

## • 综述 •

## 体外心室辅助治疗心源性休克的临床应用现状

李平<sup>1</sup> 徐博翎<sup>2</sup> 吴婷婷<sup>2</sup> 董念国<sup>1</sup>

**[摘要]** 心源性休克常发于终末期心力衰竭(心衰)急性恶化以及急性心肌梗死患者,是由于各种原因导致的心脏泵功能严重衰退,造成血流动力学急剧不稳、重要器官灌注严重不足的临床综合征,是心衰患者死亡的重要原因。在最佳药物治疗和行冠状动脉(冠脉)血管再通术等非药物治疗措施无效后,这类患者可以使用短期机械循环辅助系统,借此维持血流动力学稳定,保证脏器有效灌注,改善心功能和降低心脏负荷。本文综述了外周机械循环辅助以及外科体外心室辅助治疗心源性休克的临床应用现状。依据本文临床数据分析结果,外科体外心室辅助装置在心源性休克病症治疗的应用中具有生存率高、并发症种类少且发生率低、支持时间长等明显优势,在合适的患者群体中可能具有更好的治疗效果,且有望更加适合于我国国情下的急性心衰治疗和移植前过渡支持。

**[关键词]** 心室辅助装置;心源性休克;机械循环辅助

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1439.2021.06.002

**[中图分类号]** R654.2 **[文献标志码]** A

**Extracorporeal ventricular assist device for acute cardiogenic shock: a review**LI Ping<sup>1</sup> HSU Po-Lin<sup>2</sup> WU Tingting<sup>2</sup> DONG Nianguo<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Department of Cardiovascular Surgery, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430022, China; <sup>2</sup>Artificial Organ Technology Lab, Soochow University, School of Mechanical and Electrical Engineering)

Corresponding author: DONG Nianguo, E-mail: dongnianguo@hotmail.com

**Summary** Cardiogenic shock(CS) often occurs in patients suffering from rapid progression of end-stage heart failure or acute myocardial infarction. It is a state of circulatory failure due to insufficient cardiac output. CS can lead to severe ischemia, hypoxia, metabolic impairment and multi-organ failure and remain the major cause of death in heart failure patients. Mechanical circulatory support may be used for patients, who do not response to optimal medication or revascularization, to stabilize hemodynamics, recover organ perfusion, improve the cardiac function, and unload the failing ventricle. This paper reviews the clinical use of percutaneous mechanical circulatory support devices and surgical extracorporeal ventricular assist devices(Extra-VADs) on cardiogenic shock patients. Extra-VADs have the advantage of high survival rate, less complications, capability for extended support duration. Extra-VADs hold good potential in well-selected patient group and can be promising for acute heart failure treatment and bridge to transplant support in China.

**Key words** ventricular assist device; cardiogenic shock; mechanical circulatory support

**1 心源性休克**

据世界卫生组织统计,心血管疾病占全球总死亡数的31%,已经成为人类头号杀手。当前心血管病患者已达到3.3亿<sup>[1]</sup>。心力衰竭(心衰)是心血管疾病发展的严重阶段,代表心脏泵功能衰退,无法为各器官提供足够的血液灌注。心源性休克常发于终末期心衰急性恶化期以及急性心肌梗死患者,是由于各种原因导致的心脏泵功能严重衰退,引起心输出量显著减少、血压下降、重要脏器和组织灌注严重不足,是心衰患者死亡的重要原因,

心源性休克病死率极高,住院病死率高达67%<sup>[2]</sup>。

在最佳药物治疗和行冠状动脉(冠脉)血管再通术等非药物治疗措施无效后,心源性休克患者可短期应用机械循环辅助(mechanical circulatory support, MCS)治疗,借此维持血流动力学稳定,保证脏器有效灌注,改善心功能和降低心脏负荷<sup>[3-4]</sup>。目前国际上有多种短期MCS技术可用于心源性休克的桥梁过渡,包括外周MCS装置如主动脉内球囊反搏装置(intra-aortic balloon pump, IABP)、Impella、TandemHeart、静脉-动脉体外膜肺氧合(veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO)以及短期体外心室辅助装置(extracorporeal VAD, ExtraVAD)如CentriMag<sup>[5-7]</sup>。目前我国自主研发的短期体外心室辅助系统MP-

<sup>1</sup>华中科技大学同济医学院附属协和医院心脏大血管外科(武汉,430022)

<sup>2</sup>苏州大学机电工程学院人工器官研究所

通信作者:董念国, E-mail: dongnianguo@hotmail.com

EX 也即将进入临床,本文将一并介绍。

使用短期 MCS 的心源性休克桥梁过渡终点可能有恢复、缓解、心脏移植或植入长期 VAD。然而患者在桥梁过渡期间病情变化多端,病程演变速度不一,导致最佳的治疗终点在辅助过程中往往难以明确判定。因此,针对此类患者的最优治疗手段、治疗时机与适用范围仍然存在争议<sup>[5,8]</sup>。鉴于我国在此次 COVID-19 疫情过后,对包括 VA-ECMO 在内的短期 MCS 技术使用大幅增长,我国自主研发的体外心室辅助系统也即将进入人体试验阶段,本综述旨在通过临床文献和数据,介绍现有的短期 MCS 技术以及体外心室辅助治疗心源性休克的临床现状与前景。

