

· 论著 · 获得性心脏病 ·

# 体外膜肺氧合联合主动脉内球囊反搏在心脏术后的应用



周小宇, 梁振兴, 程行东, 郭炯, 徐敬

郑州大学第一附属医院 心外三科(郑州 450000)

**【摘要】** 目的 探讨体外膜肺氧合联合主动脉内球囊反搏术在心脏术后急性心力衰竭中的应用。方法 回顾性分析 2012 年 10 月至 2017 年 10 月郑大一附院心外三科因急性心力衰竭接受体外膜肺氧合联合主动脉内球囊反搏治疗的 38 例患者的临床资料, 探索联合应用在心脏术后中的作用。结果 24 名患者成功撤离机械辅助装置, 其中 16 名患者存活出院。其中死亡组肾功能衰竭的发生率显著高于生存组, 且有统计学意义。在不能脱机组的患者中, 混合静脉血氧饱和度未见明显好转。结论 体外膜肺氧合联合主动脉内球囊反搏可能具有协同作用, 在心脏术后急性心力衰竭的治疗中起到一定的辅助作用。

**【关键词】** 体外膜肺; 主动脉内球囊反搏; 急性心力衰竭; 心脏术后

主动脉内球囊反搏术 (Intra Aortic Balloon Counterpulsation, IABP) 是一种通过增加心脏舒张期冠状动脉的血流, 同时降低左心室收缩时的后负荷, 进而帮助心脏恢复功能的装置。故 IABP 可以帮助心功能较差, 特别是刚经历过心脏手术出现急性心力衰竭的患者恢复心脏功能。同时 IABP 还可以在在一定程度上改善内脏器官的血流量, 增加 10~20% 的心输出量, 从而为满足人体新陈代谢的需要提供帮助<sup>[1]</sup>。IABP 是目前治疗急性心力衰竭患者最常用的机械辅助装置, 对于心脏术后的患者而言, 其心力衰竭及心肌损伤往往是可逆的, 因此及时的机械辅助, 对于此类患者的术后恢复及抢救有着很重要的作用<sup>[2-3]</sup>。

体外膜肺氧合 (Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO) 的工作原理是将患者体内循环系统的部分血液吸出体外, 通过人工膜肺结合氧气, 然后再次泵回患者循环中。此种机械设备改善了整个身体的氧气供应, 为由心肺功能受损所引起的血氧下降、心脏功能不全提供了一些帮助。此外, 静脉-动脉型的 ECMO 可通过减少静脉血流从而减轻心脏的前负荷, 进而减轻心脏工作时的需氧量, 因此 ECMO 也可以用来治疗急性心力衰竭<sup>[4]</sup>。但是, 对于静脉-股动脉模式的 ECMO 来说, 当流量增加时, 左心室后负荷相应增加, 此种情况有可

能限制主动脉瓣的开放, 影响左心室的射血功能, 甚至有可能导致左心室内的血栓形成<sup>[5-6]</sup>。

对于这两种机械辅助装置来说, 单一使用往往都不能在心脏术后的重症心衰患者中取得理想的效果, 而联合使用 IABP 和 ECMO 在理论上可以起到协同作用和互补作用<sup>[7]</sup>。本文的目的是探讨 ECMO 联合 IABP 治疗成人心脏术后心力衰竭的临床作用。

## 1 临床资料与方法

### 1.1 病人资料

2012 年 10 月至 2017 年 10 月, 郑大一附院心外三科共收治 38 例急性心力衰竭的患者接受 ECMO 和 IABP 联合治疗。其中男性 24 人, 女性 14 人, 平均年龄为 58±11 岁 (范围 24-70 岁), 详见表一。诊断标准: 冠心病患者均采用选择性冠脉造影术确定冠脉病变情况; 由 2 名以上超声医师诊断入组患者的心脏结构性病变; 采用 12 导联心电图采集入组患者心电图数据, 由 2 名以上心电图室医师诊断患者心电图变化。其接受的手术操作见表二。入组患者联合 ECMO 及 IABP 应用时应遵循以下标准: 先行接受 IABP 治疗的患者, 若平均动脉压 < 50 mmHg、左房压 > 20 mmHg、尿量 < 0.5 ml/kg/h 或者血气分析 PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg, 考虑联合应用 ECMO 治疗; 先行接受 ECMO 治疗的患者, 若平均动脉压 < 50 mmHg、左房压 > 20 mmHg、尿量 < 0.5 ml/kg/h 或心脏彩超显示主动脉瓣开瓣异常,

