

成人体外膜肺氧合技术规范

(2024 年版)

目 录

一、前言.....	1
二、适应证与禁忌证.....	2
(一)VV-ECMO.....	2
(二)VA-ECMO.....	4
(三)ECPR.....	5
三、ECMO 建立相关操作.....	6
(一)预充.....	6
(二)VV-ECMO 的建立.....	6
(三)VA-ECMO 的建立.....	9
四、ECMO 建立后相关操作.....	12
(一)插管位置调整.....	12
(二)联合 CRRT 治疗.....	13
(三)ECMO 管路及膜肺更换.....	14
(四)模式转换.....	16
(五)撤离.....	18
五、ECMO 日常监测与管理.....	20
(一)抗凝与出血的监测及处理.....	20
(二)呼吸监测与管理.....	23
(三)血流动力学监测及管理.....	24

(四)镇痛镇静.....	25
(五)院内感染的监测.....	26
(六)常见问题的处理.....	27
编写专家委员会.....	29
参考文献.....	30

一、前言

体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)是体外生命支持 (extracorporeal life support, ECLS)技术的一种,用于暂时的部分或完全替代患者心肺功能,使其得以充分休息,从而为原发病的诊治争取时间,是治疗严重呼吸/循环衰竭的重要支持手段^[1]。二十世纪七十年代到九十年代,ECMO 在新生儿呼吸衰竭及先心病救治当中取得成功。2009 年新型甲型流感大流行之后,多项研究提示重度急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 患者接受 ECMO 治疗较传统疗法有诸多获益。

按照治疗目的,ECMO 主要分为静脉-静脉体外膜肺氧合(veno-venous extracorporeal membrane oxygenation, VV-ECMO)和静脉-动脉体外膜肺氧合(veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO)两种^[2]。VV-ECMO 适用于仅需要呼吸支持的患者,VA-ECMO 以循环支持为主,也可同时兼顾部分呼吸支持。此外,体外二氧化碳清除技术 (extracorporeal carbon dioxide removal, ECCO₂R) 也属于 ECMO 技术的一种,可用于二氧化碳的清除,但其提供的血流量较低(一般不超过 1.5 L/min),对氧合仅有轻度改善作用^[3]。

ECMO 装置主要由血管通路、驱动单元(泵)、膜式氧合器(又称“膜肺”)、监测及控制系统、空氧混合器和变温水箱组成。血管通路指血液从患者体内引出和回输的管路,包括静脉

引流管、动脉灌注管、体外连接管路等。驱动单元(泵)是 ECMO 设备的核心部分,提供患者血液从体内引出、经过膜式氧合器以及返回体内这一循环的动力。膜式氧合器是 ECMO 的另一重要组成部分,是血液在体外进行气体交换的场所,实现血液氧合及排出二氧化碳,同时通过变温水箱对血液进行升温或降温处理。监测及控制系统监测 ECMO 运行数据以及异常报警,以保证 ECMO 安全和有效运行。空氧混合器提供膜式氧合器气体交换所需的稳定气流,并可调节氧浓度。

ECMO 是一项风险高、管理复杂、个体化强以及团队协作要求高的生命支持技术,国家卫生健康委已制定 ECMO 技术的临床应用管理规范^[4],为进一步规范我国 ECMO 的临床应用,保障医疗质量和医疗安全,特制定本技术规范。

二、适应证与禁忌证

(一) VV-ECMO^[5,6]

1. 适应证

(1) 在最优的机械通气条件下($FiO_2 \geq 0.8$, 潮气量 6ml/kg PBW, $PEEP \geq 10\text{cmH}_2\text{O}$),联合如保护性肺通气策略、肺复张、俯卧位通气等其他治疗手段仍效果不佳,氧合指数(PaO_2/FiO_2) $< 80\text{mmHg}$ 的低氧血症呼吸衰竭患者。

(2) 尽管进行了优化的传统机械通气(呼吸频率 35 次/分,气道平台压 $\leq 30\text{cmH}_2\text{O}$),但仍有高碳酸血症($pH < 7.25$)的呼吸衰竭患者。