## 2 短期 MCS 技术概述

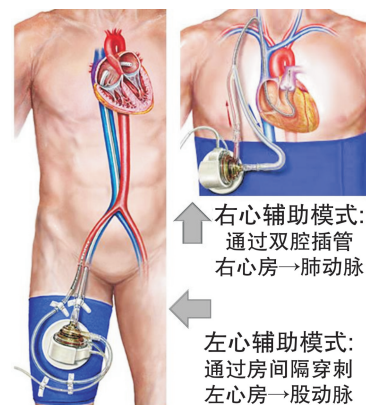
### 2.1 外周 MCS

**2.2.1 IABP** IABP 是放置在降主动脉的一个氮气驱动与心脏周期同步膨胀收缩的球囊:在心脏收缩期球囊充气抽扁,通过流体吸引降低左心室后负荷;在心脏舒张期球囊充气膨胀,将动脉血液推送回冠脉循环增加冠脉血流量。由于其介入尺寸仅 8~9 Fr,操作简单,必要时可在病床边介入使用,因此是各种心衰指征出现或高危冠脉介入手术保护的第一线辅助手段。然而,IABP 不能主动增加心排量,对灌注量贡献不到 1 L/min(Liter per minute, LPM),SHOCK II 临床试验结果已经显示 IABP 对降低心肌梗死造成心源性休克患者的 30 d 病死率没有明显影响,美国和欧洲分别在指南中将其推荐等级从 I 降到了 II a 和 II b,对于 IABP 应用于心源性休克治疗,临床至今仍存在不同意见<sup>[9-10]</sup>。

**2.2.2 Impella 系列** Impella 系列是基于一种产生连续流的微型轴流泵,包含已经获得 FDA、CE 批准用于临床左心辅助的 2.5、CP、5.0、LD 型号和右心辅助的 RP 型号,以及仍然在临床试验阶段的更新换代产品 ECP 和 5.5 型号。左心辅助的 Impella 产品经由股动脉穿刺或无名动脉切开术将带有血泵的导管逆行穿过主动脉瓣,将血液由左心室泵入升主动脉;右心辅助的 RP 装置则通过下腔静脉,通过右心房跨过肺动脉瓣,将血液由右心室泵入肺动脉。Impella 系列不同型号的介入尺寸以及最大流量不同(2.5:12 Fr/2.5 L/min;CP:14 Fr / 3.5 L/min;5.0:21 Fr/5 L/min;LD:21 Fr / 5 L/min)。Impella 能够直接降低心室体积(前负荷),并且能够一定程度地增加循环血流量。矫正患者病情严重度后,Impella 相比 IABP 可更有效地稳定血流动力学且和更高的生存率相关<sup>[11]</sup>。目前 Impella 与 VA-ECMO 并用(ECPELLA 或 ECMELLA)于严重心源性休克患者,可能提供更好的左心引流效果,多中心临床试验结果显示,ECPEL-

LA/ECMELLA 虽然并发症较高,但有更高的 30 d 生存率。Impella 使用与更高的血液相容性相关不良事件发生率有关,以溶血和出血为代表<sup>[12]</sup>。另一方面,Impella 单次耗材使用高达 2 万美金,在我国售价超过 20 万人民币,高昂的费用成为难以逾越的临床推广门槛。

**2.2.3 TandemHeart** TandemHeart 是通过外周方式置管(21 Fr)进入左心房或右心房,将血液通过体外的离心泵后经过 17~19 Fr 的灌注插管回动脉系统(图 1 为 TandemHeart 插管方式)。通过不同的外周插管,TandemHeart 可以实施左心或右心的辅助,也可以挂载 TandemLife 系列氧合器进行心肺联合支持。左心辅助时,TandemHeart 的外周引流插管通过股静脉进入右心房,通过房间隔穿刺将血液引流入口置入左心房中,再将灌注插管置入股动脉,建立心房到动脉的循环回路。右心辅助时,TandemHeart 可以通过特制的 Protek Duo 双腔 U 型插管由颈静脉置入,建立心房到肺动脉的循环回路。TandemHeart 在与其常规外周插管并用时,能够提供最大 4.5 L/min 的血流量。TandemHeart 丰富的配套耗材使其具有良好的扩展性;然而,房间隔穿孔的创伤性、机械轴承泵和细长插管带来的显著溶血、外周血管相关并发症如下肢缺血等仍使该装置使用时长受到限制<sup>[13]</sup>。目前 TandemHeart 及其系列产品尚未进入我国。



注:图片来源于 TandemLife。

图 1 Tandem Heart 插管方式

Figure 1 Tandem Heart cannulation

**2.2.4 VA-ECMO** VA-ECMO 一般用于同时出现循环衰竭指征的肺功能衰竭患者,一般通过股静脉将引流管道置入右心房,通过体外血泵和膜式氧合器将静脉血液进行气体交换后打入股动脉。VA-ECMO 一般能够提供 4.5~5.5 L/min 的血流量,可以满足短期维持重要器官循环需求;同时由于较小的创伤性,目前此抢救技术在我国的成长趋势十分明确,2020 年使用量已经达到 6000 台。总