DOI: 10.7507/1007-4848.201801018

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (81700236)

通信作者: 徐敬, Email: xujing00111@sina.com

表 1 入组病人基本情况

病人组	平均数±标准差 / 例数 (百分比)
年龄	57±10
平均动脉压 (mmHg)	50±8
LVEF<0.45 (%)	27 (71%)
NYHA 心功能分级	
II	6 (15.8%)
III	20 (52.6%)
IV	12 (31.6%)
并发症	
糖尿病 (%)	13 (34.2%)
肌酐清除率<80ml / min (%)	13 (34.2%)
Child-Pugh>7 (%)	12 (31.6%)
冠状动脉疾病	30 (78.9%)
心绞痛 CCS 分级	
II	5 (16.6%)
III	17 (56.7%)
IV	8 (26.7%)
心肌梗死病史	10 (26.3%)
心脏瓣膜病史	10 (26.3%)
左心室舒张末期内径 (mm)	
>70	3 (7.8%)
<40	2 (5.3%)

表 2 入组患者行手术治疗情况及机械辅助装置上机顺序

手术名称	数量	IABP+ECMO	ECMO+IABP
CABG	17	16	1
CABG+瓣膜手术	5	4	1
CABG+左心重塑	4	1	3
CABG+射频消融	2	2	-
CABG+室间隔穿孔修复	2	2	-
瓣膜手术	5	1	4
室缺修补术	3	1	2
总计	38	27	11

应考虑联合应用 IABP 治疗。其中 27 例患者首先接受了 IABP 治疗,但是无法保持足够的循环稳定,然后接受 ECMO 治疗;另 11 例患者先接受 ECMO 治疗,后因左心室后负荷增加导致主动脉瓣开放受限制或无法维持循环系统的稳定而接受 IABP 治疗。该研究获得所有参与者的知情同意。

**1.1.1 IABP 安置方法** 对于所有患者,将股动脉

插管用于气囊放置 (Seldinger 方法)。将球囊的尖端放置在与左锁骨下动脉交界处 1 cm 处。手术结束后,使用 X 线检查气囊定位,所有患者均使用 40 ml 的球囊。

**1.1.2 IABP 维护方法** 心电或者主动脉压力被用作触发器;对于使用 ECG 的患者来说,使用 R 波的下降部分 (代表主动脉瓣的闭合) 来校准反搏间隔,反搏比例为 1:1。如果患者正性肌力药物应用较少,则反搏比例逐渐降低至 1:4,如果血流动力稳定,则考虑撤出 IABP。

**1.1.3 ECMO 安置方式** 所有患者均采用静脉-动脉 (V-A) 模式。所用的离心泵是 Medtronic 公司 Bio-Console®560。38 例均行静脉-股动脉 ECMO 治疗。

**1.1.4 ECMO 维护** 在 ECMO 上机期间,维持患者体温在 36℃ ~ 37℃ 之间。静脉引流负压维持在 30 mmHg 以内,膜肺充氧器吸收浓度为 60% 的氧,ECMO 流量维持在 2 ~ 4L/min 左右。肝素作为抗凝剂给药,维持活化凝血时间 (Activated Clotting Time of Whole Blood, ACT) 为 160 ~ 200 秒,血小板计数高于 30\*10<sup>9</sup>/L。机械通气模式采用同步间歇指令通气联合压力支持 (SIMV+PS) 模式,对于气道高压或者肺的顺应性差的患者,采用压力控制通气 (PCV)。呼吸频率设定为 8-15 次/分,潮气量为 6-10ml/kg,压力支持 10cmH<sub>2</sub>O,吸入氧气浓度为 40 ~ 50%,气道峰值压力为 20cmH<sub>2</sub>O,在呼吸结束时施加 <8 mmHg 的正压值以维持肺泡扩张。在患者脱离 ECMO 之前,评估其状况,调整呼吸机参数,之后减少 ECMO 流量。当 ECMO 流量达到 0.5-1L/min 或以下时,观察患者情况,若循环系统稳定,则停止机器并取出套管。每天须完善超声心动图和胸部平片动态观察心脏和肺的功能,常规检查患者血气及各种生化指标。严密监测患者心律,及时纠正心律失常,维持患者内环境稳定。所有有创操作均应坚持严格无菌,一旦患者病情稳定,尽快撤机,以防止呼吸系统及其他并发症。

