

主动脉内球囊反搏治疗急性 ST 段抬高心肌梗死 合并心源性休克的研究进展

崔茜 裴汉军

(内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院心内科, 内蒙古 包头 014010)

【摘要】 急性 ST 段抬高心肌梗死合并心源性休克是心内科常见急危重症。主动脉内球囊反搏可增加冠状动脉血流量和改善全身灌注,降低心脏后负荷,是治疗急性心肌梗死合并心源性休克常用的机械辅助装置,但目前主动脉内球囊反搏的临床应用仍存在争议。现对主动脉内球囊反搏的最新研究进展进行综述。

【关键词】 主动脉内球囊反搏;ST 段抬高心肌梗死;心源性休克

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2021.07.006

Treatment of Acute ST Segment Elevation Myocardial Infarction Complicated with Cardiogenic Shock by Intra-Aortic Balloon Pump

CUI Qian, PEI Hanjun

(Department of Cardiology, The First Affiliated Hospital of Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, Inner Mongolia, China)

【Abstract】 Acute ST segment elevation myocardial infarction complicated with cardiogenic shock is a common critical disease in cardiology. Intra-aortic balloon pump (IABP) can increase coronary blood flow, improve systemic perfusion, and reduce cardiac afterload. It is a commonly used mechanical auxiliary device in the treatment of acute myocardial infarction complicated with cardiogenic shock. However, the clinical application of IABP is still controversial. This article reviews the latest research progress of IABP.

【Key words】 Intra-aortic balloon pump; ST segment elevation myocardial infarction; Cardiogenic shock

急性 ST 段抬高心肌梗死 (ST segment elevation myocardial infarction, STEMI) 合并心源性休克 (cardiogenic shock, CS) 是心血管内科常见的危重症, 通常的临床表现为血流动力学不稳定, 组织器官灌注不足, 多脏器功能障碍, 病情进展非常迅速, 预后较差。据统计, 病死率为 30%~56%^[1]。主动脉内球囊反搏 (intra-aortic balloon pump, IABP) 通过机械手段调节主动脉内压力, 增加冠状动脉血流及心输出量, 具有操作简单和起效迅速的优势。因此, IABP 一直作为治疗急性心肌梗死 (acute myocardial infarction, AMI) 合并 CS 最常用的机械辅助装置。2012 年, 著名的 IABP-SHOCK II (Intraaortic Balloon Pump in Cardiogenic Shock II) 研究^[2]表明, IABP 不能显著降低心肌梗死并发 CS 患者的死亡率, 不能使患者获益, 目前指南不推荐在 CS 患者中常规应用 IABP^[3]。近年来, 虽然随着体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 和左室辅助装置 (left ventricular

assist device, LVAD) 等心脏辅助装置的广泛应用, IABP 地位进一步下降, 但在临床工作中, IABP 仍在 AMI 合并 CS 救治中发挥着重要作用, 尤其是在基层医院。现对 IABP 在 STEMI 合并 CS 患者中的最新研究进展进行阐述。

1 IABP 在 STEMI 合并 CS 患者中应用的争议

随着冠心病预防及治疗手段的不断优化, AMI 的发病率降低, 预后也明显改善, 但 STEMI 合并 CS 患者的死亡率仍较高。IABP 作为血流动力学支持装置, 可维持患者的血流动力学稳定, 保证心、脑和肾等重要脏器的灌注, 是目前常用的机械辅助手段。IABP 的获益程度主要取决于患者再灌注治疗的类型, 例如接受溶栓治疗的患者, 应用 IABP 可降低患者死亡率 (50% vs 72%, $P<0.0001$)^[4]。之前的几年中, IABP 在急性冠脉综合征的治疗中一直处于较高的地位, 欧洲心脏病学会 (ESC) 在 2011 年发布的急性冠脉综合征指南中显示, 对于存在血流动力学受损的患者, 应当首先

基金项目: 国家自然科学基金 (81760096)