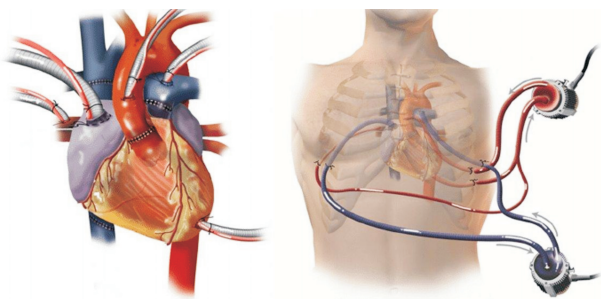
体而言,ECMO的膜式氧合器带来更高的血栓形成风险,增加了抗凝的复杂度;外周插管感染和下肢缺血风险提高了护理难度;回路中各个部件需要独立监测调整,对临床团队经验和人力资源要求都非常高。目前VA-ECMO的相关并发症很大程度上限制了装置使用时间、患者存活率以及长期预后效果<sup>[14-15]</sup>。其中,逆向血流造成的南北半球现象(Halequin effect)是极为常见的临床问题<sup>[16-17]</sup>。另一方面,逆向血流同时增加了左室后负荷,在严重心衰或心源性休克患者中常常引发严重的肺水肿、左室扩大、主动脉和二尖瓣反流、心室内血栓等严重并发症<sup>[18-20]</sup>。因此,合适有效的左心引流在这类患者管理时至关重要<sup>[21-22]</sup>。

## 2.2 外科 ExtraVAD

### 2.2.1 CentriMag

CentriMag是世界首个全磁悬浮的中短期体外心室辅助装置,可提供急性心源性休克发生时的左、右、双心支持,如图2 CentriMag插管方式。用于左心辅助时,引流插管(28~34Fr,根据患者体表面积选择)可以通过中央开胸或者肋间切口从左心房(左心耳或者肺静脉入路)或左心室尖缝合固定;灌注插管(22Fr)直接在主动脉根部吻合<sup>[23]</sup>。灌注插管也可以通过较低创伤的方式与锁骨动脉吻合<sup>[24]</sup>。用于右心辅助时,则是建立右心房到肺动脉的回路<sup>[25]</sup>。CentriMag能够直接降低心脏容积(前负荷),提供最大10 L/min的血流量,因此可以用于更广泛的患者群体。

目前CentriMag被认为是血泵血液相容性的金标准。虽然FDA和CE批准CentriMag用于体外心室辅助的支持时间为最长30 d,但是许多临床经验报道了超过30 d以上的使用<sup>[26-27]</sup>。日本的临床经验报道了CentriMag在心源性休克治疗预后优于外周MCS的结果<sup>[24]</sup>。CentriMag可以根据需求适配不同的插管,提供了治疗弹性。然而,CentriMag需要通过外科手术建立循环回路是主要的临床应用门槛,目前该装置尚未进入我国。



注:图片来源于 Springer Nature Group。

图2 CentriMag插管方式

Figure 2 CentriMag Cannulation

### 2.2.2 MP-EX

MP-EX(图3)是我国自主研发的

首个全磁悬浮中短期体外心室辅助系统,预期用于为各种原因引起的急性心衰和心源性休克患者提供暂时或短期(30 d以内)左心室或右心室或双心室的体外机械循环辅助。相较于CentriMag,MP-EX能提供最大8 L/min的血流量;在达到相同血液相容性的前提下,降低了系统体积和重量,提高了驱动系统的抗震性能,从而提升了设备的便携性和可用性,可应用于更加广泛的临床环境,如急诊、转运等复杂场景。MP-EX与CentriMag相同,均需外科手术置管建立回路。目前该产品已经进入注册阶段,完成了法规要求的体外性能验证测试以及临床前动物实验,确认了该装置的可靠性和安全性,即将开展正式临床试验。

