

· 综述 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2020.02.15

静脉-动脉体外膜氧合中左心室减压方式的研究进展

张朋宾, 翟科蓉, 高秉仁, 李勇男

[摘要]: 近年来,静脉-动脉体外膜氧合(V-A ECMO)越来越多地应用于难治性心源性休克患者的救治中,并被证明可明显改善患者预后。但当 V-A ECMO 运行时,左心室后负荷的增加,可能导致左心室扩张、心内膜缺血、心室功能恢复延迟、室性心律失常、肺水肿及左心室血栓形成等并发症。因此,在 V-A ECMO 应用期间,对于增加的左心室后负荷可能会带来上述严重并发症的患者,应用左心室减压技术可以预防或减少相关并发症。目前,临床上存在多种左心室减压技术,但尚无统一的应用共识,本文将就 V-A ECMO 应用期间左心室减压技术作一综述。

[关键词]: 心源性休克;体外生命支持;体外膜氧合;左心室减压;主动脉球囊反搏;左心室辅助

Recent advances of left ventricular unloading during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation

Zhang Pengbin, Zhai Kerong, Gao Bingren, Li Yongnan

Department of Cardiac Surgery, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou, 730030, China

Corresponding author: Gao Bingren, Email: bingrengao@foxmail.com

Li Yongnan, Email: lyngyq2006@foxmail.com

[Abstract]: In recent years, veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (V-A ECMO) has been widely used for patients with refractory cardiogenic shock (CS) and significantly improved outcomes. However, when V-A ECMO is operated, the increased left ventricular afterload may lead to many complications including left ventricle dilatation, endocardial ischemia, delayed ventricular recovery, ventricular arrhythmia, pulmonary edema, and left ventricular thrombosis. Left ventricular venting could prevent or reduce related complications. At present, a variety of left ventricular unloading techniques have been used in clinical practice, but no consensus is achieved. This article will review the techniques of left ventricular unloading during the application of V-A ECMO.

[Key words]: Cardiogenic shock; Extracorporeal life support; Extracorporeal membrane oxygenation;

Left ventricular unloading; Intra-aortic balloon pump; Left ventricular assist

体外膜氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)支持是一种体外生命支持技术,其越来越多地应用于各种危重患者救治^[1]。根据国际体外生命支持组织(Extracorporeal Life Support Organization, ELSO)调查数据显示,截止至 2019 年 7 月,全球共有将近 12 万名患者应用 ECMO^[2]。近年来,我国 ECMO 例数呈现逐年上升趋势,2018 年全国开展 ECMO 约为 2 655 例^[3]。

基金项目:兰州大学第二医院“萃英科技创新”计划项目(CY2017-MS07、CY2019-QN01)

作者单位:700030 甘肃省兰州市,兰州大学第二医院心脏外科(张朋宾、翟科蓉、高秉仁、李勇男),体外生命支持实验室(李勇男)

通讯作者:高秉仁,Email:bingrengao@foxmail.com

李勇男,Email:lyngyq2006@foxmail.com

静脉-动脉(veno-arterial, V-A)ECMO 可以同时提供循环和呼吸支持,为心源性休克或心脏骤停患者创造等待心肌恢复的时间、提供过渡至长期机械循环支持或心脏移植的条件^[4]。虽然,V-A ECMO 引流静脉血减低右心室前负荷,但逆向血流灌注会导致左心室后负荷增加,对于存在严重左心功能障碍的患者而言,此时左心室可能不能将足够的血液泵出,左心室舒张末期压力升高,会导致心内膜下缺血等不良结局^[5-6]。左心室压力负荷过高会导致左心室扩张,进而导致左心房压力升高和急性肺组织水肿,左心室压力负荷过高会增加室壁压力和心肌耗氧量,影响心室功能的恢复。当左心室收缩功能明显受损并且左心后负荷处于极度增高状态时,在 V-A ECMO 处于高流量状态下,即使在收缩期,主动脉瓣仍无法开放,这会导致左心室血液瘀滞