通信作者: 裴汉军, E-mail: phjfyss@139.com

植入 IABP,再行后续相关的检查。然而 2011 年之后, IABP 的推荐级别一再下调,2013 年 ACCF/AHA 急性 STEMI 指南中将 IABP 治疗 STEMI 的推荐级别降至 IIa,ESC 也在 2012 年将这一级别降至 IIb。而影响众多指南对于 IABP 在 STEMI 治疗中的推荐级别的主要原因在于 2012 年的 IABP-SHOCK II 研究。

2012 年著名的 IABP-SHOCK II 研究评价了 STEMI 合并 CS 患者早期血运重建之前或之后使用 IABP 辅助治疗的疗效以及安全性。该研究包含 600 例 STEMI 合并 CS 患者,其中 IABP 组 301 例,未行 IABP 组(对照组)299 例。所有患者都将接受早期血运重建,使用经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention,PCI)或冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting,CABG)。结果显示,IABP 组和对照组在 30 d 时死亡率无显著差异(39.7% vs 41.3%, $P=0.69$)^[2]。12 个月随访,两组间死亡率也无明显差异(52% vs 51%, $P=0.91$),次要终点如再发心肌梗死、卒中及再次血运重建在两组间也无明显差异^[5]。2018 年,对其中 591 例患者进行了 6 年随访,结果显示 IABP 组和对照组长期死亡率也无明显差异(66.3% vs 67.0%, $P=0.98$)。复发性心肌梗死、卒中、再次血运重建或心源性再入院治疗的差异也无统计学意义($P>0.05$)^[6]。

正是这项研究结果颠覆了人们对 IABP 的认识,使 IABP 在临床中的使用率逐渐下降^[7-8]。然而,这项研究本身也存在一定的局限性。

第一,试验中 IABP 组有 13 例在计划植入 IABP 前死亡,导致 IABP 组死亡人数增加。另外,在对照组有 30 例患者与 IABP 组交叉,其中 4 例患者使用了其他辅助装置,25 例患者因病情需要植入 IABP,但试验还是按照原方案进行了统计分析,这点则可影响到研究的首要终点和次要终点。

第二,这项研究中的患者人群具有明显局限性,该试验总体死亡率约 40%,与其他随机试验登记中 42%~48% 的死亡率相比较低,IABP 获益度较高的一些机械并发症,例如室间隔缺损和二尖瓣反流等均被排除。然而有相关研究表明,这部分重症患者是最有可能在 IABP 中获益的。如在 2016 年一项针对重症 CS 患者的回顾性研究^[9]发现,IABP 对严重 CS 患者的血流动力学有明显的益处,包括减少透析(8.5% vs 9.5%, $P=0.04$)、卒中(2.6% vs 3.8%, $P<0.001$)、肺炎(13.9% vs 16.5%, $P<0.001$)和败血症(13.2% vs 16%, $P<0.001$)的发生率。

第三,IABP-SHOCK II 研究中未对 IABP 植入时机进行严格控制,即未明确规定 IABP 插入时机,而是依照医生的经验决定。事实上,在术前插入 IABP 的患者为 15%,而在 CS 患者中,血流动力学不稳定最危险的时间

应是在 PCI 植入过程中,因此在术前植入 IABP 能使患者更多获益。针对 IABP 植入时机对患者获益的影响,2016 年 Schwarz 等^[10]的回顾性研究表明,IABP 植入时间是影响院内死亡率的唯一因素,术前预防性 IABP 患者较术后 IABP 患者院内死亡率明显降低(25% vs 55%, $P=0.02$),主要不良心血管事件发生率也显著降低(31% vs 60%, $P<0.001$)。另外,Kohl 等^[11]对单纯 PCI 术中被迫植入 IABP 的患者进行统计分析,结果表明这部分患者的死亡率、心搏骤停、室性心律失常和严重低血压的发生率均明显增高,这个研究也说明植入时机对 IABP 获益程度有明显影响。

