持治疗回顾: 治疗策略及影响因素分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27 (12): 959–964. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.12.004.
- Gao GD, Lyu L, Hu Q, et al. Outcome of extracorporeal membrane oxygenation support for adult patients in Fuwai Hospital during the last 10 years: treatment strategy and risk factors [J]. *Chin Crit Care Med*, 2015, 27 (12): 959–964. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.12.004.
- [5] 张贤锐, 苏立, 陈少杰, 等. 主动脉球囊反搏辅助治疗急性心肌梗死患者疗效评价 [J]. *中华心血管病杂志*, 2013, 41 (5): 432–437. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2013.05.016.
- Zhang XR, Su L, Chen SJ, et al. A meta-analysis on efficacy of intra-aortic balloon pump therapy in patients with acute myocardial infarction [J]. *Chin J Cardiol*, 2013, 41 (5): 432–437. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2013.05.016.
- [6] Chen EW, Canto JG, Parsons LS, et al. Relation between hospital intra-aortic balloon counterpulsation volume and mortality in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock [J]. *Circulation*, 2003, 108 (8): 951–957. DOI: 10.1161/01.CIR.0000085068.59734.E4.
- [7] Sanborn TA, Sleeper LA, Bates ER, et al. Impact of thrombolysis, intra-aortic balloon pump counterpulsation, and their combination in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: 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): 1123–1129. DOI: 10.1016/S0735-1097(00)00875-5.
- [8] 陈炜. 急性心力衰竭的诊断和治疗指南解读: 2012 年更新版 ESC 急性慢性心力衰竭诊断和治疗 [J]. *中华危重病急救医学*, 2013, 25 (11): 698–702. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.11.016.
- Chen W. The interpretation of Guidelines for the diagnosis and treatment of acute heart failure. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 [J]. *Chin Crit Care Med*, 2013, 25 (11): 698–702. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.11.016.
- [9] 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/ehp602.
- [10] Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock [J]. *N Engl J Med*, 2012, 367 (14): 1287–1296. DOI: 10.1056/NEJMoa1208410.
- [11] O'Gara PT, Kushner FG, Ascheim DD, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: executive summary: 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): 485–510. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.11.018.
- [12] 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.
- China Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Guideline on the diagnosis and therapy of ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *Chin J Cardiol*, 2015, 43 (5): 380–393. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2015.05.003.
- [13] 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.
- [14] 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]. *Circulation*, 2011, 124 (23): e574–651. DOI: 10.1161/CIR.0b013e31823ba622.
- [15] 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.
- [16] Romeo F, Acconcia MC, Sergi D, et al. Lack of intra-aortic balloon pump effectiveness in high-risk percutaneous coronary interventions without cardiogenic shock: a comprehensive meta-analysis of randomised trials and observational studies [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 167 (5): 1783–1793. DOI: 10.1016/j.ijcard.2012.12.027.
- [17] 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.
- [18] 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 intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock [J]. *Am Heart J*, 2006, 152 (3): 469. e1–8. DOI: 10.1016/j.ahj.2006.05.031.
- [19] 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.
- [20] Cheng JM, den Uil CA, Hoeks SE, et al. Percutaneous left ventricular assist devices vs. intra-aortic balloon pump counterpulsation for treatment of cardiogenic shock: a meta-analysis of controlled trials [J]. *Eur Heart J*, 2009, 30 (17): 2102–2108. DOI: 10.1093/eurheartj/ehp292.
- [21] 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.
- [22] Dangas GD, Kini AS, Sharma SK, et al. Impact of hemodynamic support with Impella 2.5 versus intra-aortic balloon pump on prognostically important clinical outcomes in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention (from the PROTECT II randomized trial) [J]. *Am J Cardiol*, 2014, 113 (2): 222–228. DOI: 10.1016/j.amjcard.2013.09.008.
- [23] Miller MA, Dukkipati SR, Chinitz JS, et al. Percutaneous hemodynamic support with Impella 2.5 during scar-related ventricular tachycardia ablation (PERMIT 1) [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2013, 6 (1): 151–159. DOI: 10.1161/CIRCEP.112.975888.
- [24] Alli OO, Singh IM, Holmes DR, 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.
- [25] Nichol G, Karmy-Jones R, Salerno C, et al. Systematic review of percutaneous cardiopulmonary bypass for cardiac arrest or cardiogenic shock states [J]. *Resuscitation*, 2006, 70 (3): 381–394. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2006.01.018.
- [26] 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. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181e8ac7.
- [27] 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]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62 (16): e147–239. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.05.019.

(收稿日期: 2016-08-26)

(本文编辑: 保健媛, 李银平)