

# 超声在围手术期患者体外膜肺氧合治疗中的应用价值

易仁凤 郭娟 郭瑞强

**摘要** 体外膜肺氧合(ECMO)是一种心肺支持技术,其通过转流右心房的血液到体外氧合后重新输入体内,可在中短期内对心肺功能的恢复进行支持辅助,在重症患者的治疗中发挥了作用。床旁超声为非侵入性检查,可进行重复观测,成为围手术期间的重要监测手段。本文从超声在 ECMO 应用期间对适应证及 ECMO 模式的选择、对 ECMO 插管期间的指导、支持治疗期间及脱机时心功能的监测等方面,综述了目前超声在静脉-动脉模式 ECMO 和静脉-静脉模式 ECMO 支持治疗中的应用状况。

**关键词** 超声检查;体外膜肺氧合;围手术期  
[中图分类号]R540.45 [文献标识码]A

## Application value of ultrasound in treatment of extracorporeal membrane oxygenation in perioperative patients

YI Renfeng, GUO Juan, GUO Ruiqiang

Department of Ultrasound, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430000, China

**ABSTRACT** Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a cardiopulmonary support technique, which supports and assists the recovery of cardiopulmonary function in the short to medium term by transferring blood from the right atrium to the cardiopulmonary oxygenation and then re-entering the body. The application of ECMO has shown its advantages in the treatment of more and more patients with severe cardiopulmonary. As a non-invasive examination, bedside ultrasound can be observed repeatedly and has become an important monitoring method during perioperative period. Through the selection of indications and ECMO mode during the application of ECMO, the guidance during the intubation of ECMO, the monitoring of cardiac function during the supportive treatment and during weaning, the present application of ultrasound in the veno-arterial mode ECMO and veno-venous mode ECMO supportive treatment were introduced.

**KEY WORDS** Ultrasonography; Extracorporeal membrane oxygenation; Perioperative period

体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)是一种将静脉血转流到体外,并在体外进行氧合,将氧合后的血液重新泵入体内的中短期心肺支持技术。ECMO分为静脉-动脉模式体外膜肺氧合(VA ECMO)和静脉-静脉模式体外膜肺氧合(VV ECMO)两种模式,其将血液转流到体外进行氧合和泵入可为体循环提供支持,为心肺功能的恢复赢取时间。超声心动图对 ECMO 期间插管及心脏结构和功能的动态监测有助于重症患者综合评估和管理<sup>[1]</sup>。本文从超声在 ECMO 支持期间对患者适应证及 ECMO 模式的选择、对 ECMO 插管期间的指导、支持治疗期间及脱机时心功能的监测等方面,综述了其在成人患者中的应用现状。

### 一、超声在 ECMO 适应证和 ECMO 模式的选择中的作用

#### 1. 超声在 ECMO 启动前对可逆病因的识别和禁忌症的排

除。在启动 ECMO 前,根据患者的血流动力学情况进行全面的超声检查可识别潜在可逆转的病因、排除 ECMO 的禁忌症、选择合适的 ECMO 模式。潜在可逆转的病因包括心脏压塞、心内分流或不明原因的左心室功能不全等<sup>[2]</sup>。排除 ECMO 绝对禁忌症: VV ECMO 模式需排除严重的心力衰竭、肺动脉高压; VA ECMO 模式应排除严重的主动脉瓣反流、未修复的主动脉夹层。

2. 超声心动图在 ECMO 启动前对心脏结构和功能的评价。患者一旦接受 ECMO 支持治疗,其右心房室间的压力梯度将发生改变,故在 ECMO 支持治疗前需应用超声心动图评价右心功能,检测参数包括腔室的大小、右室面积变化分数(FAC)、三尖瓣环收缩期位移(TAPSE)及三尖瓣环收缩期峰值速度(s)<sup>[3]</sup>。另外还需要对三尖瓣的形态功能进行评价,观察瓣膜是否存在反流或狭窄。三尖瓣狭窄可以影响从右心房到右心室的含氧

血液的流动,急性重度三尖瓣狭窄可表现为严重的低氧血症;在VA ECMO中超声心动图需要重点检测左心功能,包括腔室大小、室壁运动情况、左心室收缩和舒张功能<sup>[3]</sup>。ECMO植入前对左心功能的评估可以指导手术期间血管活性药物和液体药物的用量;另外检查二尖瓣和主动脉瓣的形态功能,可以判断二者有无狭窄或反流,并量化瓣膜的反流程度,确定瓣膜病变的病因,以排除适合外科手术干预者。VA ECMO植入后将会增加左心室后负荷,致其原已存在的主动脉瓣关闭不全进一步加重导致左心室扩张、肺水肿,以及继发于心肌耗氧量增加的心内膜下缺血的风险增加。重度二尖瓣反流的存在同样可能与肺水肿增加有关,如果存在二尖瓣脱垂,则应在ECMO支持期间重复观察,以排除心内膜炎发展。总之,启动ECMO前进行超声心动图检查,可以帮助评估心功能和选择适应证,便于ECMO支持期间的管理。