因此,IABP 在 STEMI 治疗中依然有其特有的作用,而对于 IABP 的使用也应进一步精准化,在临床工作中精准地选择特定的受益人群。近年来,针对 IABP 的临床应用价值进行了众多研究,而研究方向也更加集中,这些研究表明 IABP 在特定和复杂的临床背景下可发挥其独有的治疗作用。

2 新形势下 IABP 的临床应用价值

2.1 复杂和高危 PCI 术前植入

高危 PCI 术前选择性植入 IABP 在临床应用很普遍,CRISP AMI 研究^[12]是一项针对高危人群的随机对照研究,探讨 IABP 治疗在 STEMI 患者中的临床作用。结果显示,IABP 并不能减小 STEMI 患者的梗死面积。同时,在 6 个月随访时,IABP + PCI 组死亡 3 例(1.9%),单纯 PCI 组死亡 9 例(5.2%),然而该结果未达统计学差异($P=0.12$)。随后,CRISP AMI 亚组研究^[13]做了更进一步分析,主要针对大面积心肌梗死行 PCI 后仍有持续性缺血的患者进行了研究,结果显示 IABP 的使用降低了这部分患者 6 个月的死亡率(0% vs 24%, $P=0.046$)。这一结论也提示高危患者可能在 IABP 中受益更大。因此,研究者也进行了进一步深入的研究。

van Nunen 等^[14]针对这一问题进行了细致的研究,将 STEMI 初次 PCI 后持续缺血患者作为研究对象。结果显示,IABP 组 ST 段回落 $73\% \pm 17\%$,明显高于对照组($56\% \pm 26\%$, $P<0.01$)。也就是说,针对 STEMI 不合并 CS 的患者,IABP 并不能减小梗死面积,它更多地被用来稳定血流动力学,防止左心室功能进一步恶化。

Perera 等^[15]进行的一项大型随机对照研究 BCIS-1,针对射血分数 $<30\%$ 的左室功能不全和严重冠心病(冠状动脉评分 8~12 分)患者。结果显示,选择性 IABP 组的死亡率(7.9%)明显低于无计划 IABP 支持的 PCI 组的 12.1%($P=0.039$)。另外,次要终点围手术期严重并发症的发生率,选择性 IABP 组较无计划 IABP 组也有明显下降(1.3% vs 10.7%, $P<0.001$)。这个研究结果肯定了 IABP 在高危 PCI 中的远期获

益,且对选择性 IABP 植入提供了有力证据。这与 Schwarz 等^[10]的研究结果一致。来自国内的回顾性研究^[16]也得到了相似的结论,PCI 前植入 IABP 的患者,心肌灌注明显改善($P<0.05$)。

因此,IABP 在治疗血流动力学受损与复杂和高危冠心病方面仍有重要意义。IABP 在治疗中可起到稳定患者血流动力学状态,增加冠状动脉灌注的作用,这种效果在血流动力学受损的患者中更为明显^[17]。虽然在冠心病患者中使用 IABP 不会使狭窄冠状动脉供血区域的血流量增加^[18],这意味着 IABP 并不能降低梗死面积。但在稳定血流动力学方面表现出明显优势,且 STEMI 后持续缺血的患者,也可明显受益于 IABP。

2.2 CABG 中的应用

随着冠状动脉介入技术的不断发展,接受 CABG 的患者中,高危重症者所占比例不断升高。IABP 作为机械循环辅助装置在心脏外科中的应用愈加广泛。最新的一项荟萃分析^[19]比较了 CABG 术前 IABP 支持的作用,结果发现 IABP 组死亡率较对照组降低 4.4%,同时 IABP 组降低了心肌梗死风险($OR\ 0.58$, $95\%CI\ 0.43\sim0.78$, $P=0.004$)、脑血管意外($OR\ 0.67$, $95\%CI\ 0.47\sim0.97$, $P=0.042$)和肾功能衰竭($OR\ 0.62$, $95\%CI\ 0.47\sim0.83$, $P=0.0014$)。且术前使用 IABP 的患者重症监护室住院时间($P<0.0001$)和总住院时间($P<0.0001$)显著缩短。由此可见,接受 CABG 且具有高临床特征的患者,如左主干疾病、弥漫性病变、再次血管重建术和低射血分数等,术前 IABP 可改善 CABG 术中的血流动力学不稳定,以确保肾、脑和肺等重要器官的充分灌注,从而降低术后死亡率和相关脏器损伤的发生率。

