

· 综述 ·

# 左心减压策略在静脉-动脉体外膜肺氧合中的研究进展



全文二维码

师博艺 彭卫

南京医科大学附属儿童医院心胸外科, 南京 210019

通信作者: 彭卫, Email: pwking@sina.com

**【摘要】** 静脉-动脉体外膜肺氧合(venoarterial extracorporeal membrane oxygenation, V-A ECMO)主要用于维持严重心源性休克或顽固性心脏骤停患者的循环和呼吸支持。虽然 V-A ECMO 能够让心脏得到有效的休息,但其在部分患者中可引起左心室后负荷增加,导致左心室扩张,从而导致心肌进一步损伤和肺水肿,这与 ECMO 的原理相违背。因此,正确有效的左心室减压策略对 V-A ECMO 患者至关重要。本文对左心减压机械辅助策略在 V-A ECMO 使用中的研究进展进行综述。

**【关键词】** 静脉-动脉体外膜肺氧合; 左心室减压; 左心室扩张; 外科手术; 儿童

**【基金项目】** 江苏省妇幼保健协会科研项目(FYX202201)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202407043-015

## Research progress on left heart decompression strategies in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation

Shi Boyi, Peng Wei

Department of Cardiothoracic Surgery, Children's Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210019, China

Corresponding author: Peng Wei, Email: pwking@sina.com

**【Abstract】** Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation (V-A ECMO) is primarily used to provide circulatory and respiratory support in patients with severe cardiogenic shock or refractory cardiac arrest. Although it allows the heart to rest for a certain period, the increased left ventricular afterload in some patients can lead to left ventricular dilation, exacerbating myocardial damage and pulmonary edema, which contradicts the fundamental principles of ECMO. Therefore, an appropriate and effective left heart decompression strategy is essential for patients receiving V-A ECMO. This review summarizes the latest research progress on mechanical left heart decompression strategies in V-A ECMO.

**【Key words】** Veno-arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation; Left Ventricle Unloading; Left Ventricular Dilation; Surgical Procedures, Operative; Child

**【Fund program】** Jiangsu Provincial Maternal and Child Health Care Association Scientific Research Project(FYX202201)

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202407043-015

体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)技术是一种通过血管插管将体内的循环血液先引流至体外膜肺装置中进行氧合,再通过血管插管将氧合血回输入体内,提供患者氧合和循环支持的技术。目前,ECMO 在临床中已经作为一种挽救生命的常规体外生命支持技术,广泛应用于各种危重患者的救治<sup>[1]</sup>。ECMO 按照置管方式分类包括静脉-静脉(veno-venous, V-V)ECMO 和静脉-动脉(veno-arterial, V-A)ECMO。其中,V-V ECMO 仅提供氧合,而 V-A ECMO 可以同时提供氧合及循环支持。V-A ECMO 最为常见的置管方式包括外周型和中央型,中央型置管一般在心脏

手术后或新生儿群体中应用较多;外周型置管可通过股、颈、腋动静脉进行插管,一般根据患者解剖条件和术者个人偏好选择合适部位。外周型插管操作简便且迅速,患者出血风险小,在抢救时或床旁即可完成,是目前临床上最常用的体外生命支持模式<sup>[2]</sup>。虽然 V-A ECMO 可以提供一定的时间使受损的心脏得到有效的休息,但部分患者会出现主动脉的逆向血流,引起主动脉根部压力增加,进而使左心室后负荷增加,从而影响主动脉瓣的开放,最终导致左心室扩张(left ventricular dilation, LVD),这种情况在外周插管时更加明显<sup>[3]</sup>。当心功能明显减低时,主动脉瓣开放受限,甚至主动

脉瓣处于持续关闭的状态,导致左心室内血流淤积,呈云雾状或形成血栓<sup>[4]</sup>。此外,左心室压力增加导致左心房压力也相应增加,进而导致肺血管损伤、急性呼吸窘迫综合征、肺水肿甚至肺出血等并发症<sup>[5]</sup>。左心室舒张末期压力的增加会进一步导致心肌壁应力和心肌耗氧的增加,以及冠状动脉内张力增加,进一步损害心肌细胞,导致心肌缺血和心律失常的发生。由此可见,在 V-A ECMO 的管理中,如何兼顾维持灌注以及更低的左心室后负荷,是其重点和困难所在。在 V-A ECMO 临床管理中实现左心室减压,目前主要有两个策略:第一,内科治疗策略:包括减少 ECMO 流量、增加强心药物以促进心脏射血、减少缩血管药物使用等<sup>[6]</sup>;这些方式虽然都可以降低左心室后负荷,但其效果均有限,且往往同时伴随着牺牲 ECMO 效果、增加心肌氧耗、降低组织灌注和氧供等缺陷。第二,机械辅助装置:目前,更为积极的机械性左心减压策略已经逐渐应用于临床,包括主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon counterpulsation, IABP)、房间隔交通术等被动左心减压策略以及主动左心减压策略(Impella 泵、经皮置管减压、外科干预)。本文将对左心减压机械辅助策略在 V-A ECMO 使用中的研究进展进行综述。