## 1.2 数据采集

在以下时间点收集数据:在患者返回重症监护病房 (ICU) 进行 ECMO 及 IABP 治疗时 (T1),上机 12 小时后 (T2)、24 小时后 (T3) 和 48 小时后 (T4) 的数据。收集以下数据:平均动脉压 (Mean Arterial Pressure, MAP),中心静脉压 (Central Venous Pressure, CVP),血乳糖 (Blood Lactose, Lac),混合静脉血氧饱和度 (Mixed Venous Oxygen Saturation, SvO<sub>2</sub>) 和正性肌力药物应用 (inotropic

equivalence, IE) 评分<sup>[8]</sup>。

### 1.3 统计分析

应用 SPSS 20.0 统计程序进行统计分析。定量数据显示为具有标准偏差的平均值 ( $\bar{x} \pm sd$ )。用配对  $t$  检验来检验不同时间点的连续变量,  $P < 0.05$  时认为有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 生存率和预后

24 名患者成功从机械性生命支持系统撤机; 在这些患者中, 撤机后有 8 名患者死于各种并发症, 16 名患者存活出院。14 名患者无法脱离机械性生命支持, 其中 12 名患者因心脏无法恢复功能而死亡, 另有 2 例患者在家属决定放弃治疗后撤出机械性生命支持系统。除了这 2 例放弃治疗的患者外, 两种机械循环支持方法联合应用的生存率为 44%。平均 ECMO 支持时间为 72 小时 (48 ~ 120 小时); 平均 IABP 支持时间为 84 小时 (52 ~ 168 小时)。

### 2.2 并发症

除去 2 名放弃治疗的患者, 其余 36 名患者共发生 58 次机械循环支持相关并发症。其中肾功能衰竭 24 例, 感染 13 例, 人工膜肺故障 6 例, 出血 7 例, 肢体缺血 5 例, 神经系统并发症 3 例。存活出院的 16 例患者中 (生存组) 共发生并发症 24 例, 在 20 例不存活的患者中 (死亡组), 总共有 34 例并发症发生。在死亡组中, 肾衰的发生率显著高于存活组 ( $P < 0.05$ )。在 24 例肾功能受损的病例中, 有 22 例接受肾脏替代治疗。详见表 3。

### 2.3 各时间点生命体征数据对比

总体来说, 随着机械辅助装置的应用, MAP、CVP、Lac、SvO<sub>2</sub> 和 IE 等指标都趋向好转。在脱机组的患者中, 越长时间的机械支持, MAP、CVP、Lac、SvO<sub>2</sub> 以及 IE 等指标越趋向于好转; 在不能脱机组的患者中, 长时间的机械支持使 MAP、CVP、Lac 以及 IE 等指标趋向于好转, 而 SvO<sub>2</sub> 未见明显好转。详见表 4。

## 3 讨论

本研究最初包括 38 名患者, 除去中途放弃治疗的 2 例患者, 其余患者在总体循环方面均有所改善。24 例患者成功脱离机械循环支持装置, 16 例存活至出院。这表明 ECMO 和 IABP 的联合治疗可以用来治疗心脏术后急性心力衰竭的患者, 并且两种方法可以互相补充。除去退出治疗的 2 例患

表 3 入组患者在机械辅助装置辅助中出现的并发症及比例

并发症类型	生存组 (n=16)		死亡组 (n=20)	
	出现次数	百分比 (%)	出现次数	百分比 (%)
肾功能衰竭	6	25	18	52.9
出血	4	16.7	3	8.8
重症感染	6	25	7	20.6
人工膜肺故障	4	16.7	2	5.9
肢体缺血	2	8.3	3	8.9
神经系统并发症	2	8.3	1	2.9
总计	24	100	34	100