(3) 作为肺移植或肺移植后原发性移植物功能不全的桥

接呼吸支持。

适应证可包含以下疾病种类：

- ①急性呼吸窘迫综合征(如：病毒/细菌性肺炎和吸入肺炎)；
- ②急性嗜酸性粒细胞肺炎；
- ③弥漫性肺泡出血或肺出血；
- ④严重哮喘；
- ⑤胸部创伤(如：创伤性肺损伤和严重的肺挫伤)；
- ⑥严重的吸入性损伤；
- ⑦大型支气管胸膜瘘；
- ⑧肺移植围手术期(如：原发性肺移植功能不全和移植桥接)。

2. 禁忌证

无绝对禁忌证，相对禁忌证包括如下内容，但 ECMO 团队的经验、家属的意见以及社会经济因素也应充分考虑：

- (1) 导致呼吸衰竭的原发病不可逆且无肺移植意愿；
- (2) 严重脑功能障碍；
- (3) 有抗凝禁忌；
- (4) 高通气支持水平[气道平台压 $> 30\text{cmH}_2\text{O}$ ， $\text{FiO}_2 > 0.9$]应用大于 7 天；
- (5) 血管病变限制通路的建立；
- (6) 免疫抑制；
- (7) 高龄(随着年龄增长死亡风险增加，但未设定具体阈值)。

(二) VA-ECMO^[7-10]

1. 适应证

- (1) 急性冠脉综合征；
- (2) 慢性心力衰竭急性失代偿期；
- (3) 单纯右心衰竭（如：急性肺栓塞或肺疾病导致）；
- (4) 心血管外科术前、术中和术后的支持（如：心脏移植或心室辅助装置过渡、急性冠脉综合征及相关并发症、心脏术后心源性休克，严重原发性移植物功能障碍等）；
- (5) 高危介入和经导管手术的术中支持（如：高危 PCI、TAVR、MitraClip、室性心动过速射频消融术等）；
- (6) 急性暴发性心肌炎、感染和非感染相关心肌疾病（如：COVID-19 感染）；
- (7) 其他病因引起的心源性休克（如：严重不稳定心律失常、低体温、心脏毒性药物所致的心律失常、Takotsubo 综合征、妊娠相关心力衰竭、创伤、中毒等）。

2. 禁忌证

无绝对禁忌证，相对禁忌证如下：

- (1) 严重不可逆的除心脏外的器官衰竭，如严重缺氧性脑损害或转移性肿瘤；
- (2) 不考虑移植或植入长期心室辅助装置的不可逆心脏衰竭；
- (3) 有抗凝禁忌；
- (4) 未经治疗的主动脉夹层、重度主动脉瓣关闭不全等；

(5) 血管病变限制通路的建立。

(三) ECPR (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation)

VA-ECMO 越来越多地被用于心脏骤停后的早期复苏，ECPR 是指对不能恢复自主循环(ROSC)的心脏骤停患者在 CPR 的基础上快速应用 ECMO 提供循环支持。ECPR 应在心脏骤停的早期进行，而不是传统救治手段彻底无效时实施。ECPR 是 VA-ECMO 紧急应用的情形，因此其适应证和禁忌证与常规 VA-ECMO 支持有所不同^[9]。

1. 适应证

(1) 年龄 18~70 周岁 (经评估后若患者具有较好脏器功能、良好神经功能预后，可放宽年龄限制)；

(2) 心脏骤停发生时有目击者，并有旁观者进行传统心肺复苏，且心脏骤停发生到传统心肺复苏开始的时间间隔不超过 5 分钟；

(3) 导致心脏骤停的病因为心源性、肺栓塞、严重低温、药物中毒、外伤、急性呼吸窘迫综合征等可逆病因；

(4) 传统心肺复苏进行 20min 无自主循环恢复、血流动力学不稳定或出现自主循环恢复但自主心律不能维持；

(5) 心脏骤停患者作为器官捐献的供体或即将接受器官移植的受体。

2. 禁忌证

(1) 绝对禁忌证：

①心脏骤停前意识状态严重受损；

- ②多脏器功能障碍；
- ③创伤性出血无法控制，消化道大出血，活动性颅内出血；
- ④左心室血栓；
- ⑤严重的主动脉瓣关闭不全。

(2) 相对禁忌证：

- ①主动脉夹层伴心包积液；
- ②严重的周围动脉疾病；
- ③心脏骤停时间已超过 60min(持续高质量心肺复苏时可适当延长心脏停搏时间)；
- ④有抗凝禁忌。