### 一、左心室减压策略

#### (一) IABP

IABP 经股动脉插入,通过“空穴”效应减少心脏后负荷,促进主动脉瓣打开,增加冠状动脉血流,预防左心室血栓形成。但其对心脏的辅助并非主动完成,而是依赖残存的收缩功能间接实现左心室压力的减低<sup>[7]</sup>。目前, IABP 已被证明适用于大多数 V-A ECMO 适应证,其中包括心脏手术后和难治性心脏骤停<sup>[8-9]</sup>。Russo 等<sup>[10]</sup>、Kowalewski 等<sup>[11]</sup>和 Al-Fares 等<sup>[12]</sup>的三项 Meta 分析表明, IABP 的使用最终提高了 ECMO 支持患者的生存率。Donker 等<sup>[13]</sup>利用人类心血管系统计算机模型,模拟外周 V-A ECMO 支持的心源性休克合并左心室负荷的患者状态,证实 IABP 是可以降低心脏负荷的,但效果有限。IABP 的主要优点是成本低、便捷、置入时间短、并发症发生率低。如果在 ECMO 之前使用或与 ECMO 同时使用, IABP 是预防左心室扩张以及肺充血的简便、有效方法;但如果左心室扩张已经形成且存在肺水肿, IABP 则可能无法改变这种状态。作为一种常见的机械循环辅助装置, IABP 在多种心脏重症中发挥重要作用。IABP-SHOCK II 试验显示,尽管 IABP 在降低 30 天、12 个月及 6 年死亡率方面并未显著优于单纯药物治疗,但仍被广泛应用于心源性休克患者<sup>[14]</sup>。在急性或慢性难治性心力衰竭中, IABP 有助于稳定血流动力学状态,为进一步治疗争取时间<sup>[15]</sup>。血管损伤是 IABP 治疗最主要的并发症,其次是肢体缺血<sup>[16]</sup>。在与心源性休克相关的急性心肌梗死患者中,欧洲心脏病学会的指南将 IABP 的常规使用从 IC 级降级为 III 级<sup>[17]</sup>。尽管近年来关于 IABP 疗效的一些大型临床试验结果存在争议,但在特定临床情境下, IABP 仍是不可或缺的治疗选择。

#### (二) 房间隔交通术

ECMO 支持下左心室扩大,通过房间隔形成医源性左向

右分流,被动减少左心室前负荷,从而减轻左心室内的压力。有研究发现,当行 V-A ECMO 支持的患者合并房间隔水平左向右分流时(如房间隔缺损、卵圆孔未闭等),往往可使左心压力有效降低,避免左心室压力过高引起的左心扩张等并发症<sup>[18]</sup>。Alhussein 等<sup>[19]</sup>称,在成年人群中,房间隔造口术可降低 V-A ECMO 辅助支持下患者的心肌张力,同时使左心功能得到改善,提高 ECMO 撤机成功率。在儿童中也获得了类似结果<sup>[20]</sup>。虽然这项技术能够使左心房压力减低,但其主要难点在于,在维持患者右心室功能的同时,如何判断患者需要多大的交通口,才能对左心室进行有效减压<sup>[21]</sup>。房间隔交通术的主要并发症包括心脏破裂、残余房间隔及心律失常等,这也要求心脏中心具有丰富经验,并且房间隔交通术后应进行超声心动图检查,以验证房间隔交通的大小,排除心包填塞或其他围手术期并发症<sup>[22]</sup>。在病情稳定后,通过手术或经皮入路等方式关闭房间隔分流是完全可行的<sup>[23-24]</sup>。有研究报道,使用心房支架进行左心室减压可以稳定心房水平的分流量,但也存在支架错位等风险<sup>[25]</sup>。近几年研究表明,经皮球囊左心房造口术是一种快速、安全、有效的左心房造口技术,可提高中期生存率,但需要进一步的多中心研究结果来证实<sup>[26]</sup>。目前,很多心脏中心研发了可逐渐自动闭合的房间隔分流器,已经应用于临床,且取得了良好的效果。一项关于心源性休克管理的多学科共识中提到,对于那些由于急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)或其他原因引起的难治性心源性休克,如果存在显著的左心室扩张和高左心室舒张末期压力,在使用 V-A ECMO 支持后,房间隔交通术可以作为一种有效的左心减压策略,尤其是在其他左心减压措施效果不佳的情况下<sup>[27]</sup>;对于室间隔破裂或重度二尖瓣反流等情况,房间隔交通术也可以作为一种补救措施<sup>[28]</sup>。