表 4 脱机组与不能脱机组各时间点生命体征数据对比

	T1	T2	T3	T4
MAP (mmHg)				
脱机组	51±2	58±2 <sup>#</sup>	61±2 <sup>#</sup>	18±2 <sup>#</sup>
不能脱机组	48±2 <sup>*</sup>	51±8 <sup>#*</sup>	49±3 <sup>#*</sup>	21±2 <sup>*</sup>
CVP (mmHg)				
脱机组	18±2	17±2	15±3 <sup>#</sup>	13±3 <sup>#</sup>
不能脱机组	22±2 <sup>*</sup>	21±4 <sup>*</sup>	19±3 <sup>*</sup>	18±4 <sup>#*</sup>
Lac (mmol/L)				
脱机组	17.6±2.7	16.4±3.5	11.8±4.3 <sup>#</sup>	8.6±4.5 <sup>#</sup>
不能脱机组	17.8±3.8	18.2±3.4	12.6±5.1 <sup>#</sup>	12.4±4.1 <sup>#*</sup>
SvO <sub>2</sub> (%)				
脱机组	62±6	68±6 <sup>#</sup>	71±4 <sup>#</sup>	73±3 <sup>#</sup>
不能脱机组	62±8	64±3 <sup>*</sup>	65±3 <sup>*</sup>	61±3 <sup>*</sup>
IE (μg kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )				
脱机组	27±3	22±3 <sup>#</sup>	17±4 <sup>#</sup>	12±4 <sup>#</sup>
不能脱机组	30±2 <sup>*</sup>	26±3 <sup>#*</sup>	23±4 <sup>#*</sup>	22±4 <sup>#*</sup>

注: \*在同一时间点, 脱机组与不能脱机组之间的对比, 且  $P < 0.05$ ; #与同组 T1 时间点相对比, 且  $P < 0.05$

者, 本研究 36 名患者出现了共 58 次并发症损伤。机械循环支持装置可能导致出血、严重感染、肾功能衰竭等不良事件<sup>[9-10]</sup>。在此次研究中, 机械循环支持中出现的并发症包括: 肾功能衰竭 41.3%、严重感染 22.4%、人工膜肺功能障碍 10.3%、出血 12.2%、肢体缺血 8.6%、神经系统并发症 5.2%。而最近发表的关于 ECMO 治疗的荟萃分析中显示给予 ECMO 治疗的患者中出现的各种并发症的比例为: 肾功能衰竭 52%, 出血 33%, 细菌性肺炎 33%, 败血症 26% 以及 29% 的氧合器功能障碍<sup>[11]</sup>。肾功能衰竭是本次研究中发病率最高的并发症, 并且脱机组与不能脱机组相比有显著的统计学差异



( $P < 0.05$ )。机械循环支持下的肾功能衰竭往往是多种因素的结果: 1、机械循环辅助装置往往都是传统药物治疗无效之后的终极手段, 此时的心肺功能已经严重受损; 2、高剂量的血管收缩药物会导致流经肾脏的血液减少, 肾小球滤过率明显降低, 肾前性少尿明显。3、肾脏功能的损伤会导致循环容量及电解质难以控制, 从而更加依赖 ECMO 等机械循环辅助装置。在我们的研究中, 24 例临床诊断肾衰竭的患者, 有 22 例接受了血液透析治疗<sup>[12]</sup>。出血是机械循环辅助装置早期常见的并发症, 本研究中共有 7 例出血并发症, 且多出现在手术部位和消化道, 这与全身的肝素化以及手术中止血的严密程度都有着密切的关系。对于肢体缺血的并发症来说, 如果患者有动脉粥样硬化或血管狭窄等疾病, 若再加上机械循环装置的套管选择不恰当, 则很可能出现下肢缺血<sup>[13]</sup>。因此, 为了减少肢体缺血情况的发生, 应选择合适的套管模型, 有条件的还应该建立股动脉插管部位与动脉远端之间的动脉旁路, 确保远端肢体的血液供应。同时在本研究中我们发现, ECMO 和 IABP 支持的患者, 其血清中的游离血红蛋白以及胆红素都会显著升高, 这可能和机械辅助装置破坏血小板以及 ECMO 高流量运转时对红细胞的破坏作用有关。