三、ECMO 建立相关操作

(一) 预充

成人 ECMO 血管通路建议使用生理盐水或复方电解质等晶体液预充，如患者存在严重低血容量，可考虑联合使用血浆、白蛋白或其他胶体液预充管路^[11,12]。预充时即开启变温水箱，可根据患者病情需要预置温度，通常设置为 36.5 ~ 37.0℃，以避免 ECMO 运转开始时低温预充液进入体内导致低体温及相关并发症。但对于 ECPR 患者，可实施目标温度管理，目标温度 32 ~ 36℃。

(二) VV-ECMO 的建立

1. 置管部位

(1) 单腔置管

经典的单腔 VV-ECMO 导管通路为股静脉（引流管）-颈内

静脉（灌注管）和股静脉（引流管）-股静脉（灌注管）两种。股静脉-颈内静脉置管时，以股静脉为引流管，右侧为首选，其插管尖端位置位于下腔静脉肝静脉汇入部位以上；以颈内静脉为灌注管，右侧为首选，其插管尖端位置通常位于上腔静脉与右心房交界处水平。

对部分因颈部解剖结构异常或局部占位原因，无法选择颈内静脉作为灌注管的患者，可选择股静脉-股静脉置管方式。此时灌注管选择一侧股静脉，插管尖端可位于右房内；引流管选择另一侧股静脉，建议引流管尖端位于灌注管尖端下方距离 $\geq 8\text{cm}$ ，以尽可能减少再循环。

（2）双腔置管

双腔 ECMO 插管有利于患者早期活动，再循环低。选择右侧颈内静脉为置管位置，置管过程通常在 X 线透视或经食道超声引导下完成，需保证灌注端开口指向三尖瓣开口处。

相对单腔置管而言，双腔置管操作复杂，操作不当可能造成气胸、气体栓塞、心脏穿孔、心包填塞等风险，开展前需充分评估其获益及风险^[13]。

2.插管选择

（1）插管种类：对常规患者，单腔插管仍最常用。如患者预期置管时间较长，为利于患者早期活动和清醒锻炼，结合所在 ECMO 中心实际情况，可选择双腔插管。

（2）插管类型：ECMO 插管目前主要包括两种类型：单级（single stage），即侧孔位于插管末端；多级（multi-stage），

即多个侧孔位于插管两侧。通常多级插管仅用于引流，单级插管可用于灌注或引流。

(3) 插管规格：所需插管外径（单位：Fr） \approx 所测量血管内径值（单位：mm） $\times 3$ 。成人患者推荐引流管为 19~23Fr，灌注管为 15~19Fr。双腔插管尽量选择与颈内静脉相当的管路，建议插管选择为 24~32Fr，临床上根据患者所需的 ECMO 支持流量选择合适型号。

3. 建立要点

(1) 术前测量剑突至股静脉穿刺点距离以评估引流管预置深度；置管前超声评估穿刺静脉走行，确定穿刺部位；同时超声可评估血管条件，选择合适的插管型号；

(2) 严格的个人防护，包括无菌手套、手术衣、口罩、帽子等，消毒后最大无菌化铺巾；

(3) 穿刺采用超声引导下 Seldinger 法以减少穿刺血管并发症，对于穿刺困难或皮下脂肪较多、穿刺针无法置入的患者可考虑经皮切开置管；

(4) 引导导丝无刻度显示，若置入过程中出现心律失常提示已进入心房，拔出部分导丝至心律失常消失；

(5) 参照插管直径切开皮肤及皮下组织，沿导丝按照由小到大的顺序依次使用扩张子（扩皮器）进行皮下组织及血管扩张，扩张子外径不得大于 ECMO 插管外径；

(6) 肝素化：给予患者静脉应用肝素（50~100IU/kg），3 分钟后抽血检查 ACT，ACT 大于 300 秒后开始置入插管。若患

者为出血高危人群或存在抗凝禁忌，应减少肝素用量或不使用抗凝剂；

(7) 沿导丝置入 ECMO 灌注管及引流管，在侧孔基本置入血管后退出鞘管至 marker 点位置，然后轻柔置入插管，无菌条件下超声定位确定插管送至所需位置，最后导丝和鞘管同时退出，阻断钳夹闭管路，无菌条件下将插管与 ECMO 管路相连接。