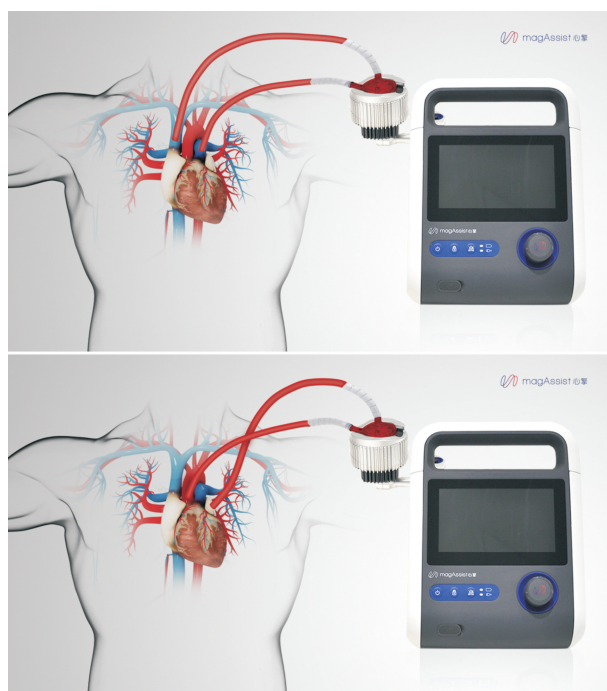


图3 MP-EX系统

Figure 3 MP-EX System

## 3 体外心室辅助治疗心源性休克效果

目前我国急性心源性休克患者常见的治疗手段是IABP和VA-ECMO,而SHOCK-II临床试验结果证明IABP对提高心源性休克患者生存率没有明确效果,Impella和TandemHeart已经退出我国市场或未在我国使用,本节将直接分析临床文献中,CentriMag(外科ExtraVAD)对比VA-ECMO(外周MCS)治疗急性心衰和心源性休克的各项指标。

### 3.1 生存率

2020年ELSO统计数据表明,全球范围内成人使用VA-ECMO心室辅助出院后生存率约为44%,与其他文献的生存率大致相同<sup>[28-29]</sup>。我国应用VA-ECMO救治患者的生存率高于国际水平,



最新统计生存率达到了 56%。

Borisenko 课题组对 CentriMag 作为心室辅助装置的不同应用终点进行了回顾分析:辅助心脏术前心源性休克 30 d 生存率为 66%(95%CI:54%~76%),心脏术后心源性休克 30 d 生存率为 41%(95%CI:30%~54%),心脏移植后排斥或失败 30 d 生存率为 54%(95%CI:39%~68%),左心辅助引发的右心衰竭 30 d 生存率为 61%(95%CI:46%~75%)<sup>[27]</sup>。表 1 汇总了文献中个别装置 30 d 生存率<sup>[27-31]</sup>。

Moonsamy 课题组于 2020 年在 JACC 上发表了基于 UNOS 数据库对 24 905 例心脏移植患者的回顾性分析,首次对 VA-ECMO、ExtraVAD 和植入式 LVAD 桥接心脏移植的生存率进行同期对比<sup>[32]</sup>。结果表明,过渡手段选择会明确影响心脏移植后生存率。同时,外科 ExtraVAD 的移植后 1 年生存率(84±3)%,和植入式 LVAD 的(90±0.4)%接近,不过生存效果显著优于 VA-ECMO 的(68±3)%。

表 1 VA-ECMO 与 ExtraVAD(CentriMag)生存率比较

Table 1 Comparison of survival rates between VA-ECMO and ExtraVAD(CentriMag)

作者	发表年份	期刊	研究时间	例数	30 d 生存率/%
外周 MCS(VA-ECMO)					
Truby et al	2015	ASAIO	2007—2013 年	179	44.7
Vallabhajosyula et al	2019	ASAIO	2000—2018 年	322	44.9
Flecher et al	2014	EJCTS	2005—2013 年	259	44
平均生存率					44.5
外科 ExtraVAD(CentriMag)					
Borisenko et al	2014	ASAIO	2003—2012 年	45	66
				32	41
				40	54
				58	61
Capoccia et al	2017	IJTCS	2009—2015 年	98	52
平均生存率					55.2

### 3.2 并发症

机械循环辅助常见并发症有出血、凝血或血栓、溶血、感染、神经性问题、装置故障等。图 4 为 VA-ECMO 与 ExtraVAD(CentriMag)并发症发生率对比图,表示 Borisenko 课题组对使用 CentriMag 的患者统计的并发症对比 Cheng、Vallabhajosyula、黑飞龙 3 个课题组的数据结果,总计 2256 例 VA-ECMO 患者的同类平均并发症<sup>[33]</sup>。可以看出,ExtraVAD 以优异的流场设计和全磁悬浮轴承设计,减少了由机械应力带来的血液损伤,降低血液相容性相关并发症的平均发生率;而 VA-ECMO 使用时因膜肺的大血液接触面需要辅以整体抗凝策略,增加了血液相关并发症的发生概率。Chung 等<sup>[34]</sup>从 11 984 例 VA-ECMO 患者临床数据中得出 VA-ECMO 出血并发症发生率为 62.1%,凝血或血栓发生率为 37.9%,高于上述 3 个课题组的数据。此外,VA-ECMO 诱发的神经性问题概率为 11.8%~33%<sup>[15,27,35]</sup>,肾功能障碍为 26%~68.8%<sup>[15,28,30,35-37]</sup>。ExtraVAD 诱发神经性问题发生率约 7%,肾功能障碍 28%。VA-ECMO 使用时常因为插管而导致四肢远端缺血(11.2%~25%),甚至引发截肢<sup>[15]</sup>。总的来说,ExtraVAD 在