与血栓形成(图 1)^[7-8]。

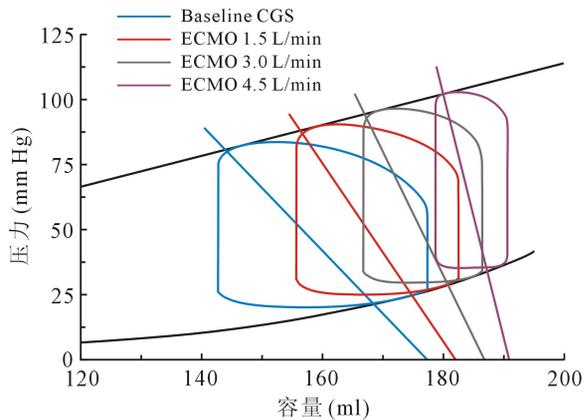


图 1 不同 V-A ECMO 流量与左心室压力容积环

由于在 V-A ECMO 辅助期间,左心室后负荷增加会限制心功能的恢复,对患者远期预后产生不良影响^[9]。值得注意的是,尽管 V-A ECMO 增加了心脏后负荷,但是相关的副作用并不总是存在;或者存在轻微的副作用,但患者的血流动力学及心脏结构未出现异常。因此,V-A ECMO 期间应用左心室减压技术,可以减少或者避免左心室后负荷增加带来的相关并发症^[8]。目前,临床上应用的左心室减压技术包括:通过经胸与经皮途径置入左心减压管,或联合应用其他辅助装置进行左心室减压。但是,左心室减压技术大部分具有侵入性,各种左心室减压方式的安全性和有效性仍存在争议,本文将对现有的左心室减压技术作一综述。

1 经胸途径左心室减压术

对于心脏手术后需应用 V-A ECMO 的患者来说,可以在术中或结束时立即置入左心室减压导管^[8]。通过右上肺静脉置入左心室减压管道时,应用 Y 型管道连接至 ECMO 的静脉通路,这种方式可置入较大直径的左心室减压管,充分保证减压流量与效果^[10]。Weymann 等报道通过右上肺静脉对 V-A ECMO 的成人患者进行左心室减压,并且经胸超声可以指导左心室减压管道的放置并评估左心室的扩张程度^[10]。Sandrio 等通过此方法对 8 名 ECMO 患儿进行左心室减压,未观察到心室内血栓与血栓栓塞性卒中等并发症,证明其在小儿 ECMO 时的安全性与有效性^[11]。除上述入路外,还可通过左心耳、肺动脉、心尖放置左心室减压管。特别是,由于患儿肺静脉相对狭小,左心室减压管可能会损伤患儿肺静脉,因此,在 V-A ECMO 辅助期间,经肺动脉途径可能是患儿左心室减压的有效方法。Kimura

等曾报道经肺动脉行左心室减压技术,临床效果满意^[12]。Tepper 等曾报道经左心室心尖与左心房减压,肺动脉舒张压明显减低,肺水肿得到改善^[13]。

除传统手术方式外,微创手术可经胸部剑突下与前外侧入路行左心减压,其中经前外侧入路最常见。Keenan 等在超声引导下经右侧小切口行左心室减压,患者血流动力学明显改善并成功脱机^[14]。Centofanti 等经左前外侧入路经心尖置入左心室减压管道行左心室减压,患者心脏排出量明显改善^[15]。Guirgis 等报道经剑突下入路,暴露心尖后置入 16~20 Fr 管道行左心室减压^[9]。此外,Eudailey 等曾报道经横膈行左心室减压术^[16]。

2 经皮途径左心室减压术

除经胸途径外,在主动脉、房间隔及肺动脉内经皮放置减压管道,可减少传统外科手术左心室减压方式对患者的侵害性。通过股动脉或其他入路经主动脉将左心室减压导管送入左心室,具有快速完成左心室减压的优势^[17]。Hong 等报道经股动脉入路置入 5 Fr 猪尾导管,术后患者左心室射血分数与左心室舒张末期容积均存在明显改善^[18]。Chocron 等报道经右侧锁骨下动脉入路行经皮主动脉左心室导管减压术^[19]。当 V-A ECMO 患者存在心房水平的左向右分流(如房间隔缺损或卵圆孔未闭)时,其可以有效地避免左心室压力过高^[8]。因此,经皮进行房间隔造孔,可以进行间接性左心室减压,可通过球囊、刀片、Brockenbrough 针等方式完成房间隔造口。对于患儿(如卵圆孔未闭)而言,球囊房间隔造口是一种相对适宜且可实现充分左心室减压的手术方式,可在超声引导下完成^[17]。Seib 等报道 V-A ECMO 成人患者,采用球囊房间隔造口术,术后左心室压力和肺充血程度明显下降^[5]。但是,需要注意的是房间隔造口术是一种有创操作,可能出现心包积液、心脏填塞及室性心律失常等并发症,并且其属于间接的左心室减压,无法预防左心室血液瘀滞与血栓形成。虽然,有研究报道大部分医源性房间隔缺损有自发闭合的趋势,但是很多患者仍需要手术修复^[20]。Bernhardt 等报道在 X 线透视或者超声引导下,经股静脉将减压导管穿房间隔送入左心房进行左心室减压^[21]。Na 等曾报道运用 Brockenbrough 针行房间隔造口术后,通过股静脉穿房间隔缺口于左心房内置入具有多个侧孔的单静脉套管,可实现双心房减压^[22]。此外,Haynes 等报道借助心房支架进行减压,其可以确定心房水平分流量的大小并可以保持稳定的分流量,但支架错位等并发症限制其