4. 初始 ECMO 流量及气流量设定

(1) 打开阻断钳后，ECMO 转速由 1500 转/分缓慢上调至所需 ECMO 流量，初始目标 ECMO 流量 60 ~ 80ml/kg/min，但应根据患者呼吸机条件、血容量状态进行调整，避免高转速下 ECMO 流量不稳定造成的血细胞破坏。

(2) VV-ECMO 模式下空氧混合器初始氧浓度设定 100%，初始气流量：ECMO 流量≈1:1。对于存在高碳酸血症及 pH 明显降低患者，可适当提高气流量，但应注意监测动脉血气，避免 PaCO₂ 下降过快，导致呼吸性碱中毒及中枢神经并发症发生。

(三) VA-ECMO 的建立

1. 置管部位

(1) 外周置管

外周置管技术包括经皮穿刺置管及外科切开置管，经典通路为股静脉（引流管）-股总动脉（灌注管）。灌注管插管部位也可采用锁骨下动脉或腋动脉，该通路用于股动脉通路不可行时的选择，但容易发生因上肢过度灌注导致的手臂肿胀及颅脑过度灌注。颈动脉作为灌注管在成人中常作为最后一种置管方

式选择，因可能增加急性脑损伤的风险，不推荐。

（2）中心置管

中心置管是指引流管直接插管至右心房、灌注管直接插管至升主动脉，最常用于开胸心脏手术后不能脱离体外循环的患者。与外周置管的 VA-ECMO 相比，中心置管可获得更高的流量，从而更好地减轻心脏负荷，血流方向更符合人体生理，但创伤较大，出血和院感发生的风险增加，管路管理难度增大。

2.插管选择

插管选择同 VV-ECMO 模式基本一致，但灌注管通常选用可维持目标流量的最细插管，灌注端动脉可使用超声测量血管直径，通常选择插管外径小于血管内径的 2/3。若为保证足够的 ECMO 流量，动脉插管直径接近于所选择动脉，或合并外周动脉疾病的患者，为保证远端肢体的灌注，建议常规在股浅动脉留置远端灌注管以保证远端肢体血供，建议选择短的 6~8Fr 的远端灌注管。

3.建立要点

VA-ECMO 的置管方法有三种：经皮穿刺法、半切开法和切开法。经皮穿刺法置管相对其他两种置管方法总体建立时间更短，更方便，不需要外科医生的协助，对于大部分急诊科、重症医学科等内科医生是首选的置管方法。半切开法需要采用外科手术的方法切开皮肤以及皮下组织，暴露出股动脉以及股静脉，并在股动脉和股静脉相应位置上留置荷包缝线，再通过直视下经皮穿刺的方式建立 ECMO 插管。相对于经皮穿刺法，半

切开法置管成功率更高，若患者采用经皮穿刺有困难（如动脉粥样硬化、肥胖、低血压、心肺复苏^[14]等）时，半切开法能够快速指导建立 ECMO 路径。对于前两种方法仍置管困难或者无法完成置管时，可采用直接切开法。通过直接切开股动脉血管壁，将 ECMO 插管通过股动脉切口插入股动脉。这种方法血管损伤较大，不利于 ECMO 期间的止血，目前采用较少，主要用于心脏外科体外循环手术时的股动脉置管。本操作规范仅介绍经皮穿刺法及半切开法。