3. 指导选择ECMO模式。VV ECMO和VA ECMO两种模式的选择取决于患者失代偿的病因,而超声心动图检查可帮助明确病因。VV ECMO主要用于对呼吸系统的支持,其虽不能提供直接的心脏支持,但VV ECMO的使用,使气道压力降低,严重的低氧血症和高碳酸血症得以改善,从而降低肺血管阻力,减少右心室后负荷并改善右心功能,使左心室充盈<sup>[4]</sup>。继发于急性呼吸窘迫综合征的急性右心衰竭在大多数情况下适于选用VV ECMO模式<sup>[5]</sup>,其通过肺动脉血液的氧合于VV ECMO支持后改善了缺氧诱导的血管收缩和肺动脉高压症状,进而改善右心功能。但患者一旦出现持续性右心功能不全,需立刻更换为VA ECMO。VA ECMO模式是心肺功能受损患者的首选,其可提供全面的心肺支持,伴随显著的左心功能障碍,是选择VA ECMO的明确指征。超声心动图在评估左心室收缩功能中起到关键作用。

## 二、超声对ECMO插管的指导

超声心动图可以帮助确定插管的位置,其不仅可准确诊断插管并发症,还可以识别血栓、血管狭窄、动脉瘤或严重的动脉粥样硬化疾病,从而有助于插管<sup>[6]</sup>。静脉引流插管的型号是决定ECMO回路血流量的主要因素。ECMO回路中血流量需求越大,静脉引流管相应的型号尺寸越大。因此,超声准确测量血管直径有助于选择插管尺寸<sup>[7]</sup>。

1. 超声在VV ECMO插管期间的指导。VV ECMO中,血液从静脉系统排出,经氧合和去除二氧化碳后返回患者的静脉系统。外周经皮插管常用的有两种方式,第一种是经股静脉插管进到下腔静脉中,再灌注导管通过颈内静脉进入上腔静脉,最终被推进右心房。在插管过程中,如果引流套管尖端前行不够,则尖端压在下腔静脉壁上的风险增加;反之如果套管进入右心房过深,则存在损坏心房结构的风险。为达到最佳引流效果,操作时引流套管尖端应位于下腔静脉与右心房交界处的右心房中。而灌注回流管的位置可以通过血流多普勒显示其返回的血液流向。此外,为避免造成再循环的可能,静脉引流套管不能太靠近再灌注回流管<sup>[8]</sup>。另一种方式是通过右颈内静脉插入上腔静脉的单个双腔插管。双腔插管设计用于从下腔静脉和上腔静脉排出血液,并将含氧血液返回,流向三尖瓣。其优点是单点插管和减少了再循环的可能<sup>[9]</sup>。双腔插管需要通过超声引导在正

确的血管内引导,可视化导丝对于进行安全插管至关重要。通过多角度观察导丝,以确认其未通过三尖瓣进入右心房,未穿房间隔或进入冠状窦。超声心动图提供了插管不同部分的适当位置的良好视图。

2. 超声在VA ECMO插管期间的指导。成人多采用外周血管插管,以经股动静脉插管最为常见。与VV ECMO一样,VA ECMO中的血液也从静脉系统排出,但其在氧合和二氧化碳去除后返回动脉系统。VA ECMO引流右心房血液到体外氧合,此过程类似VV ECMO。此时超声定位引流管引流位置应在下腔静脉至右心房交界处的右心房中,氧合后的血液通过回流套管穿过股动脉,套管尖端应位于髂动脉或远端主动脉。超声通过观察动脉内的导丝走向,可以定位回流套管位置,避免分支血管内动脉插管的错位。此外,VA ECMO中动脉再灌注的回流管通常较细,此时应建立远端股动脉的侧支循环,以确保足够的血液供给下肢;如在短期内未建立侧支循环,需应用超声检查足背动脉的血流情况,确保远端肢体得以灌注<sup>[10]</sup>。