运用^[8,17]。经肺动脉间接左心室减压技术的机理为减少流入左心室的血流量,研究报道可以采用经右颈内静脉和股静脉入路将减压管道置入至肺动脉对患者进行左心室减压^[23-24]。

3 主动脉内球囊反搏 (intra-aortic balloon pump, IABP)

理论上,IABP 可以增加主动脉舒张压和冠状动脉的血流量并可以降低左心室后负荷^[5, 8]。Sauren 等进行动物实验发现,IABP 可减低 V-A ECMO 期间左心室后负荷并可增加冠状动脉血流量^[8]。V-A ECMO 联合 IABP 应用在临床实践中被广泛使用,部分 ECMO 中心对于 V-A ECMO 的患者已经常规联用 IABP 辅助支持。Santise 等研究发现 V-A ECMO 联合 IABP 明显提高撤机率和患者生存率^[25]。阜外医院研究结果表明,ECMO 联合 IABP 可提高心脏术后心源性休克患者的生存率^[26]。Brechot 等证明 IABP 可减轻心源性休克患者应用 V-A ECMO 期间出现的肺水肿^[27]。但有研究发现,与单独使用 ECMO 相比,ECMO 联合 IABP 临床效果无明显获益^[28-30]。2018 年,笔者团队纳入 29 个临床研究进行 Meta 分析,发现与单用 V-A ECMO 相比,V-A ECMO 联合 IABP 可明显降低住院死亡率,在体

外心肺复苏 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR)、心脏术后心源性休克及缺血性心脏病亚组分析中也得到了相似的结果,并且在神经系统并发症、胃肠和肢体并发症方面未发现明显差异^[31]。

4 Impella

Impella 是一种微小轴流血泵装置,该装置横跨主动脉瓣,一部分位于左心室,一部分位于主动脉中,其通过主动从左心室泵出血液达到左心室减压的效果,可以减少心室前负荷,不增加后负荷^[5, 32]。在 X 线透视或超声引导下,Impella 可在经皮条件下通过股动脉或腋动脉、主动脉及主动脉瓣途径完成放置。Impella 泵入主动脉的血流可带动主动脉根部的血液流动,防止主动脉根部血流瘀滞与血栓形成,避免冠状动脉血栓栓塞等血管并发症^[5]。Pappalardo 等发现 Impella 联合 V-A ECMO 与单用 V-A ECMO 相比,住院患者死亡率明显降低 (47% vs. 80%, $P < 0.001$),两组出血事件发生率未见明显差异^[33]。Fiedler 等同样证实 V-A ECMO 联合 Impella 与单用 V-A ECMO 相比可改善患者左心室功能和提高患者生存期^[34]。但是,值得注意的是,Impella 左心室减压效果明显,但会增加溶血风险,是临床医生需要警惕的问题^[35]。