（1）经皮穿刺法

①术前测量剑突至股静脉穿刺点距离以评估引流管预置深度，相比于 VV-ECMO 模式，VA-ECMO 不存在再循环情况，引流管位置可根据临床要求置入更深、甚至达到上腔静脉；置管前超声评估穿刺血管走行，确定穿刺部位。如果一侧股动脉存在明显的狭窄、走行迂曲以及存在血管解剖变异、明显动脉粥样硬化不适合作为 ECMO 置管部位，可选择对侧血管、腋动脉、颈内动脉甚至开胸建立 ECMO。建议选择双侧动脉搏动较强一侧股动脉作为灌注端，对侧股静脉作为引流端；若双侧股动静脉均可用，可根据操作者的操作习惯和操作速度，选择合适的置管路径；

②穿刺置管过程参照 VV-ECMO 建立要点；

③于灌注管同侧股浅动脉放置远端灌注管，连接 ECMO 灌注管与远端灌注管。

（2）半切开法

①于腹股沟韧带中点之下，沿股动脉走行纵行切开皮肤 5~6cm。依次切开皮肤、皮下组织，解剖至股动脉血管鞘膜，切开鞘膜显露股总动脉、股静脉。观察血管口径，再次核实确认选择 ECMO 引流管、灌注管规格；

②暴露出股动脉、股静脉血管合适长度，使用 5-0 prolene 缝线分别于股总动脉、股静脉预置荷包线。荷包线口径以不超过插管口径大小为标准；

③选择切口下方皮肤为穿刺点，穿刺针经皮穿刺经过皮下组织通过切口内血管荷包缝合线中心穿刺进入股静脉、股动脉血管内，穿刺针与血管的穿刺角度愈小愈好。穿刺成功后经过穿刺针植入导引导丝，退出穿刺针；

④肝素化及置入插管方法同经皮穿刺法。

4.初始 ECMO 流量及气流量设定

初始目标 ECMO 流量 50~70ml/kg/min, 初始气流量: ECMO 流量 \approx 0.5~1:1, 后期根据患者血气及循环状态, 复查心脏超声进行 ECMO 流量和气流量调整。空氧混合器初始气流量为 2L/min, 并逐渐增加。氧浓度不宜过高, 避免动脉血氧分压过高。

四、ECMO 建立后相关操作

(一) 插管位置调整

1.插管位置的评估

ECMO 流量是 ECMO 得以运行的重要因素, 而其中引流管位置是实现 ECMO 流量稳定的基础。经胸超声、胸部 X 线片或胸部 CT 等可用于评估引流管位置, 临床中以经胸超声作为主要

手段。

2.插管移位常见原因

ECMO 插管固定不牢固，体位变动，呼吸机参数调整、肺容积及腹腔压力变化后膈肌位移等。

3.调整步骤

(1) 首先要明确置管所需刻度；

(2) 置入过深时消毒穿刺点后直接拔出插管至所需刻度；置入过浅时消毒穿刺点，为避免皮下插管污染而导致血流感染发生，可首先拔出皮下插管部分，至预置刻度部分插管充分碘伏消毒，再次用生理盐水擦拭干净，轻揉送至置入所需刻度；

(3) 再次超声定位，重新缝合固定。

(二) 联合 CRRT (continuous renal replacement therapy, CRRT) 治疗

1.ECMO 与 CRRT 连接方式

(1) CRRT 独立运行：建立新的静脉通路连接 CRRT，因不与 ECMO 连接，因此不会出现压力报警，但会增加患者出血和感染风险。

(2) CRRT 设备与 ECMO 相连接：将两个回路连接在一起会出现血液分流、再循环和 CRRT 报警相关的问题以及增加空气栓塞和血栓形成的风险，目前并无证据表明何种连接方式更优。

①常规连接方式为 CRRT 从 ECMO 膜肺后引血，经 CRRT 滤器滤过后血液回到 ECMO 膜肺前、离心泵后。此方式连接因

离心泵后和膜肺前压力较高，需调整 CRRT 报警上限，反复报警导致 CRRT 频繁暂停容易引起滤器堵塞和血栓形成。

②若离心泵后压力超过 CRRT 滤器报警压力，且病情不允许下调 ECMO 转速情况下，可以考虑采用 CRRT 滤器引血与回血端均连接于 ECMO 离心泵前的连接方式。因离心泵前压力为负压，不推荐常规使用此部位连接 CRRT，会增加管路进气风险。