短期心室辅助治疗心源性休克的应用上具有明显更低的并发症比例。

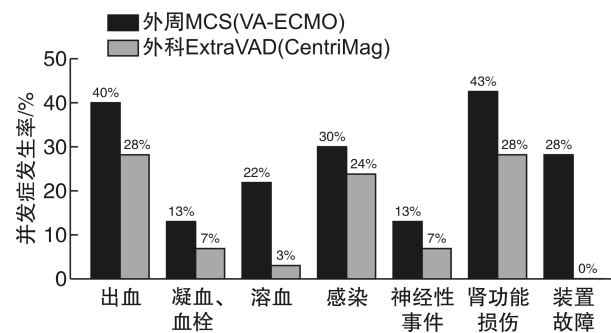


图 4 VA-ECMO 与 ExtraVAD(CentriMag)并发症发生率比较

Figure 4 Comparison of complication rates between VA-ECMO and ExtraVAD(CentriMag)

### 3.3 支持时间

VA-ECMO 回路中带有氧合器,而氧合器本身因为材料等设计缺陷,容易发生血浆渗透、血栓堵塞等原因导致的器械失效。因氧合器的寿命限制,VA-ECMO 使用时间多数低于 14 d<sup>[15,30,38]</sup>。ExtraVAD 本身具有良好的血液相容性和较低的并

症比例,诸多文献报道了超过 14 d 甚至 30 d 以上的使用,其中用于心脏手术后心源性休克平均时长为 25 d,用于难治性心衰过渡平均时长为 59 d<sup>[12,27,39]</sup>。

### 3.4 支持模式和终点

本文选择了 6 篇文献中记录有支持模式(包括左心、右心或双心室支持)、应用对象(包括心脏术前过渡支持、心脏术后心源性休克支持、心脏移植后排异、植入式左心辅助后引发右心衰竭)以及支持终点(包括心脏康复、过渡到长期植入式 VAD、心脏移植、死亡)的患者数据<sup>[27,39-42]</sup>。ExtraVAD 使用终点、模式、场景比例见图 5。其中使用模式的比例和美国 Moonsamy 课题组的统计研究接近<sup>[32]</sup>。

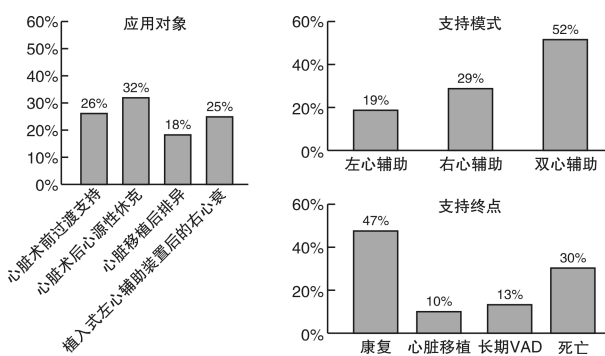


图 5 ExtraVAD 使用终点、模式、场景比例

Figure 5 Ratio of ExtraVAD application endpoints, assistance modes, indications

## 4 体外心室辅助装置应用前景

临床数据表明,外科 ExtraVAD 和较低的并发症发生率以及更长的稳定支持时间相关。若急性心衰或心源性休克患者的肺功能良好,且由于血流动力学不稳定导致最优临床决策不明,或具有潜在可逆性心衰,需要暂时性循环辅助时,外科 ExtraVAD 可望为此类患者提供更优选的桥接过渡手段。

近年来高端医疗设备自主研发和国产化在政府鼓励、临床需求、社会资本的推动下飞速向国际前沿追赶。我国在过去的 20 年间,已经成功实现了高端人工血管支架、人工机械和生物瓣膜的国产化,使得广大患者能够受益于更好产品的同时降低了医疗的综合成本,创造了巨大的社会价值。目前,作为危重症治疗的重要设备,我国自主研发的全磁悬浮中短期体外心室辅助系统也即将进入临床,ECMO 设备也正进入动物实验阶段,都取得了非常喜人的成绩。与此同时,新技术也促进了临床在救治患者时的思考,我们借鉴英国卫生院 NICE 对 CentriMag 的专家建议,从 3 个方面探讨外科 ExtraVAD 的应用前景和影响。

### 4.1 创新性

完全主动磁悬浮技术结合优化流道设计已经为人工心脏泵的血液相容性打开了新的可能性。

目前临床经验表明,结合完全磁悬浮以及优化的流道设计能够降低溶血、凝血等并发症,提供更长的使用时间以及更好的长期效果。因此,CentriMag 作为世界唯一进入临床使用的 ExtraVAD,其临床数据也直接证明了该技术创新的效益。

另一方面,由于完全磁悬浮 VAD 仰赖主动反馈控制系统精确控制驱动系统产生使转子悬浮的电磁力,因此当电源或控制系统故障时,无法通过手摇装置进行正常运行,需要更换马达或控制主机。此外,磁悬浮系统需要避免大磁场的干扰,使用环境需要注意。基于以上使用者体验的改变,在引入此疗法时,仍需对 ExtraVAD 使用人员进行培训,确保操作的安全性和熟练度。