表 1 左心室减压技术总结

左心室减压技术手段	具体机制
经胸途径	
减压导管一端经右上肺静脉或心尖置于左心室	引流左心室血液行直接左心室减压
减压导管一端经右上肺静脉置于左心房	引流左心房血液,减少左心房流入左心室的血流量,行间接左心室减压
减压导管一端置于左心耳	引流左心房血液,减少左心房流入左心室的血流量,行间接左心室减压
减压导管一端置于肺动脉	引流肺动脉血流,减少肺循环血流量,行间接左心室减压
微创切口(前外侧入路、剑突下入路、横膈入路),减压管道一端经心尖置于左心室	引流左心室血液行直接左心室减压
经皮途径	
经主动脉左心室导管减压术:减压导管的一端通过股动脉或其他入路经主动脉瓣植入左心室	引流左心室血液行直接左心室减压
经房间隔左心室减压术:通过球囊房间隔造口、刀片房间隔造口、Brockenbrough 针房间隔穿刺、心房支架,经房间隔于左心房置入减压导管	进行房间隔人工造口,造成心房水平的左向右分流,行间接左心室减压
经肺动脉左心室减压:减压导管一端置于肺动脉中	引流肺动脉血流,减少肺循环血流量,行间接左心室减压
左心室减压装置	
主动脉内球囊反搏 (intra-aortic ballon pump, IABP)	随心动周期 IABP 自动充气、放气,降低心脏后负荷行左心室减压
Impella	主动性从左心室泵出血液,行直接左心室减压
TandemHeart	经房间隔引流左心房中的血液,行间接左心室减压

注:当 V-A ECMO 的流量增大时,导致左心室舒张末压升高^[7]。

5 TandemHeart

TandemHeart 通过引流出左心房血液,减少流入左心室血流量,发挥间接的左心室减压功能^[36]。该装置流入管道可通过上腔静脉或下腔静脉经右心房,穿过房间隔放置左心房中,进而引流左心房中的血液,流出通道则将血液经股动脉泵入主动脉中^[8, 36]。Li 等报道 V-A ECMO 联合 TandemHeart 可以提高患者血流动力学的稳定性并扭转患者循环衰竭状态^[37]。TandemHeart 有效性得到证明,但在置入 TandemHeart 左心房引流管过程中,会存在穿透主动脉根部、冠状动脉窦、右心房后游离壁等风险,值得临床医生警惕^[37]。

6 展 望

V-A ECMO 应用期间因左心室后负荷的增加,会导致的心脏功能恢复延迟及其他并发症,其是临床关注的不良影响之一。一项 Meta 分析证实,在 V-A ECMO 应用期间,左心室减压术可明显降低患者死亡率,并不会增加患者发生出血、多器官功能障碍、卒中或短暂性脑缺血发作及肢体缺血性损伤等并发症的风险^[38]。本文就临床现有开展的左心室减压技术进行总结(表 1),一方面未来研究仍需要验证不同左心室减压技术带来的并发症与临床获益,另一方面,针对不同原因引发的难治性心源性休克,在应用 V-A ECMO 期间选用何种左心室减压技术才能实现最有效与安全的左心室减压,仍需要进行进一步研究。

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.
- [2] Extracorporeal Life Support Organization. ECLS Registry Report International Summary[EV/OL]. 2019-10-20. <https://www.elso.org/Registry/Statistics/InternationalSummary.aspx>.
- [3] 中国生物医学工程学会体外循环分会. 2017 与 2018 年中国心外科手术和体外循环数据白皮书[J]. *中国体外循环杂志*, 2019, 17(5): 257-260.
- [4] Guglin M, Zucker MJ, Bazan VM, *et al*. Venoarterial ECMO for adults: JACC scientific expert panel[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(6): 698-716.
- [5] 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.
- [6] Lim HS, Howell N, Ranasinghe A. Extracorporeal life support: physiological concepts and clinical outcomes[J]. *J Card Fail*, 2017, 23(2): 181-196.
- [7] Burkhoff D, Sayer G, Doshi D, *et al*. Hemodynamics of mechanical circulatory support[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 66(23): 2663-2674.
- [8] 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.
- [9] Donker DW, Brodie D, Henriques JPS, *et al*. Left ventricular unloading during veno-arterial ECMO: a review of percutaneous and surgical unloading interventions[J]. *Perfusion*, 2019, 34(2): 98-105.
- [10] Weymann A, Schmack B, Sabashnikov A, *et al*. Central extracorporeal life support with left ventricular decompression for the treatment of refractory cardiogenic shock and lung failure[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2014, 9: 60.
- [11] Sandrio S, Springer W, Karck M, *et al*. Extracorporeal life support with an integrated left ventricular vent in children with a low cardiac output[J]. *Cardiol Young*, 2014, 24(4): 654-660.
- [12] Kimura M, Kinoshita O, Fujimoto Y, *et al*. Central extracorporeal membrane oxygenation requiring pulmonary arterial venting after near-drowning[J]. *Am J Emerg Med*, 2014, 32(2): e1-e2.
- [13] Tepper S, Masood MF, Baltazar Garcia M, *et al*. Left ventricular unloading by impella device versus surgical vent during extracorporeal life support[J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104(3): 861-867.
- [14] Keenan JE, Schechter MA, Bonadonna DK, *et al*. Early experience with a novel cannulation strategy for left ventricular decompression during nonpostcardiotomy venoarterial ECMO[J]. *ASAIO J*, 2016, 62(3): e30-e34.
- [15] Centofanti P, Attisani M, La Torre M, *et al*. Left ventricular unloading during peripheral extracorporeal membrane oxygenator support: a bridge to life in profound cardiogenic shock[J]. *J Extra Corpor Technol*, 2017, 49(3): 201-205.
- [16] Eudailey KW, Yi SY, Mongero LB, *et al*. Trans-diaphragmatic left ventricular venting during peripheral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Perfusion*, 2015, 30(8): 701-703.
- [17] Xie A, Forrest P, Loforte A. Left ventricular decompression in veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2019, 8(1): 9-18.
- [18] Hong TH, Byun JH, Lee HM, *et al*. Initial experience of transaortic catheter venting in patients with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock[J]. *ASAIO J*, 2016, 62(2): 117-122.
- [19] Chocron S, Perrotti A, Durst C, *et al*. Left ventricular venting through the right subclavian artery access during peripheral extracorporeal life support[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2013, 17(1): 187-189.
- [20] Alkhouli 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.
- [21] Bernhardt AM, Hillebrand M, Yildirim Y, *et al*. Percutaneous