2.ECMO 与 CRRT 联合使用的抗凝管理

使用常规肝素抗凝，维持 ACT 180 ~ 220 秒，则不需要增加抗凝剂量及额外的抗凝剂。但即使 ACT 已达到目标值，仍可能出现 CRRT 滤器血栓或堵塞，或部分患者因病情原因无法足量抗凝，此时可选择全身抗凝基础上联合 CRRT 枸橼酸局部抗凝。

(三) ECMO 管路及膜肺更换

1.管路更换指征

(1) 血栓形成：在膜肺压力降（膜肺前压力-膜肺后压力）无明显变化情况下，ECMO 在运转过程中，相同转速下出现了流量下降，应考虑管路血栓形成。充分抗凝情况下无明显改善，应更换管路^[15]；

(2) 导管感染：管路细菌定植与 ECMO 期间血流感染相关。与 VV-ECMO 相比，VA-ECMO 的感染的风险增加 25%。怀疑患者发生导管相关感染，应当考虑 ECMO 的撤离或更换管路。

2.膜肺更换参考指征^[16]

(1) 凝血功能异常及红细胞破坏增加：当出现如下指标异

常时，提示膜肺血栓形成并造成凝血指标明显异常，应考虑更换膜肺：血小板进行性下降，乳酸脱氢酶升高，D-二聚体 $> 20\text{mg/dL}$ 或无其它原因短时间内 D-二聚体明显升高，纤维蛋白原 $< 200\text{mg/dL}$ ，游离血红蛋白 $> 50\text{mg/dL}$ ；

(2) 膜肺压力降升高：尚无明确证据指标，常以超过 80mmHg 提示存在需要更换膜肺的可能性；

(3) 气体交换性能下降：排除空氧混合器故障，设定空氧混合器纯氧、气流量 10L/min 下膜肺后血气 $\text{PO}_2 < 200\text{mmHg}$ ， $\text{PCO}_2 > 40\text{mmHg}$ 或较膜前二氧化碳下降小于 10mmHg ；

(4) 感染：膜肺细菌定植是 ECMO 期间另一个可能的感染源，膜肺后行血培养，可提高检出率；

(5) 膜肺破裂导致出血或血浆渗漏。

3. ECMO 管路及膜肺更换步骤

(1) 更换前评估患者整体状况，出凝血指标，呼吸机参数，ECMO 辅助流量，插管留置及固定情况。VV-ECMO 模式提高呼吸机氧浓度至 100% ，关闭 ECMO 气源，观察患者血氧饱和度维持状况。VA-ECMO 模式下调辅助流量至心输出量的 $10\text{-}20\%$ ，提高血管活性药剂量，观察患者生命体征的变化判断病人耐受情况。若无法耐受，应考虑同时更换管路及膜肺；

(2) 仅更换管路患者，可以在原穿刺部位对侧重新置管，置管成功后在所需更换插管穿刺点远端 1米 左右为更换点进行消毒。将 ECMO 转速调至 1500转/分 ，使用两把阻断钳阻断更换点两侧 ECMO 管路，阻断钳间距应大于 10cm ，转速调至 0 ，

于更换点剪断 ECMO 管路，并与新穿刺插管连接，逐步上调 ECMO 转速至辅助流量，下调呼吸机参数及血管活性药剂量；

(3) 仅更换膜肺患者，阻断方法同前，直接连接新 ECMO 膜肺即可；

(4) 需同时更换管路及膜肺患者，其建立方法同 VV-ECMO 与 VA-ECMO 的建立，下调需更换 ECMO 流量的同时上调新置入的 ECMO 流量，待新置入 ECMO 运转成功后撤离原 ECMO 膜肺及管路。

(四) 模式转换

1. VAV-ECMO (veno-arterial-venous extracorporeal membrane oxygenation, VAV-ECMO)

对于 VV-ECMO 支持的患者合并循环衰竭，可以增加股动脉灌注管以提供额外的循环支持。当采用 VA-ECMO 支持的患者合并呼吸衰竭时，可以增加颈内静脉灌注管回输充分氧合的血液，以改善大脑和冠状动脉的氧输送。这种混合模式称为静脉-动脉-静脉 ECMO (VAV-ECMO)，可以同时为心肺衰竭提供支持。