#### (三) Impella 泵

目前 Impella 泵是一种体积最小的非脉动轴流泵心室辅助系统,通过横跨主动脉瓣放置,将血液持续地从左心室泵入升主动脉,从而达到左心室减压的目的。与 IABP 不同的是, Impella 泵是不需要心电或压力触发的,即便是在心律失常或者机电分离等情况下,也能够维持较高的稳定性,最长植入时间为 7 d。根据其流量的不同, Impella 泵可分为 Impella 2.5 (2.5 L/min)、Impella CP (4 L/min)、Impella 5.0 (5 L/min)、Impella RP (4 L/min) 和大管径的 Impella 5.5 (6 L/min)。其中, Impella CP 是最常使用的左心室减压装置,被称为 ECMELLA 或 ECPPELLA (联合 V-A ECMO 与 Impella)。在大多数情况下,单独使用 Impella 5.5 可以提供足够的血流来维持全身灌注,在起始阶段使用则可以更早地脱离 V-A ECMO,或降低 V-A ECMO 流速以支持右心和氧合。Impella 5.5 通过手术的方式由腋动脉置入,留置时间明显高于 Impella CP (据报道最长时间为 83 d),目前欧洲和美国的许可时间分别是 30 d 和 14 d<sup>[29]</sup>。Impella 泵第一次被成功用于暴发性心肌炎患者之后,其使用量大大增加<sup>[30]</sup>。目前 Impella 是左心室减压过程中最有效的一种新型辅助装置,不仅

可以减低左心室舒张时的直径和压力,增加全身血流量,而且明显减少了左心室血液的淤滞,改善了氧耗和氧输送之间的不平衡,对肺充血和右心室功能也有较为积极的作用<sup>[31-33]</sup>。一项大型回顾性研究发现,与单独使用 ECMO 相比,在难治性心源性休克患者中使用 ECPELLA 可以降低死亡率(分别为 47% 和 80%)<sup>[34]</sup>。最近, Schrage 等<sup>[35]</sup>研究表明,在出现并发症(如出血、溶血、缺血性并发症和肾脏替代治疗等)的情况下,使用 Impella 泵联合 V-A ECMO 与单独使用 V-A ECMO 相比,死亡率有所下降,且早期植入 Impella 泵的患者死亡率下降最为显著。与 Impella 类似,另一种新型装置是 Pulse Cath iVAC 2L,它包含一个 17Fr 跨主动脉导管中的旋转双向阀和一个由标准 IABP 控制台驱动的体外隔膜泵,能够产生高达 2 L/min 的舒张期顺行动脉血流,与 Impella 不同, Pulse Cath iVAC 2L 提供的脉动支持不会产生心脏收缩期后负荷<sup>[36-38]</sup>。最近几年正在研发不经过主动脉瓣,转数低于 Impella 泵的新装置,第三代磁悬浮连续血流心室辅助装置 HM3 致力于进一步降低瓣膜损伤及溶血的发生率,并增加尿量,改善肾功能<sup>[39]</sup>。与 IABP 相比, Impella 泵在急性心肌梗死后心源性休克的研究中显示出更好的血流动力学支持效果<sup>[40]</sup>。在经皮冠状动脉介入治疗期间, Impella 泵也被用来提供循环支持,以确保患者的安全并改善预后<sup>[41]</sup>。据报道,与 IABP 相比, Impella 泵的出血并发症发生率更高(8.5% 比 3.0%,  $P=0.01$ )<sup>[42]</sup>。此外,与单独使用 V-A ECMO 相比,使用 ECPELLA 的严重出血的发生率更高(38.4% 比 17.9%,  $P<0.01$ )<sup>[35]</sup>。Pieri 等<sup>[43]</sup>报告称,与 IABP 支持相比, Impella 支持与更高的临床显著溶血发生率相关(32% 比 0,  $P<0.0001$ )。Pappalardo 等<sup>[34]</sup>研究表明,与单独使用 V-A ECMO 相比, ECPELLA 的溶血并发症发生率更高(76% 比 33%,  $P=0.004$ ),对连续静脉-静脉血液滤过的需求更大(48% 比 19%,  $P=0.02$ )。Saito 等<sup>[44]</sup>纳入了 31 263 例接受 Impella 支持的患者,发现 13.5% 的患者有血管并发症,其中 56% 需要手术治疗。2024 年 3 月 30 日,美国食品和药物管理局对阿比奥梅德公司生产的 Impella 心脏泵发出了一级召回,其原因是该设备导管在置入过程中会引起左心室壁穿孔,但召回并不意味着产品下架,对于已上市的 Impella 系列介入心脏泵, Abiomed 现有的解决方案是更新 Impella 使用说明书,以进一步解决罕见并发症(左心室穿孔)的潜在风险。出于患者安全的考虑,在使用说明书中更新了关于植入和重新定位的更有力技术指导,并强调了植入 Impella 时特定的心脏和外周血管解剖考虑。