### 4.2 患者影响

患者的临床受益主要来自于整体治疗方案的综合疗效。结合现有临床证据和专家经验,作者认为最适用外科 ExtraVAD 的心源性休克患者应包含以下诊断之一:①血流动力学不稳定导致暂时无法判定是否明确可以使用其他长期治疗方案或是否可以心脏移植的;②心脏手术后无法脱离体外循环的;③各种原因造成终末期心衰等待心脏移植前的桥接;④急性心肌梗死或爆发性心肌炎或急性心肌病引发的可逆性心功能障碍。

这些患者在应用 ExtraVAD 治疗后,更有可能过渡到康复,或者到临床可接受的稳定血流动力学状态从而判定长期的疗法(如心脏移植)。更进一步,更低的并发症概率,使得这些患者在过渡期间,一方面可能因为更低的器官微损伤带来更好的长期预后效果;另一方面则更可能受益于较少的其他治疗手段或更换耗材次数,从而带来较低的风险与总体治疗费用。

### 4.3 医疗系统影响

目前,严重心源性休克患者在我国可用的治疗手段有 VA-ECMO 或者选择长期植入式 VAD。然而如前所述,应用 VA-ECMO 存在几个明显并发症风险:①膜肺容易引起并发症,抗凝要求高,管理更复杂,不利于需要更长稳定观察期的患者;②大部分的肺部血流绕道,可能形成局部缺血或血栓;③逆向血流问题在主动脉根部形成流动瘀滞区域,不仅造成南北半球现象,还可能形成血栓;④逆向血流增加心室后负荷,不利于心功能恢复,在严重急性心源性休克患者中,若没有适当左心引流,很容易造成致命的“白肺现象”。

这些并发症造成了患者预后存在风险。此外,管理复杂造成高素质人力密集加之多种并发症造成的耗材更换率,使得国内外使用 ECMO 支持的综合成本仍然十分高昂。

而在需要中短期机械辅助患者中应用植入式 VAD 的单次设备成本极高。美国的 LVAD 装置

售价超过 10 万美金,台湾地区约 17 万美金,均超过外科 ExtraVAD(约 1 万美金)10 倍以上<sup>[43]</sup>。虽然长期植入式 VAD 的相容性和耐久性容许数年以上的支持,但其手术创伤性大,居家护理和固定的返院治疗仍然带来一定的医疗成本,因此更适合于终末期心衰,且需要长时间(>6 个月)等待移植或不适合移植的患者。我国供心等待期相较国外更短,心脏移植水平极高,使用外科 ExtraVAD 过渡心脏移植将是整体性价比最高的治疗方案。

综上所述,外科 ExtraVAD 的应用可望更加精准地解决当前心源性休克治疗尚未被满足的临床需求,且同时为患者与医疗系统带来性价比更高的选择。然而,该技术的应用具有一定门槛,需要受过培训的专业临床医护人员,因此需要更多具有危重症护理专业的机构以及培训基地。由于患者的等待时间能够合理延长,心脏移植的数量将会提高,ICU 的病床数也应该随之增加。这些需求将促进我国高端医疗水平的提升和整体产业的成长。

需要注意的是,受限于文献的数量以及回顾性研究性质,患者的综合疗效、风险与收益分析、社会效益分析,仍需更多的临床证据才能得到更充分的论证。与此同时,我国自身医疗体系和诊疗常规也会带来不同的影响,值得进一步的研究和探讨。

## 5 结论

急性心衰和心源性休克是致死率极高的疾病,患者危重程度高且病程变化多端,根据病因和患者条件选择合适的短期 MCS 予以过渡对临床结果至关重要。除了出院存活率和撤机率之外,术者应综合考虑器官远期恢复效果尽早决定最优治疗手段。

当患者肺功能良好,由于血流动力学不稳定导致最优临床决策不明,或具有潜在可逆性心衰,因此需要暂时性循环辅助时,国际临床数据显示外科 ExtraVAD 能够使患者生存率达到近 70%,优于其他短期 MCS 装置,同时血液、外周并发症更低。因此,倘若判断患者能够耐受外科手术,或者在外周 MCS 手段 5 d 后没有明确的恢复指征,临床团队应该尽早考虑 ExtraVAD 作为桥梁过渡手段。另一方面,ExtraVAD 能够带来更加从容的临床决策周期,同时降低相关并发症的风险以及护理成本,当患者血流动力学不稳定无法明确是否进入移植候选名单或其他长期治疗方案时,可能带来更好的经济效益。

综上所述,ExtraVAD 在合适的患者群体中可能具有更好的治疗效果,且有望更加适合于我国国情的急性心衰治疗和移植前过渡支持。

## 参考文献

[1] 中华医学会心血管病学分会,心血管急重症学,中华心血管病杂志编辑委员会. 心源性休克诊断和治疗中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志,2019,47(4):265-

277.

[2] Jentzer JC, van Diepen S, Barsness GW, et al. Cardiogenic shock classification to predict mortality in the cardiac intensive care unit[J]. J Am Coll Cardiol, 2019,74(17):2117-2128.

[3] den Uil CA, Akin S, Jewbali LS, et al. Short-term mechanical circulatory support as a bridge to durable left ventricular assist device implantation in refractory cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2017,52(1):14-25.

[4] 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 J Heart Fail, 2016,18(8):891-975.