因此,在 STEMI 合并 CS 的患者中使用 IABP 要根据血运重建的类型来具体分析。在无 PCI 条件的医院,可选择 IABP 辅助为后续治疗和转运争取更多时间。对不伴有高危因素的行 PCI 患者,IABP 和对照组在短期、长期生存率以及术后并发症等方面都无明显差异,不建议常规使用。但针对临床上常见的低射血分数(射血分数 $<30\%$)和左主干病变(狭窄 $>70\%$)患者,行 PCI 或 CABG 前植入 IABP 值得推荐。解剖生理方面,这部分患者有严重的冠状动脉狭窄伴血流动力学障碍,但心肌仍有血流灌注,心肌仍存活,使用 IABP 可提高冠状动脉的灌注,且降低心肌耗氧,维持血流动力学稳定。虽目前认为 IABP 不能使狭窄远端的灌注增加,但可降低左室后负荷,增加终末器官灌注,为后续治疗争取时间。值得注意的是,当患者冠状动脉完全闭塞时,紧急开通闭塞的冠状动脉才是最终获益的关键。

2.3 与其他心脏辅助装置的联合应用价值

近年来,随着 ECMO 和 LVAD 等心脏辅助装置的广泛应用,IABP 的地位不断下降。然而目前研究^[20-23]显

示,LVAD 提供了更好的血流动力学支持,但并未降低 STEMI 合并 CS 患者的死亡率,而出血的风险较 IABP 更高,且 LVAD 对操作要求更高,过程中需密切监测流量及位置。因此,IABP 目前尚未完全被其他辅助装置取代,在未来可能会越来越多地用于不同的临床情况,例如与动静脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)结合在一起成为新兴用途,并成为心脏移植过渡的桥梁。

2.3.1 IABP 与 ECMO 联合应用

VA-ECMO 是一种心肺支持系统,它可提供完全循环支持。但由于无法改善左室负荷,故有 29% 的 VA-ECMO 患者在治疗期间会出现明显的左室扩张^[24]。目前常用的改善左室负荷的方式包括:多巴酚丁胺、肾上腺素、Impella2.5 和 IABP^[25]。IABP 是常用的改善左室负荷的方法,27% 的患者采用 IABP 来治疗 VA-ECMO 引起的左室扩张^[26]。一项入选 12 例患者的小型观察性研究^[27]探讨了 VA-ECMO 联合 IABP 对患者血流动力学的影响,在 IABP 暂停 30 min 前后进行测量。结果显示:肺毛细血管楔压 $[(19\pm10)\text{ mm Hg vs } (15\pm8)\text{ mm Hg}]$, $P=0.01$ 、左室舒张末期内径 $[(55\pm13)\text{ mm vs } (52\pm14)\text{ mm}]$, $P=0.003$ 均显著增加($1\text{ mm Hg}=0.1333\text{ kPa}$)。虽然研究中病例数很少,但结果却带来潜在的思路,值得进一步研究。中国医学科学院阜外医院侯剑锋等^[28]通过对该院 1 年来 ECMO 与 IABP 联合辅助治疗 CS 患者 60 例的回顾性分析,发现联合辅助治疗患者脱机率和生存出院率分别为 48.3% 和 43.3%。有关 IABP 联合 VA-ECMO 的话题正慢慢引起人们的兴趣。Lin 等^[29]最近发表了一项观察性研究,其中 226 例和 302 例患者分别单用 VA-ECMO 与 VA-ECMO 联合 IABP,结果显示两周死亡率未见显著性差异(48.5% vs 47.7%)。然而,IABP 联合 VA-ECMO 组生理学指标明显改善,如收缩压升高($P<0.001$)。总之,在 VA-ECMO 中使用 IABP 是一个新兴的研究领域,预计将来会有更多关于这一主题的数据。