#### (四)经皮置管减压

经皮置管与外科手术干预相比更简单易行,可床旁操作,且操作时间短、风险相对较低,可作为左心室扩张(left ventricular dilation, LVD)的抢救性措施。Na 等<sup>[45]</sup>描述了通过中心静脉和房间隔穿刺进行左心房引流,可以将心房内容物抽并带到 ECMO 回路,这项研究表明,与按需置管相比,预防性置管更有利于降低死亡率,并使得心脏移植手术或左心室辅助装置的成功率以及患者存活率提高。Yang 等<sup>[46]</sup>研究

发现,对于重度心功能不全患者,单纯的经皮置管心房减压联合 ECMO 并不能有效缓解患者肺水肿,而在无氧合器的情况下有效使用附加 ECMO 泵进行经皮左房间隔减压后,肺水肿得到改善。Alkhouli M 等<sup>[47]</sup>还描述了经皮主动脉导管(transaortic catheter venting, TACV)置入左心室来实现左心减压的方法。除此之外,还有通过肺动脉置管减少左心室血流量间接达到左心室减压的方法。另有研究报道称可以经右颈静脉和股静脉将肺动脉内置入减压管道,以此达到左心室减压的目的<sup>[48]</sup>。还有研究表明经皮房间隔穿刺可将多孔静脉引流管置入左心房,同时进行左右心房的引流,进而对左右心室减压,这种方法已被证实可以降低 PCWP,且适用于有左心室血栓、单侧周围血管病变以及严重主动脉狭窄或主动脉机械瓣置换患者<sup>[29]</sup>。然而,一些研究中心选择经皮置管减压一般要求体重大于 30 kg 或年龄大于 5 岁,下肢缺血坏死是最严重的并发症,其次为心脏穿孔、感染、气体栓塞等<sup>[49]</sup>。

#### (五)外科干预

外科干预在左心室减压的策略中应用较多,通过在全身循环的适当部位放置引流管,来实现左心室压力的卸载,如肺动脉、左心房或左心室本身。当患者需要接受中心插管时,最有效的左心减压方法是直接心脏插管干预,但有研究报道其出血风险较其他方式高,且增加了管路的复杂性,进一步加大了 ECMO 的管理难度。外周 ECMO 通常是采用左侧小切口将左心房插管穿过第三或第四肋间隙,或通过左侧心尖部小切口直接从左心室插入,以及剑突下微创入路、腋下动静脉或股动静脉入路<sup>[50-54]</sup>。左心室直接插管减压能通过口径较大的管道完成左心引流,为左心减负,减压及引流效果明显。有学者使用右上肺静脉引流的方法对 ECMO 使用中的 8 例患儿进行了左心室减压,过程中无一例发生室内血栓形成、血栓栓塞性卒中等并发症<sup>[55]</sup>。采用外科干预进行左心室减压时,虽然最能够直接有效地进行左心室卸载,改善心脏功能和患者预后,但增加了出血、感染、心脏损伤、心律失常、气胸或胸腔积液风险,因此需要医师综合评估患者情况,个体化选择有效且并发症较少的减压技术,并采取相应的预防措施<sup>[18]</sup>。

#### 二、减压时机的选择

一项纳入 377 例 ECPELLA 患者的大型研究表明,早期置入 pVLAD 可以改善患者的短期死亡率,而延迟置入 Impella(置入 V-A ECMO 后 >2 h)则无法达到改善短期死亡率的效果<sup>[35]</sup>。一项回顾性研究根据左心减压的时机将患者分为两组:在启动 V-A ECMO 时即预防性进行经皮左心减压的患者,以及在出现左心室负荷相关并发症后进行左心减压治疗的患者,发现预防性左心减压组的 30 天死亡率更低(5.6% 比 34.4%,  $P=0.036$ )。一项 Meta 分析发现,预防性左心减压与患者死亡率呈显著负相关<sup>[29]</sup>。左心减压装置可以在 V-A ECMO 启动前、启动时或启动后置入。预防性减压策略可以通过避免增加后负荷来保护易受损的心室,并促进心肌恢复,但是需要考虑并发症和花费增加的风险<sup>[10]</sup>。如果减压