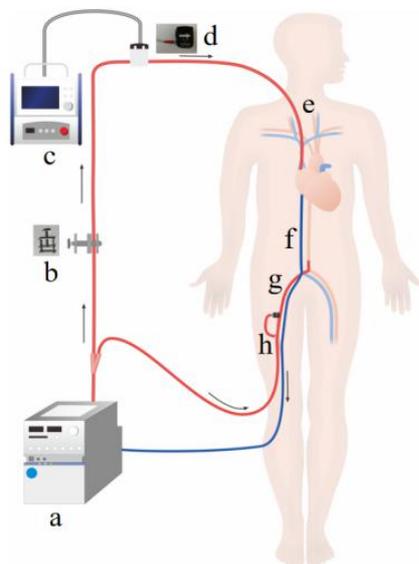
(1) 指征：

① VV-ECMO 支持的患者，合并各种原因导致的心源性休克；

② VA-ECMO 支持的患者，肺功能明显受损，上半身氧合差，导致差异性缺氧。

(2) 建立：VAV-ECMO 需要使用“Y”形接头将灌注端分为

两部分，可应用流量探头监测各分支流量，通过水止夹调节患者需要的股动脉或者颈内静脉血流量，如图所示。



图：VAV-ECMO 连接方式示意图。a.膜式氧合器；b.水止夹；c.流量监测机器；d.流量探头；e.颈内静脉灌注管；f.股静脉引流管；g. 股动脉灌注管；h. 股浅动脉置入侧枝循环鞘管。

2.VVA-ECMO（veno-venous-arterial ECMO，VVA-ECMO）

（1）指征：VVA-ECMO 构架是通过一个“Y”型接头同时从颈内静脉和股静脉引流静脉血液，以更好地降低右心负荷，提高灌注端流量。当存在心内分流和肺动脉高压的情况下，降低右心负荷可以帮助逆转分流和减少持续性低氧血症。在VA-ECMO时，左心室出现膨胀也可以考虑VVA-ECMO，进一步降低左心前负荷。当引流管径较细且需要较高ECMO流量时容易导致溶血的发生，此时VVA-ECMO也有助于改善以上情况。

（2）建立：引流端由“Y”型管同时连接颈内静脉和股静脉

引流管，灌注端进入动脉系统。

（五）撤离

3.VV-ECMO 撤离

（1）指征^[17,18]

①呼吸系统原发病有所控制，肺功能以及影像学表现等改善；

②机械通气患者： $FiO_2 \leq 60\%$ ， $PEEP \leq 10\text{cmH}_2\text{O}$ ， $PaO_2 \geq 70\text{mmHg}$ ；呼吸机设置：潮气量约 6~8mL/kg PBW，气道平台压 $\leq 28\text{cmH}_2\text{O}$ ，呼吸频率 ≤ 28 次/分，动脉血气分析显示 pH 值及 $PaCO_2$ 在可接受范围且患者无过度的呼吸做功；

③非机械通气患者：患者清醒，有一定的咳痰能力， $PaO_2 \geq 70\text{mmHg}$ （鼻导管或面罩吸氧 $\leq 6\text{L}/\text{min}$ 或经鼻高流量氧疗气流量 $\leq 40\text{L}/\text{min}$ ， $FiO_2 \leq 0.3$ ）；动脉血气分析显示 pH 值及 $PaCO_2$ 在可接受范围且患者无过度的呼吸做功。

（2）步骤

①调整呼吸机参数至可接受范围；

②将 ECMO 空氧混合器氧浓度逐渐从 100%降至 21%，每次降低 20%；保持 $SpO_2 > 92\%$ 或 $PaO_2 \geq 70\text{mmHg}$ ；

③将 ECMO 空氧混合器气流量以每次 0.5~1L/min 速度逐渐下降至零，每次调整后观察 30min 并复查动脉血气分析；维持动脉血 pH 值及 $PaCO_2$ 在可接受范围且患者无过度的呼吸做功；