在此次研究过程中, 11 例患者首先出现血氧饱和度下降, 故使用了 ECMO 支持后再进行 IABP 治疗; 其余 27 例患者则首先由于血压无法维持, 出现急性心力衰竭等原因率先使用 IABP 辅助心脏功能, 在无法维持稳定的循环后才进行联合 ECMO 治疗<sup>[14]</sup>。在 ECMO 和 IABP 的使用顺序上, 目前还没有明确的答案<sup>[15-17]</sup>。在我们本次研究中, 我们考虑 IABP 能够增加冠脉的血液供应, 减少心脏后负荷, 并且在需要较少抗凝药物的同时得到比较好的疗效, 因此对于仍有部分心脏功能的患者, IABP 可首先实施, 如果仍然不能维持稳定的循环状态, 可以再考虑加入 ECMO<sup>[18-19]</sup>。而对于氧分压持续过低或者心脏结构明显改变的患者, 应该首先考虑 ECMO, 以期减少患者的创伤和医疗费用。

尽管联合 IABP 和 ECMO 治疗, 本研究的死亡率仍然较高, 回顾其失败的原因, 可能包括: 1、心源性疾病过于严重, 心功能不能恢复。在研究中可见顺利撤机组的 MAP、CVP、 $SvO_2$  和 IS 方面表现都较好, 但是在乳酸积累方面, 脱机组和不能顺利脱机组并无明显统计学差异, 考虑可能与心源性疾病过于严重, 细胞酸中毒积累过多有关; 2、机械循环支持时机选择不恰当, 往往上机时心脏及肝脏、

肾脏等重要器官的损害已经不可逆转; 3、发生严重的并发症, 本次研究中, 24 名患者成功脱离机械辅助装置, 其中却有 8 例患者死于并发症, 例如肾功能衰竭、中枢神经系统并发症等。总之, 对于心脏术后急性心力衰竭的病人, 如果有明确的指征, 应及时建立机械循环装置辅助, 减少正性肌力药物的应用, 及时挽救患者生命; 另外一方面, 应尽可能防止与机械循环支持有关的并发症, 进一步提高生存率<sup>[20-22]</sup>。

有证据表明, ECMO 合并 IABP 是相辅相成的<sup>[19]</sup>。在我们的研究中, 对于能够顺利脱机的病人, 患者的支持时间越长, 其在 MAP、CVP、Lac、 $SvO_2$  等方面的表现越好; 对于不能顺利脱机的病人, 其 MAP、CVP、Lac 等方面的表现随着上机时间的增加表现越好, 但  $SvO_2$  指标并没有随着转机时间的增加而好转, 这可能与其本身的心肺功能严重衰竭有关系。因此, 当单独使用 IABP 或 ECMO 治疗心脏术后急性心力衰竭的患者无法取得满意疗效时, 可以将两种方法结合起来, 提高抢救成功的机会, 同时积极预防和治疗相关并发症, 以改善预后<sup>[23-24]</sup>。

#### 参考文献

- 1 Hedayati N, Sherwood J T, Schomisch S J, *et al.* Circulatory benefits of diastolic counterpulsation in an ischemic heart failure model after aortomyoplasty. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 2002, 123(6): 1067-1073.
- 2 Dirusso G B, Martin G R. Extracorporeal membrane oxygenation for cardiac disease: No longer a mistaken diagnosis. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery: Pediatric Cardiac Surgery Annual*, 2005, 8(1): 34-40.
- 3 Schmidt M, Tachon G, Devilliers C, *et al.* Blood oxygenation and decarboxylation determinants during venovenous ECMO for respiratory failure in adults. *Intensive Care Medicine*, 2013, 39(5): 838-846.
- 4 Stulak J M, Dearani J A, Burkhart H M, *et al.* ECMO cannulation controversies and complications. *Seminars in Cardiothoracic & Vascular Anesthesia*, 2009, 13(3): 176.
- 5 Bahekar A, Singh M, Singh S, *et al.* Cardiovascular outcomes using intra-aortic balloon pump in high-risk acute myocardial infarction with or without cardiogenic shock: a meta-analysis. *Journal of Cardiovascular Pharmacology & Therapeutics*, 2012, 17(1): 44.
- 6 Vohra H A, Dimitri W R. Elective intraaortic balloon counterpulsation in high-risk off-pump coronary artery bypass grafting. *Journal of Cardiac Surgery*, 2006, 21(1): 1-5.
- 7 Mcenany M T, Kay H R, Buckley M J, *et al.* Clinical experience with intraaortic balloon pump support in 728 patients. *Circulation*, 1978, 58(2): 124-132.
- 8 Wernovsky G, Wypi J D, Jonas R A, *et al.* Postoperative course and hemodynamic profile after the arterial switch operation in neonates and infants. A comparison of low-flow cardiopulmonary