策略仅在血流动力学不佳、临床或者超声心动图表现为后负荷增加时作为对应的措施,虽然减压装置本身引起并发症的风险会降低,但潜在性危害心肌恢复的风险却会升高。虽然现有的数据表明,启动 V-A ECMO 的 2 h 内进行预防性减压对患者有益,但确切的提前置入减压装置的时机仍需要更多随机对照研究来证实<sup>[29]</sup>。

### 三、减压装置的选择

在使用 V-A ECMO 后的左心减压策略中,选择合适的机械辅助装置对于不同年龄段的患者至关重要。成人的血管系统较为成熟,在使用 V-A ECMO 期间,左心减压可以通过多种方式实现,IABP 不仅有助于降低左心室负荷,还可以改善冠状动脉灌注压力,从而提高心肌供氧<sup>[56]</sup>。有研究表明,对于心源性休克的成人患者,联合使用 IABP 和 V-A ECMO 可以显著降低院内死亡率<sup>[57]</sup>。青少年患者则更多参考成人的治疗策略,但使用较小尺寸的设备。儿童、婴幼儿和新生儿由于其血管条件的特殊性,需要更为细致和小型化的设备。儿童 V-A ECMO 有创左心减压可采用的技术包括经皮球囊房间隔切开、外科房间隔切开、外科左心房或肺静脉置管、外科左心室置管<sup>[58]</sup>。大体重儿童如血管条件允许,可选择 IABP 或经皮植入临时心室辅助装置<sup>[59-60]</sup>。

### 四、结语

总之,对于 V-A ECMO 导致的左心室扩张,目前治疗策略仍然具有一定的局限性,在临床中需要 ECMO 团队个体化制定策略综合治疗。对目前已知可用的减压策略,至今还没有确切的试验证实某种减压策略明显优于另外一种,并且不同的临床情况需要不同的应对策略,所以单一的减压策略对任何中心来说都是不充分的。因此,面对复杂多变的临床情况,应选择哪种(或哪几种)左心减压策略的问题仍需要持续关注。此外,我们还需要更多关于左心室减压方法的生理学、病理生理学、血液动力学数据,为 ECMO 患者左心减压策略的选择提供真实可靠的理论支持。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Ventetuolo CE, Muratore CS. Extracorporeal life support in critically ill adults[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2014, 190(5): 497-508. DOI: 10.1164/rccm.201404-0736CI.
- [2] 闫阳波, 干昌平. 心源性休克患者外周静脉-动脉体外膜肺氧合支持下左心减压的相关问题[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2021, 28(9): 1114-1118. DOI: 10.7507/1007-4848.202011090.
- [3] Kawashima D, Gojo S, Nishimura T, et al. Left ventricular mechanical support with Impella provides more ventricular unloading in heart failure than extracorporeal membrane oxygenation[J]. ASAIO J, 2011, 57(3): 169-176. DOI: 10.1097/MAT.0b013e31820e121c.
- [4] Makdisi G, Hashmi ZA, Wozniak TC, et al. Left ventricular thrombus associated with arteriovenous extra corporeal membrane oxygenation[J]. J Thorac Dis, 2015, 7(11): E552-E554. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.11.18.
- [5] Cheng A, Swartz MF, Massey HT. Impella to unload the left ventricle during peripheral extracorporeal membrane oxygenation[J]. ASAIO J, 2013, 59(5): 533-536. DOI: 10.1097/MAT.0b013e31829f0e52.
- [6] Rupperecht L, Flörchinger B, Schopka S, et al. Cardiac decompression on extracorporeal life support: a review and discussion of the literature[J]. ASAIO J, 2013, 59(6): 547-553. DOI: 10.1097/MAT.0b013e3182a4b2f6.
- [7] 牛欢, 詹峰, 欧阳艳红. 静脉-动脉体外膜肺氧合中左心室减压策略[J]. 中国临床新医学, 2021, 14(5): 450-454. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3806.2021.05.06.
- [8] Niu H, Zhan F, Ouyang YH. Strategy of left ventricular decompression in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. Chin J New Clin Med, 2021, 14(5): 450-454. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3806.2021.05.06.
- [9] Ro SK, Kim JB, Jung SH, et al. Extracorporeal life support for cardiogenic shock: influence of concomitant intra-aortic balloon counterpulsation[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2014, 46(2): 186-192. DOI: 10.1093/ejcts/ezu005.
- [10] 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. e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.10.043.
- [11] Russo JJ, Aleksova N, Pitcher I, et al. Left ventricular unloading during extracorporeal membrane oxygenation in patients with cardiogenic shock[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(6): 654-662. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.10.085.
- [12] Kowalewski M, Malvindi PG, Zieliński K, et al. Left ventricle unloading with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock. Systematic review and meta-analysis[J]. J Clin Med, 2020, 9(4): 1039. DOI: 10.3390/jcm9041039.
- [13] Al-Fares AA, Randhawa VK, Englesakis M, et al. Optimal strategy and timing of left ventricular venting during veno-arterial extracorporeal life support for adults in cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis[J]. Circ Heart Fail, 2019, 12(11): e006486. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.119.006486.
- [14] Donker DW, Brodie D, Henriques JPS, et al. Left ventricular unloading during veno-arterial ECMO: a simulation study[J]. ASAIO J, 2019, 65(1): 11-20. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000755.
- [15] Dangel M, Albosta M, Butros H, et al. Temporary mechanical circulatory support: left, right, and biventricular devices[J]. Curr Cardiol Rev, 2023, 19(5): 27-42. DOI: 10.2174/1573403X19666230314115853.
- [16] Nishimura T, Hirata Y, Ise T, et al. JCS/JSCVS/JCC/CVIT 2023 guideline focused update on indication and operation of PCPS/ECMO/IMPELLA[J]. Circ J, 2024, 88(6): 1010-1046. DOI: 10.1253/circj.CJ-23-0698.
- [17] Motia N, Marko V, Karlsen MMW. Complications associated with intra-aortic balloon pump treatment in critically ill patients: a systematic review[J]. Nurs Crit Care, 2024, 29(6): 1768-1780. DOI: 10.1111/nicc.13163.
- [18] Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation; the task force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment

- elevation of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *Eur Heart J*, 2018, 39 (2): 119–177. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx393.
- [18] 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 (S2): 84–91. DOI: 10.1002/ejhf.850.
  - [19] Alhussein M, Osten M, Horlick E, et al. Percutaneous left atrial decompression in adults with refractory cardiogenic shock supported with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Card Surg*, 2017, 32 (6): 396–401. DOI: 10.1111/jocs.13146.
  - [20] Eastaugh LJ, Thiagarajan RR, Darst JR, et al. Percutaneous left atrial decompression in patients supported with extracorporeal membrane oxygenation for cardiac disease [J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2015, 16 (1): 59–65. DOI: 10.1097/PCC.0000000000000276.
  - [21] Baruteau AE, Barnette T, Morin L, et al. Percutaneous balloon atrial septostomy on top of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation results in safe and effective left heart decompression [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2018, 7 (1): 70–79. DOI: 10.1177/2048872616675485.
  - [22] Welker CC, Huang J, Boswell MR, et al. Left ventricular decompression in VA-ECMO: analysis of techniques and outcomes [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2022, 36 (11): 4192–4197. DOI: 10.1053/j.jvca.2022.07.024.
  - [23] Haynes S, Kerber RE, Johnson FL, et al. Left heart decompression by atrial stenting during extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Int J Artif Organs*, 2009, 32 (4): 240–242. DOI: 10.1177/039139880903200408.
  - [24] Veeram Reddy SR, Guleserian KJ, Nugent AW. Transcatheter removal of atrial septal stent placed to decompress left atrium with VA ECMO [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 85 (6): 1021–1025. DOI: 10.1002/ccd.25817.
  - [25] Xie A, Forrest P, Loforte A. Left ventricular decompression in veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2019, 8 (1): 9–18. DOI: 10.21037/acs.2018.11.07.
  - [26] Delmas C, Vallee L, Bouisset F, et al. Use of percutaneous atrioseptostomy for left heart decompression during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation support: an observational study [J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11 (17): e024642. DOI: 10.1161/JAHA.121.024642.
  - [27] Baldetti L, Gallone G. Left ventricular unloading and venting in veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: the importance of cardiogenic shock aetiology in guiding treatment strategies [J]. *ESC Heart Fail*, 2024, 11 (2): 615–618. DOI: 10.1002/ehf2.14717.
  - [28] Haertel F, Lehmann T, Heller T, et al. Impact of a VA-ECMO in combination with an extracorporeal cytokine hemadsorption system in critically ill patients with cardiogenic shock—design and rationale of the ECMOsof trial [J]. *J Clin Med*, 2023, 12 (15): 4893. DOI: 10.3390/jcm12154893.
  - [29] Ezad SM, Ryan M, Donker DW, et al. Unloading the left ventricle in venoarterial ECMO: in whom, when, and how? [J]. *Circulation*, 2023, 147 (16): 1237–1250. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.122.062371.
  - [30] Colombo T, Garatti A, Bruschi G, et al. First successful bridge to recovery with the Impella Recover 100 left ventricular assist device for fulminant acute myocarditis [J]. *Ital Heart J*, 2003, 4 (9): 642–645.
  - [31] Lim HS. The effect of impella CP on cardiopulmonary physiology during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *Artif Organs*, 2017, 41 (12): 1109–1112. DOI: 10.1111/aor.12923.
  - [32] Eliet J, Gaudard P, Zeroual N, et al. Effect of Impella during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation on pulmonary artery flow as assessed by end-tidal carbon dioxide [J]. *ASAIO J*, 2018, 64 (4): 502–507. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000662.
  - [33] Karatolios K, Chatzis G, Markus B, et al. Biventricular unloading in patients with refractory cardiogenic shock [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 222: 247–252. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.07.227.
  - [34] Pappalardo F, Schulte C, Pieri M, et al. Concomitant implantation of Impella? on top of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation may improve survival of patients with cardiogenic shock [J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19 (3): 404–412. DOI: 10.1002/ejhf.668.
  - [35] 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. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.048792.
  - [36] Radakovic D, Zittermann A, Rojas SV, et al. Left ventricular unloading in patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation therapy in cardiogenic shock: prophylactic versus bail-out strategy [J]. *Life (Basel)*, 2023, 13 (2): 582. DOI: 10.3390/life13020582.
  - [37] Bastos MB, van Wiechen MP, Van Mieghem NM, et al. PulseCath iVAC2L: next-generation pulsatile mechanical circulatory support [J]. *Future Cardiol*, 2020, 16 (2): 103–112. DOI: 10.2217/fca-2019-0060.
  - [38] Travis AR, Giridharan GA, Pantalos GM, et al. Vascular pulsatility in patients with a pulsatile-or continuous-flow ventricular assist device [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, 133 (2): 517–524. DOI: 10.1016/j.jtevs.2006.09.057.
  - [39] Keeble TR, Karamasis GV, Rothman MT, et al. Percutaneous haemodynamic and renal support in patients presenting with decompensated heart failure: a multi-centre efficacy study using the Reitan Catheter Pump (RCP) [J]. *Int J Cardiol*, 2019, 275: 53–58. DOI: 10.1016/j.ijcard.2018.09.085.
  - [40] 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.
  - [41] Kamada K, Joko K, Otaka N, et al. Successful treatment of acute left main coronary artery disease with a drug-coated balloon under left ventricular unloading using Impella: a case report [J]. *Eur Heart J Case Rep*, 2024, 8 (9): ytae443. DOI: 10.1093/ehjcr/ytae443.
  - [42] Schrage B, Ibrahim K, Loehn T, et al. Impella support for acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock [J]. *Circulation*, 2019, 139 (10): 1249–1258. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.036614.
  - [43] Pieri M, Sorrentino T, Oppizzi M, et al. The role of different mechanical circulatory support devices and their timing of implantation on myocardial damage and mid-term recovery in acute myocardial infarction related cardiogenic shock [J]. *J Interv Cardiol*, 2018, 31 (6): 717–724. DOI: 10.1111/joic.12569.
  - [44] Saito S, Okubo S, Matsuoka T, et al. Impella-current issues and fu-