[5] Massey HT, Choi JH, Maynes EJ, et al. Temporary support strategies for cardiogenic shock: extracorporeal membrane oxygenation, percutaneous ventricular assist devices and surgically placed extracorporeal ventricular assist devices[J]. Ann Cardiothorac Surg, 2019,8(1):32-43.

[6] Combes A, Price S, Slutsky AS, et al. Temporary circulatory support for cardiogenic shock[J]. Lancet, 2020,396(10245):199-212.

[7] Thiele H, Ohman EM, de Waha-Thiele S, et al. Management of cardiogenic shock complicating myocardial infarction: an update 2019[J]. Eur Heart J, 2019,40(32):2671-2683.

[8] Sef D, Mohite P, De Robertis F, et al. Bridge to heart transplantation using the Levitronix CentriMag short-term ventricular assist device[J]. Artif Organs, 2020,44(9):1006-1008.

[9] Thiele H, Schuler G, Neumann FJ, et al. Intraaortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: design and rationale of the Intraaortic Balloon Pump in Cardiogenic Shock II (IABP-SHOCK II) trial[J]. Am Heart J, 2012,163(6):938-945.

[10] Virani SS, Alonso A, Benjamin EJ, et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2020 Update: A Report From the American Heart Association[J]. Circulation, 2020,141(9):e139-e596.

[11] 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.

[12] Hendrickson WA, Ward KB. Atomic models for the polypeptide backbones of myohemerythrin and hemerythrin[J]. Biochem Biophys Res Commun, 1975,



- 66(4):1349-1356.
- [13] 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. e1-8.
- [14] Xie A, Phan K, Tsai YC, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2015, 29(3):637-645.
- [15] 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.
- [16] Koerner MM, Harper MD, Gordon CK, et al. Adult cardiac veno-arterial extracorporeal life support (VA-ECMO): prevention and management of acute complications[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2019, 8(1):66-75.
- [17] AL Hanshi SAM, AL Othmani F. A case study of Harlequin syndrome in VA-ECMO[J]. *Qatar Med J*, 2017; 39.
- [18] Williams B, Bernstein W. Review of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation and development of intracardiac thrombosis in adult cardiothoracic patients[J]. *J Extra Corpor Technol*, 2016, 48(4):162-167.
- [19] Weber C, Deppe AC, Sabashnikov A, et al. Left ventricular thrombus formation in patients undergoing femoral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Perfusion*, 2018, 33(4):283-288.
- [20] Cevasco M, Takayama H, Ando M, et al. Left ventricular distension and venting strategies for patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(4):1676-1683.
- [21] Schrage B, Becher PM, Bernhardt A, et al. Left ventricular unloading is associated with lower mortality in patients with cardiogenic shock treated with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: results from an international, multicenter cohort study [J]. *Circulation*, 2020, 142(22):2095-2106.
- [22] Donker DW, Brodie D, Henriques J, et al. Left ventricular unloading during veno-arterial ECMO: a simulation study[J]. *ASAIO J*, 2019, 65(1):11-20.
- [23] De Robertis F, Birks EJ, Rogers P, et al. Clinical performance with the Levitronix Centrimag short-term ventricular assist device [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2006, 25(2):181-186.
- [24] Takeda K, Garan AR, Ando M, et al. Minimally invasive CentriMag ventricular assist device support integrated with extracorporeal membrane oxygenation in cardiogenic shock patients: a comparison with conventional CentriMag biventricular support configuration [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(6):1055-1061.
- [25] Takayama H, Chen JM, Jorde UP, et al. Implantation technique of the CentriMag biventricular assist device allowing ambulatory rehabilitation[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2011, 12(2):110-111.
- [26] Barbone A, Malvindi PG, Sorabella RA, et al. 6 months of "temporary" support by Levitronix left ventricular assist device [J]. *Artif Organs*, 2012, 36(7):639-642.
- [27] Borisenko O, Wylie G, Payne J, et al. Thoratec CentriMag for temporary treatment of refractory cardiogenic shock or severe cardiopulmonary insufficiency: a systematic literature review and meta-analysis of observational studies[J]. *ASAIO J*, 2014, 60(5):487-497.
- [28] Truby L, Mundy L, Kalesan B, et al. Contemporary outcomes of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock at a large tertiary care center[J]. *ASAIO J*, 2015, 61(4):403-409.
- [29] Flécher E, Anselmi A, Corbineau H, et al. Current aspects of extracorporeal membrane oxygenation in a tertiary referral centre: determinants of survival at follow-up[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 46(4):665-671.
- [30] Vallabhajosyula S, O'Horo JC, Antharam P, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation with concomitant impella versus venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock[J]. *ASAIO J*, 2020, 66(5):497-503.
- [31] Capoccia M, Avtaar Singh S, Hegazy Y, et al. Rescue Levitronix Centrimag as a bridge to decision: is it still worthwhile? [J]. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 33(4):303-308.
- [32] Moonsamy P, Axtell AL, Ibrahim NE, et al. Survival after heart transplantation in patients bridged with mechanical circulatory support[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(23):2892-2905.
- [33] Hei F, Lou S, Li J, et al. Five-year results of 121 consecutive patients treated with extracorporeal membrane oxygenation at Fu Wai Hospital[J]. *Artif Organs*, 2011, 35(6):572-578.
- [34] Chung M, Cabezas FR, Nunez JI, et al. Hemocompatibility-related adverse events and survival on venoarterial extracorporeal life support: An ELSO registry analysis[J]. *JACC Heart Fail*, 2020, 8(11):892-902.
- [35] Smedira NG, Moazami N, Golding CM, et al. Clinical experience with 202 adults receiving extracorporeal membrane oxygenation for cardiac failure: survival at five years [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, 122(1):92-102.
- [36] 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, 311. e1.