- bypass and circulatory arrest. *Circulation*, 1995, 92(8): 2226-2235.
- 9 Bisdas T, Beutel G, Warnecke G, *et al.* Vascular Complications in Patients Undergoing Femoral Cannulation for Extracorporeal Membrane Oxygenation Support. *The Annals of thoracic surgery*, 2011, 92(2): 626-631.
  - 10 Pieri M, Turla O G, Calabrò M G, *et al.* A new phosphorylcholine-coated polymethylpentene oxygenator for extracorporeal membrane oxygenation: a preliminary experience. *Perfusion*, 2013, 28(2): 132-137.
  - 11 Zangrillo A, Landoni G, Biondi-zoccai G, *et al.* A meta-analysis of complications and mortality of extracorporeal membrane oxygenation. *Critical Care & Resuscitation Journal of the Australasian Academy of Critical Care Medicine*, 2013, 15(3): 172-178.
  - 12 Dosluoglu H H, Dryjski M L. External femorofemoral bypass to relieve acute leg ischemia during circulatory assist. *Vascular*, 2004, 12(3): 198-201.
  - 13 Kasirajan V, Simmons I, King J, *et al.* Technique to prevent limb ischemia during peripheral cannulation for extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion*, 2002, 17(6): 427.
  - 14 Marasco S F, Lukas G, McDonald M, *et al.* Review of ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation) Support in Critically Ill Adult Patients. *Heart, Lung and Circulation*, 2008, 17(Supplement 4): S41-S47.
  - 15 Cheng J M, Valk S D, Denuil C A, *et al.* Usefulness of intra-aortic balloon pump counterpulsation in patients with cardiogenic shock from acute myocardial infarction. *The American journal of cardiology*, 2009, 104(3): 327-332.
  - 16 Prondzinsky R, Lemm H, Swyter M, *et al.* Intra-aortic balloon counterpulsation in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: the prospective, randomized IABP SHOCK Trial for attenuation of multiorgan dysfunction syndrome. *Critical care medicine*, 2010, 38(1): 152-160.
  - 17 Chang S N, Hwang J J, Chen Y S, *et al.* Clinical experience with intra-aortic balloon counterpulsation over 10 years: a retrospective cohort study of 459 patients. *Resuscitation*, 2008, 77(3): 316-324.
  - 18 Gill B S, Nevillekhhan A M, Jr C C, *et al.* Delayed institution of extracorporeal membrane oxygenation is associated with increased mortality rate and prolonged hospital stay. *Journal of Pediatric Surgery*, 2002, 37(1): 7-10.
  - 19 Madershahian N, Wippermann J, Liakopoulos O, *et al.* The acute effect of IABP-induced pulsatility on coronary vascular resistance and graft flow in critical ill patients during ECMO. *Journal of Cardiovascular Surgery*, 2011, 52(3): 411-418.
  - 20 Gao Z W, Huang Y Z, Zhao H M, *et al.* Impact of Intra-Aortic Balloon Counterpulsation on Prognosis of Patients with Acute Myocardial Infarction: A Meta-Analysis. *Acta Cardiologica Sinica*, 2017, 33(6): 567-577.
  - 21 Sjauw K D, Engstrom A E, Vis M M, *et al.* A systematic review and meta-analysis of intra-aortic balloon pump therapy in ST-elevation myocardial infarction: should we change the guidelines? *European heart journal*, 2009, 30(4): 459-468.
  - 22 Ye L, Zheng M, Chen Q, *et al.* Effects of intra-aortic balloon counterpulsation pump on mortality of acute myocardial infarction. *PLoS One*, 2014, 9(9): e108-e356.
  - 23 Ma P, Zhang Z, Song T, *et al.* Combining ECMO with IABP for the Treatment of Critically Ill Adult Heart Failure Patients. *Heart, Lung and Circulation*, 2014, 23(4): 363-368.
  - 24 Schroeter T, Vollroth M, Hobartner M, *et al.* [Influence of ECMO and IABP on coronary blood flow. Valuable combination or waste of resources?]. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin*, 2015, 110(3): 210-216.

本文编辑: 刘雪梅