2.3.2 IABP 作为心脏移植过渡的桥梁

使用 IABP 作为移植或 LVAD 长期植入过渡桥梁在文献报道中越来越普遍。但人们更多关注的是 IABP 是否会造成出血并发症的增加。一项包含 26 例需长期植入 LVAD 患者的研究^[30],术前 3 周使用 IABP 作为过渡,结果显示 IABP 支持作为 LVAD 植入的桥梁与 LVAD 植入术后出血并发症的增加无关。在一项小规模的回溯性研究^[31]中,IABP 作为一种桥梁过渡装置用于终末期心脏病患者,27 例患者发现乳酸水平显著降低,尿量增加。这项研究中,67% 的患者从 IABP 中获益,这种器官灌注和临床稳定为下一步治疗的决策留出时间,使患者能过渡到康复、移植或 LVAD。

3 总结

IABP 的临床应用已有 50 多年的历史,IABP-

SHOCK II 研究结果的发表导致 IABP 争论不断,在临床工作中,要根据临床情况和患者受益程度选择辅助支持装置。目前回顾性研究、荟萃分析以及小规模随机对照研究提示,IABP 是一个非常完美的过渡装置。在植入选择和时机选择上,要根据患者的血流动力学情况判断。特别是基层医院,当患者需大量的血管活性药物才能维持血流动力学时,应选择 IABP 支持,为后续转诊以及再灌注治疗提供更多机会。未来,IABP 将越来越多地与 ECMO 以及其他辅助装置联合应用,改善左室负荷,并可作为移植的桥梁,这些临床情况为未来的研究提供了思路 and 方向,也为 IABP 的临床应用提供了更多可能。