# 超声心动图研究新视角:无创左室压力-应变环\*

薛婷<sup>1</sup> 张鹏英<sup>1</sup> 陈允安<sup>2</sup> 任斐<sup>3</sup> 张洁<sup>2</sup>

**[摘要]** 无创左室压力-应变环(PSL)是一种定量评价心肌做功的新方法,基于二维斑点追踪技术(2D-STI),将无创测得的左室压力和斑点追踪成像的应变进行拟合,从而构建 PSL。与传统的左室射血分数(LVEF)和整体纵向应变(GLS)相比,PSL 具有潜在应用价值,是临床评价左室收缩功能的有益补充。本文主要对左室 PSL 的原理及潜在的临床应用进行综述。

**[关键词]** 压力-应变环;心肌做功;二维斑点追踪技术;左室;功能

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1439.2021.06.003

**[中图分类号]** R445.1 **[文献标志码]** A

## A new perspective of echocardiography: non-invasive left ventricular pressure-strain loop

XUE Ting<sup>1</sup> ZHANG Pengying<sup>1</sup> CHEN Yun'an<sup>2</sup> REN Fei<sup>3</sup> ZHANG Jie<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Xuzhou Medical University Affiliated Lianyungang Hospital, Lianyungang, Jiangsu, 222002, China;<sup>2</sup>Department of Ultrasound,<sup>3</sup>Department of Cardiology, Lianyungang First People's Hospital)

Corresponding author: ZHANG Jie, E-mail: zj6100@163.com

**Summary** Non-invasive left ventricular pressure-strain loop(PSL) is a new method for the quantitative evaluation of myocardial work, which is developed on the basis of speckle tracking imaging. It is necessary to fit the non-invasive left ventricular pressure and the strain by speckle tracking imaging to construct a PSL. Compared with traditional left ventricular ejection fraction(LVEF) and global longitudinal strain(GLS). PSL has potential application value and is a useful supplement for clinical evaluation of left ventricular systolic function. This article reviews the principle and potential clinical application of the left ventricular PSL.

**Key words** pressure-strain loop; myocardial work; two-dimensional speckle tracking imaging; left ventricle; function

近年来,二维斑点追踪技术(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)已成为评价左

室收缩功能的热点技术,整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)与传统评价左室收缩功能的左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、多普勒应变相比,具有很大的优势。2D-STI 与组织多普勒频移无关,不受声束与室壁运动方向间夹角的影响,且不受检查者主观因素及周围邻近组织牵拉的影响,能准确定量检测心肌形变、

\*基金项目:连云港市卫生计生科技项目(No:201805);连云港市第一人民医院医疗技术扶持项目

<sup>1</sup>徐州医科大学附属连云港医院(江苏连云港,222002)

<sup>2</sup>连云港市第一人民医院超声科

<sup>3</sup>连云港市第一人民医院心血管内科

通信作者:张洁, E-mail: zj6100@163.com

[37] Lemor A, Hosseini Dehkordi SH, Basir MB, et al. Impella Versus extracorporeal membrane oxygenation for acute myocardial infarction cardiogenic shock[J]. Cardiovasc Revasc Med, 2020, 21(12):1465-1471.

[38] Pozzi M, Banfi C, Grinberg D, et al. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock due to myocarditis in adult patients[J]. J Thorac Dis, 2016, 8(7):E495-502.

[39] Mohite PN, Sabashnikov A, Patil NP, et al. Short-term ventricular assist device in post-cardiotomy cardiogenic shock: factors influencing survival[J]. J Artif Organs, 2014, 17(3):228-235.

[40] Takayama H, Truby L, Takeda K, et al. Short-term ventricular assist devices (implantable and percutaneous)[J]. Curr Surg Rep, 2014, 2(6):58.

[41] Loforte A, Marinelli G, Musumeci F, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support in refractory cardiogenic shock: treatment strategies and analysis of risk factors[J]. Artif Organs, 2014, 38(7):E129-141.

[42] John R, Long JW, Massey HT, et al. Outcomes of a multicenter trial of the Levitronix CentriMag ventricular assist system for short-term circulatory support[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2011, 141(4):932-939.

[43] Sung SY, Hsu PS, Chen JL, et al. Prolonged use of levitronix left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation[J]. Acta Cardiol Sin, 2015, 31(3):249-252.

(收稿日期:2021-02-22)