- ture expectations for the percutaneous, microaxial flow left ventricular assist device[J]. J Cardiol, 2024, 83(4): 228-235. DOI: 10.1016/j.jcc. 2023. 10. 008.
- [45] Na SJ, Yang JH, Yang JH, et al. Left heart decompression at venoarterial extracorporeal membrane oxygenation initiation in cardiogenic shock: prophylactic versus therapeutic strategy[J]. J Thorac Dis, 2019, 11(9): 3746-3756. DOI: 10.21037/jtd. 2019. 09. 35.
- [46] Yang JH, Kim JW, Kang DH, et al. Additional extracorporeal membrane oxygenation pump without an oxygenator for transeptal left atrial decompression: a case report[J]. ASAIO J, 2023, 69(7): e360-e362. DOI: 10.1097/MAT. 0000000000001904.
- [47] Alkhoul M, Narins CR, Lehoux J, et al. Percutaneous decompression of the left ventricle in cardiogenic shock patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. J Card Surg, 2016, 31(3): 177-182. DOI: 10.1111/jocs. 12696.
- [48] Bréchet N, Demondion P, Santi F, et al. Intra-aortic balloon pump protects against hydrostatic pulmonary oedema during peripheral venoarterial-extracorporeal membrane oxygenation[J]. Eur Heart J Acute Cardiovasc Care, 2018, 7(1): 62-69. DOI: 10.1177/2048872617711169.
- [49] Aiyagari RM, Rocchini AP, Remenapp RT, et al. Decompression of the left atrium during extracorporeal membrane oxygenation using a transeptal cannula incorporated into the circuit[J]. Crit Care Med, 2006, 34(10): 2603-2606. DOI: 10.1097/01.CCM. 0000239113. 02836. F1.
- [50] Yamamoto M, Oshima Y, Matsuhisa H, et al. Left atrial decompression by minithoracotomy during extracorporeal life support[J]. Ann Thorac Surg, 2019, 107(3): e227-e228. DOI: 10.1016/j.athoracsur. 2018. 07. 084.
- [51] Rao P, Mosier J, Malo J, et al. Peripheral VA-ECMO with direct biventricular decompression for refractory cardiogenic shock[J]. Perfusion, 2018, 33(6): 493-495. DOI: 10.1177/0267659118761558.
- [52] Guirgis M, Kumar K, Menkis AH, et al. Minimally invasive left-heart decompression during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an alternative to a percutaneous approach[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2010, 10(5): 672-674. DOI: 10.1510/icvts. 2009. 228346.
- [53] Fumagalli R, Bombino M, Borelli M, et al. Percutaneous bridge to heart transplantation by venoarterial ECMO and transaortic left ventricular venting[J]. Int J Artif Organs, 2004, 27(5): 410-413. DOI: 10.1177/039139880402700510.
- [54] Kang J, Lee KS, Lee HS, et al. Differential effect of left ventricular unloading according to the aetiology of cardiogenic shock[J]. ESC Heart Fail, 2024, 11(1): 338-348. DOI: 10.1002/ehf2. 14584.
- [55] Sundermeyer J, Kellner C, Beer BN, et al. Sex-related differences in patients presenting with heart failure-related cardiogenic shock[J]. Clin Res Cardiol, 2024, 113(4): 612-625. DOI: 10.1007/s00392-024-02392-8.
- [56] Rabah H, Rabah A. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): what we need to know[J]. Cureus, 2022, 14(7): e26735. DOI: 10.7759/cureus. 26735.
- [57] Wang HW, Li CL, Li D, et al. Efficacy of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation with and without intra-aortic balloon pump in adult cardiogenic shock[J]. Front Cardiovasc Med, 2024, 11: 1431875. DOI: 10.3389/fcvm. 2024. 1431875.
- [58] Choudhury TA, Ofori-Amanfo G, Choi J, et al. Left heart decompression on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in children with dilated cardiomyopathy and myocarditis: an extracorporeal life support organization registry review[J]. Pediatr Crit Care Med, 2021, 22(12): 1026-1032. DOI: 10.1097/PCC. 0000000000002775.
- [59] Lin YJ, Liu HY, Kuo HC, et al. Left ventricle decompression strategies in pediatric peripheral extracorporeal membrane oxygenation[J]. Acta Cardiol Sin, 2019, 35(3): 335-341. DOI: 10.6515/ACS. 201905\_35(3). 20181125A.
- [60] Becher PM, Schrage B, Sinning CR, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiopulmonary support[J]. Circulation, 2018, 138(20): 2298-2300. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA. 118. 036691.