参考文献

- [1] Kastrati A, Collieran R, Ndrepepa G. Cardiogenic shock; how long does the storm last? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 67(7): 748-750.
- [2] 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.
- [3] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization [J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(2): 87-165.
- [4] 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.
- [5] 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 randomised, open-label trial [J]. *Lancet*, 2013, 382(9905): 1638-1645.
- [6] Thiele H, Zeymer U, Thelemann N, et al. Intra-aortic balloon pump in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: long-term 6-year outcome of the randomized IABP-SHOCK II trial [J]. *Circulation*, 2018, 22(8): 2405-2414.
- [7] Sandhu A, McCoy LA, Negi SI, et al. Use of mechanical circulatory support in patients undergoing percutaneous coronary intervention: insights from the National Cardiovascular Data Registry [J]. *Circulation*, 2015, 132(13): 1243-1251.
- [8] Backhaus T, Fach A, Schmucker J, et al. Management and predictors of outcome in unselected patients with cardiogenic shock complicating acute ST-segment elevation myocardial infarction: results from the Bremen STEMI Registry [J]. *Clin Res Cardiol*, 2018, 107(5): 371-379.
- [9] Mao CT, Wang JL, Chen DY, et al. Benefits of intra-aortic balloon support for myocardial infarction patients in severe cardiogenic shock undergoing coronary revascularization [J]. *PLoS One*, 2016, 11(8): e0160070.
- [10] Schwarz B, Abdel-Wahab M, Robinson DR, et al. Predictors of mortality in patients with cardiogenic shock treated with primary percutaneous coronary intervention and intra-aortic balloon counterpulsation [J]. *Med Klin Intensivmed Notfmed*, 2016, 111(8): 715-722.
- [11] Kohl LP, Leimberger JD, Chiswell K, et al. Clinical characteristics and outcomes after unplanned intra-aortic balloon counterpulsation in the Counterpulsation to Reduce Infarct Size Pre-PCI Acute Myocardial Infarction trial [J]. *Am Heart J*, 2016, 174: 7-13.
- [12] 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.
- [13] van Nunen LX, van't Veer M, Schampaert S, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation reduces mortality in large anterior myocardial infarction complicated by persistent ischaemia: a CRISP-AMI substudy [J]. *EuroIntervention*, 2015, 11(3): 286-292.
- [14] van Nunen LX, van't Veer M, Zimmermann FM, et al. Intra-aortic balloon pump counterpulsation in extensive myocardial infarction with persistent ischemia: the SEMPER FI pilot study [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 95(1): 128-135.
- [15] Perera D, Stables R, Thomas M, et al. Elective intra-aortic balloon counterpulsation during high-risk percutaneous coronary intervention: a randomized controlled trial [J]. *JAMA*, 2010, 304(8): 867-874.
- [16] Yuan L, Nie SP. Efficacy of intra-aortic balloon pump before versus after primary percutaneous coronary intervention in patients with cardiogenic shock from ST-elevation myocardial infarction [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2016, 129(12): 1400-1405.
- [17] Zehetgruber M, Mundigler G, Christ G, et al. Relation of hemodynamic variables to augmentation of left anterior descending coronary flow by intra-aortic balloon pulsation in coronary artery disease [J]. *Am J Cardiol*, 1997, 80(7): 951-955.
- [18] Kimura A, Toyota E, Lu S, et al. Effects of intra-aortic balloon pumping on septal arterial blood flow velocity waveform during severe left main coronary artery stenosis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1996, 27(4): 810-816.
- [19] Deppe AC, Weber C, Liakopoulos OJ, et al. Preoperative intra-aortic balloon pump use in high-risk patients prior to coronary artery bypass graft surgery decreases the risk for morbidity and mortality—A meta-analysis of 9, 212 patients [J]. *J Card Surg*, 2017, 32(3): 177-185.
- [20] Ouweneel DM, Eriksen E, Sjaun KD, et al. Percutaneous mechanical circulatory support versus intra-aortic balloon pump in cardiogenic shock after acute myocardial infarction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69(3): 278-287.
- [21] Dhruva SS, Ross JS, Mortazavi BJ, et al. Association of use of an intravascular microaxial left ventricular assist device vs intra-aortic balloon pump with in-hospital mortality and major bleeding among patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock [J]. *JAMA*, 2020, 323(8): 734-745.
- [22] 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.
- [23] Thiele H, Sick P, Boudriot E, et al. Randomized comparison of intra-aortic balloon support with a percutaneous left ventricular assist device in patients with revascularized acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock [J]. *Eur Heart J*, 2005, 26(13): 1276-1283.
- [24] Truby LK, Takeda K, Mauro C, et al. Incidence and implications of left ventricular distention during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *ASAIO J*, 2017, 63(3): 257-265.
- [25] Makdisi G, Wang IW. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology [J]. *J Thorac Dis*, 2015, 7(7): E166-E176.
- [26] Meani P, Gelsomino S, Natour E, et al. Modalities and effects of left ventricle unloading on extracorporeal life support: a review of the current literature [J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19 suppl 2: 84-91.
- [27] Petroni T, Harrois A, Amour J, et al. Intra-aortic balloon pump effects on macrocirculation and microcirculation in cardiogenic shock patients supported by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Crit Care Med*, 2014, 42(9): 2075-2082.
- [28] 侯剑峰, 陈凯, 唐汉麟, 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.
- [29] Lin LY, Liao CW, Wang CH, et al. Effects of additional intra-aortic balloon counter-pulsation therapy to cardiogenic shock patients supported by extra-corporeal membranous oxygenation [J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 23838.
- [30] Koudoumas D, Malliaras K, Theodoropoulos S, et al. Long-term intra-aortic balloon pump support as bridge to left ventricular assist device implantation [J]. *J Card Surg*, 2016, 31(7): 467-471.
- [31] den Uil CA, Galli G, Jewbali LS, et al. First-line support by intra-aortic balloon pump in non-ischaemic cardiogenic shock in the era of modern ventricular assist devices [J]. *Cardiology*, 2017, 138(1): 1-8.

收稿日期: 2020-12-01