## 三、超声在ECMO支持期间的监测

1. 超声在VA ECMO支持期间的监测。VA ECMO期间连续监测双心室功能可以及早发现心功能恢复的迹象;使用超声心动图检查可以评估及调节ECMO的流量。在ECMO支持期间,超声心动图可以通过检测心腔的大小监测血流是否排空。此外,监测主动脉瓣血流也非常重要。在外周VA ECMO中,逆行入主动脉内的血流与从左心室搏出的血流相竞争,闭合的主动脉瓣最终会导致左心室扩张和主动脉内血栓形成。有文献<sup>[11-12]</sup>报道在VA ECMO支持期间因左心室输出量不足,超声心动图可显示主动脉根部和升主动脉近端血栓形成。超声心动图监测期间若出现自发回声对比表明血液淤滞,患者可能有血栓形成的风险。此外,后负荷的增加使得先前主动脉瓣关闭不全和左室扩张进一步加重,一旦超声心动图检测出左心房、左心室扩张,主动脉瓣开放受限,则需进行左心减压<sup>[13-14]</sup>。

2. 超声在VV ECMO支持期间的监测。目前, VV ECMO期间应用超声心动图监测心功能的相关报道较少。在VV ECMO期间,因为血液从右心排出又重新返回到右心,右心预负荷无显著变化。ECMO氧合回流后的混合静脉血血氧饱和度的增加具有两个有益效应。首先,其可能会降低肺血管阻力,使右心后负荷降低;其次,可以通过增加向左心的氧输送并因此增加冠状动脉循环来间接地改善左心功能<sup>[15]</sup>。超声心动图在ECMO支持期间不仅可以对套管的定位进行准确监测,还可以通过评估心室的大小和功能进行ECMO支持期间流体的管理,帮助医师确定是否存在血流量的不足<sup>[16]</sup>。呼吸窘迫综合征患者液体超载通常提示需限制液体和/或利尿进行治疗,有时以限制ECMO流量为代价。然而ECMO流量的减少可能是由插管引起的,特别是双腔插管。当套管尖位置太接近时易发生再循环,导致患者进一步低氧血症,此时可通过超声检查重新定位确认和调整插管位置;心功能应该根据临床表现进行评估,虽然在此期间患者常伴随有血容量不足,但重要的是通过血流频谱和彩色多普勒评估引流管插口处的血流来排除腔内血栓。

## 四、超声指导ECMO脱机的应用

当心脏有康复的迹象时,应考虑从体外生命支持中脱机,

延长 ECMO 可能导致其他系统性并发症<sup>[17]</sup>。VV ECMO 的脱机主要依靠临床氧合和肺顺应性参数的评估,通过减少 ECMO 回路的气流量并恢复常规的肺保护性通气逐步过渡到脱机。VA ECMO 在支持及脱机过程中对血流动力学有显著影响,VA ECMO 的脱机需要在超声心动图密切监测下进行<sup>[18]</sup>,因此大多数脱机试验的数据来自 VA ECMO,且目前仍无被定义的标准超声程序<sup>[19]</sup>。研究<sup>[20-21]</sup>表明,当 ECMO 流量逐渐减少,在最小流量的 ECMO 支持下,射血分数可达到 35% 以上,左室流出道速度-时间积分 >10 cm,组织多普勒检测二尖瓣外侧环收缩期 s 波速度 >6 cm/s,可提示脱机。但常规超声心动图参数具有一定的局限性,临床需要更准确的非侵入性方法进行定量分析复杂生理状况下重症患者的心功能,Aissaou 等<sup>[22]</sup>应用常规超声参数、组织多普勒及斑点追踪技术评价 ECMO 成功脱机的患者心功能,研究发现,ECMO 成功脱机的患者左室射血分数、二尖瓣水平舒张早晚期峰值血流速度比值、左室流出道速度时间积分及左室相关的应变参数均恢复得更快,但二尖瓣环舒张早期峰值血流速度未见改变,研究表明 ECMO 成功脱机患者血流动力学更稳定。

此外,还有超声的其他途径应用于指导 VA ECMO 的脱机。Zhou 等<sup>[23]</sup>和 Cavarocchi 等<sup>[24]</sup>使用一次性微型食道探头(hTEE),在 ECMO 脱机试验中动态监测患者的血流动力学变化,指导 ECMO 脱机。该研究发现在脱机试验中,通过对双心室功能和充盈状态进行视觉的定性评估,对心室恢复的阳性预测值达 100%。另有研究<sup>[25]</sup>观察到随着心功能的恢复,心脏通过自身射血产生的顺行血流量逐渐加大,降主动脉内通过 ECMO 再灌注的逆向血流量逐步减少。彩色血流多普勒可以观察到降主动脉血流方向的逆转,判断是否产生了足够的心输出量。在 VA ECMO 中可以通过彩色多普勒观察降主动脉血液回流后血流方向及频谱多普勒检测血流速度评估心脏功能的恢复。