- left atrial unloading to prevent pulmonary oedema and to facilitate ventricular recovery under extracorporeal membrane oxygenation therapy[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2018, 26(1): 4-7.
- [22] 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.
- [23] Avalli L, Maggioni E, Sangalli F, *et al*. Percutaneous left-heart decompression during extracorporeal membrane oxygenation; an alternative to surgical and transeptal venting in adult patients[J]. *ASAIO J*, 2011, 57(1): 38-40.
- [24] Fouilloux V, Lebrun L, Mace L, *et al*. Extracorporeal membranous oxygenation and left atrial decompression; a fast and minimally invasive approach[J]. *Ann Thorac Surg*, 2011, 91(6): 1996-1997.
- [25] Santise G, Panarello G, Ruperto C, *et al*. Extracorporeal membrane oxygenation for graft failure after heart transplantation: a multidisciplinary approach to maximize weaning rate[J]. *Int J Artif Organs*, 2014, 37(9): 706-714.
- [26] Chen K, Hou J, Tang H, *et al*. Concurrent implantation of intra-aortic balloon pump and extracorporeal membrane oxygenation improved survival of patients with postcardiotomy cardiogenic shock [J]. *Artif Organs*, 2019, 43(2): 142-149.
- [27] Brechot 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.
- [28] 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.
- [29] Park TK, Yang JH, Choi SH, *et al*. Clinical impact of intra-aortic balloon pump during extracorporeal life support in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock[J]. *BMC Anesthesiol*, 2014, 14: 27.
- [30] 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.
- [31] Li Y, Yan S, Gao S, *et al*. Effect of an intra-aortic balloon pump with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation on mortality of patients with cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis dagger†[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 55(3): 395-404.
- [32] Desai SR, Hwang NC. Strategies for left ventricular decompression during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation - a narrative review[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 34(1): 208-218.
- [33] 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.
- [34] Fiedler AG, Dalia A, Axtell AL, *et al*. Impella placement guided by echocardiography can be used as a strategy to unload the left ventricle during peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32(6): 2585-2591.
- [35] Badiye AP, Hernandez GA, Novoa I, *et al*. Incidence of hemolysis in patients with cardiogenic shock treated with impella percutaneous left ventricular assist device[J]. *ASAIO J*, 2016, 62(1): 11-14.
- [36] Nagpal AD, Singal RK, Arora RC, *et al*. Temporary mechanical circulatory support in cardiac critical care: a state of the art review and algorithm for device selection [J]. *Can J Cardiol*, 2017, 33(1): 110-118.
- [37] Li YW, Rosenblum WD, Gass AL, *et al*. Combination use of atandemHeart with an extracorporeal oxygenator in the treatment of five patients with refractory cardiogenic shock after acute myocardial infarction [J]. *Am J Ther*, 2013, 20(2): 213-218.
- [38] 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.

(收稿日期:2019-12-03)

(修订日期:2020-02-01)