(收稿日期: 2024-07-18)

**本文引用格式:** 师博艺, 彭卫. 左心减压策略在静脉-动脉体外膜肺氧合中的研究进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2025, 24(3): 282-287. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202407043-015.

**Citing this article as:** Shi BY, Peng W. Research progress on left heart decompression strategies in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. J Clin Ped Sur, 2025, 24(3): 282-287. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202407043-015.

· 编者 · 作者 · 读者 ·

## 如何从你身边发现临床研究的方向

说来可能有些绝对,任何一个有过临床工作经验的人都是有能力和条件开展临床研究的,关键是克服各种困难,持之以恒。在日常的临床工作中,遇到的问题往往是临床研究的机遇和起点,此时可以选择最便捷的方式记录你发现的临床问题,同时对相似的临床问题进行合并,用简明扼要的语言准确地表述临床问题。当这些问题已经积累的足够丰富时,可以采取适当的方式整理和储存这些临床问题,形成数据库。在阅读文献和相关领域学术新闻的基础上,在各种临床问题中筛选重要的、有研究价值的临床问题。在临床研究工作中不断使用临床问题数据库,并不断凝练临床问题背后的科学问题,将其作为临床问题数据库的补充或延伸。进行到这一步,你会发现你的科研思路已经基本形成,相关的研究方案其实在前期的准备过程中已经整理的非常明晰,很大程度上避免了“为科研而科研”的纠结和烦恼。