总之,超声在 ECMO 支持的每一环节均起着重要的作用,包括对患者适应证及 ECMO 模式的选择、在 ECMO 插管期间的指导、支持期间心功能和并发症的监测,以及在脱机时于心功能评估。但超声辅助 ECMO 在临床上的应用仍有许多问题未得到解决,需要进一步研究和标准化超声指南以指导临床。

### 参考文献

- [1] Platts DG, Sedgwick JF, Burstow DJ, et al. The role of echocardiography in the management of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2012, 25(2):131-141.
- [2] No authors listed. Cardiac ultrasound and extracorporeal life support: the two go together [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(4):A18-A19.
- [3] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(1):1-39.
- [4] Victor K, Barrett N A, Gillon S, et al. Critical care echo rounds: extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Echo Res Pract*, 2015, 2(2):D1-D11.
- [5] Doufle G, Roscoe A, Billia F, et al. Echocardiography for adult patients supported with extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Crit Care*, 2015, 19:326.
- [6] Dolch ME, Frey L, Buerkle M A, et al. Transesophageal echocardiography-guided technique for extracorporeal membrane oxygenation dual-lumen catheter placement [J]. *ASAIO J*, 2011, 57(4):341-343.
- [7] Conrad SA, Grier LR, Scott LK, et al. Percutaneous cannulation for extracorporeal membrane oxygenation by intensivists: a retrospective single-institution case series [J]. *Crit Care Med*, 2015, 43(5):1010-1015.
- [8] Togo K, Takewa Y, Katagiri N, et al. Impact of bypass flow rate and catheter position in veno-venous extracorporeal membrane oxygenation on gas exchange in vivo [J]. *J Artif Organs*, 2015, 18(2):128-135.
- [9] Abrams D, Bacchetta M, Brodie D. Recirculation in venovenous extracorporeal membrane oxygenation [J]. *ASAIO J*, 2015, 61(2):115-121.
- [10] 杜中涛,邢家林,刘锋,等. 经股动脉插管建立体外膜肺氧合严重下肢缺血危险因素分析 [J]. *中国体外循环杂志*, 2013, 11(3):150-153.
- [11] Madershahian N, Weber C, Scherner M, et al. Thrombosis of the aortic root and ascending aorta during extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Intensive Care Med*, 2014, 40(3):432-433.
- [12] Ramjee V, Shreenivas S, Rame JE, et al. Complete spontaneous left heart and aortic thromboses on extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *Echocardiography*, 2013, 30(10):342-343.
- [13] Rupperecht L, Florchinger 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.
- [14] 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.
- [15] Peris A, Lazzeri C, Cianchi G, et al. Clinical significance of echocardiography in patients supported by venous-venous extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Artif Organs*, 2015, 18(2):99-105.
- [16] Schmidt M, Bailey M, Kelly J, et al. Impact of fluid balance on outcome of adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Intensive Care Med*, 2014, 40(9):1256-1266.
- [17] Cui WW, Ramsay JG. Pharmacologic approaches to weaning from cardiopulmonary bypass and extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2015, 29(2):257-270.
- [18] 周飞虎,胡婕,薛超. 撤离静脉-静脉体外膜肺氧合和静脉-动脉体外膜肺氧合的血流动力学支持策略 [J]. *中华重症医学电子杂志*, 2016, 2(2):89-96.
- [19] Slaughter MS, Silver MA, Farrar DJ, et al. A new method of monitoring recovery and weaning the Thoratec left ventricular assist device [J]. *Ann Thorac Surg*, 2001, 71(1):215-218.
- [20] Platts DG, Sedgwick JF, Burstow DJ, et al. The role of echocardiography in the management of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2012, 25(2):131-141.

[21] Aissaoui N, Luyt CE, Leprince P, et al. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock [J]. *Int Care Med*, 2011, 37 (11): 1738-1745.

[22] Aissaoui N, Guerot E, Combes A, et al. Two-dimensional strain rate and Doppler tissue myocardial velocities: analysis by echocardiography of hemodynamic and functional changes of the failed left ventricle during different degrees of extracorporeal life support [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2012, 25 (6): 632-640.

[23] Zhou YP, Shi JY, Wang F, et al. Continuous renal replacement therapy combined with extracorporeal membrane oxygenation for

pediatric cardiopulmonary failure [J]. *Zhonghua Er Ke Za Zhi*, 2018, 56 (5): 336-341.

[24] Cavarocchi NC, Pitcher HT, Yang Q, et al. Weaning of extracorporeal membrane oxygenation using continuous hemodynamic transesophageal echocardiography [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 146 (6): 1474-1479.

[25] Konishi H, Misawa Y, Nakagawa Y, et al. Doppler aortic flow pattern in the recovering heart treated by cardiac extracorporeal membrane oxygenation *International Society for Artificial Organs* [J]. *Artif Organs*, 1999, 23 (4): 367-369.

(收稿日期: 2019-01-14)

· 病例报道 ·

## Ultrasound diagnosis of conjoined twins in early pregnancy: a case report 超声早孕期诊断联体双胎 1 例

王美美 郭永华 肖保军

[中图法分类号] R445.1; R714.53

[文献标识码] B

孕妇 27 岁, 孕 1 产 0, 既往体健, 孕 11<sup>+</sup>5 周超声检查: 头臀长约 5.1 cm, 多切面探查可见单一颅骨光环, 并略呈“草莓样”形态, 颅内结构杂乱, 脑中线未显示, 头颈部皮肤可见水肿, 胎头一侧似胎儿面部, 其旁可探及一对“青蛙眼”样结构 (图 1), 胎体部可见两条平行行走的脊柱回声, 两脊柱中部胸、腹部相连, 胸部可见心脏搏动, 心内结构、腹腔脏器结构尚无法准确分辨, 另

可见对称排列的两对上肢和两对下肢回声 (图 2)。三维重建可见两胎体呈面对面排列, 头部、胸部、腹部相连, 仅一条脐带连向胎体腹部 (图 3)。超声提示: 联体双胎 (头部、胸部、腹部相连), 其一头部为无脑儿。后引产证实为一联体双胎, 男婴, 可见单一胎头, 且胎头较大, 似可见 4 只眼睛结构, 2 个胎体, 胸腹部相连, 上肢 4 条, 下肢 4 条, 一条脐带与胎体腹部相连 (图 4)。

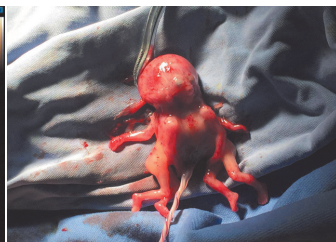
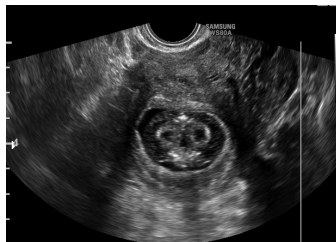


图 1 声像图示“青蛙眼”样结构

图 2 声像图示 2 条平行行走的脊柱回声

图 3 三维超声显示两胎儿呈面对面排列

图 4 联体双胎引产后标本图

讨论: 联体双胎是一种复杂而且罕见的双胎畸形, 为单卵双胎所特有的畸形, 发生率为二十万分之一<sup>[1]</sup>, 仅发生在单绒毛膜囊单羊膜囊双胎妊娠中, 为单绒毛膜单羊膜囊双胎的特有畸形, 在早孕期检查时, 准确判断绒毛膜性和羊膜囊性对双胎妊娠的评估至关重要。如果超声显示两胎儿间有羊膜分隔, 则可排除联体双胎可能; 如果两胎儿间无羊膜分隔, 仅显示一个胎盘, 一个羊膜囊, 需要注意区分单绒毛膜单羊膜囊双胎与联体双胎, 此时需要观察两胎儿间位置关系, 当两胎儿活动少, 姿势固定, 总是处于同一相对位置或出现连带运动时, 应仔细检查两胎儿相连接部位, 对两胎儿连接或凸出胎体的部位应仔细辨认, 当局部相连或仅少部分组织器官融合时容易漏诊, 必要时要让孕妇活动后复查。本病例联体双胎超声仅见一个胎头,

两脊柱中部为胸部、腹部, 胸部水平可见单一心脏结构, 更为少见, 引产后标本仅见单一胎头, 似可见 4 只眼睛, 头部、胸部、腹部多部位相连, 考虑另一胎儿为无脑儿所致。

总之, 超声能直接显示羊膜腔内胎儿数目及联体胎儿的融合部位, 能动态多角度地观察畸形部位, 显示心血管声像; 孕早期超声准确诊断联体双胎情况对降低围产儿死亡率及异常的出生至关重要。

### 参考文献

[1] 李胜利. 胎儿畸形产前超声诊断学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2015: 500-507.

(收稿日期: 2019-02-13)