④关闭气流维持至少 2~3 小时以上，部分患者可能需要 24

小时或更长；监测 SpO₂ 和动脉血气分析；维持动脉血 PaO₂ ≥70mmHg, pH 值及 PaCO₂ 在可接受范围且患者无过度的呼吸做功；

⑤终止撤机试验指标：SpO₂ < 88%、呼吸频率 > 35 次/分或伴有明显的呼吸窘迫，烦躁不安；

⑥适当给予镇痛镇静；拔管前通常停止肝素泵入至少 1 小时（根据患者是否存在出血及血栓高危因素，个体化处理肝素的应用，并制定撤离 ECMO 后的抗凝方案）。若上腔静脉压力较低，拔除颈内静脉插管时，如情况许可应采取头低脚高位以减少气体栓塞发生风险；拔除插管后轻度加压包扎；拔管后 24 h 超声评估是否出现深静脉血栓。

4. VA-ECMO 撤离

（1）指征^[9,18]

①心功能恢复良好，超声心动提示射血分数≥25%、左室流出道速度-时间积分（LVOT VTI）> 0.12 m/s、组织多普勒二尖瓣外侧瓣环峰值收缩速度≥6cm/s；

②在 1~2 种低剂量正性肌力药物和缩血管药物维持下，ECMO 流量在 2~2.5 L/min 时能达到以下状态：脉压差 > 10mmHg, 平均动脉压 > 65mmHg, 中心静脉血氧饱和度≥65% 或混合静脉血氧饱和度≥60%。达到上述指标可以考虑进行撤机试验。

注：低剂量正性肌力药物和缩血管药物定义：多巴胺 < 3μg/kg/min, 多巴酚丁胺 < 3μg/kg/min, 米力农 < 0.3μg/kg/min,

去甲肾上腺素 $< 0.06\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ，肾上腺素 $< 0.1\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ，苯肾上腺素 $< 1\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ，血管加压素 $< 0.03\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$

(2) 步骤

①调整抗凝药物至 ACT 250 ~ 300 秒；

②逐渐下调 ECMO 转速，使 ECMO 流量每次下调 0.5L/min，每次调整观察 5 ~ 10 min，直到 ECMO 流量至 1 L/min 以下。此外，必要时可考虑应用泵控逆流试验（Pump Controlled Retrograde Trial Off, PCRTO）来评估撤机，即在充分抗凝下，逐渐将离心泵转速减低（控制逆流量在 1L/min 以内），并关闭 ECMO 气流量，此时灌注管血液通过引流管逆流至右心房，此方法可充分评估右心功能及肺部耐受情况；

③仅在 1 ~ 2 种低剂量正性肌力药物或缩血管药物维持下，满足以下条件才可考虑撤离 VA-ECMO：中心静脉压 $\leq 10\text{mmHg}$ 、平均动脉压 $> 60\text{mmHg}$ 、左室流出道速度-时间积分 $> 0.12 \text{ m/s}$ 、组织多普勒二尖瓣外侧瓣环峰值收缩速度 $\geq 6\text{cm/s}$ 、左室射血分数 $\geq 25\% \sim 30\%$ ；

④若通过撤机试验，需尽快撤离 VA-ECMO。根据置管方式采取相应的插管拔除方式，切开置管方式应采取外科方式撤离并修补血管。

五、ECMO 日常监测与管理

(一) 抗凝与出血的监测及处理

1. 抗凝药物

(1) 普通肝素 (UFH)：是目前 ECMO 中最常用的抗凝剂，

半衰期为 60 ~ 90 分钟,可使用鱼精蛋白中和,且对于肾功能不全患者无需调整剂量,但可能诱发肝素诱导的血小板减少症。负荷剂量: 50 ~ 100U/kg, 维持剂量: 7.5 ~ 20.0U/kg/h。不同患者对普通肝素治疗差异大,建议个体化管理。

(2) 直接凝血酶抑制剂 (DTIs): 是一类直接抑制凝血酶的短效抗凝剂,半衰期短,不依赖抗凝血酶-III,但缺乏拮抗剂、尚无可靠的实验室监测手段。最常用于 ECMO 的两种 DTIs 是比伐卢定和阿加曲班: ①比伐卢定半衰期为 25 分钟,肾功能不全患者半衰期延长,因此肾功能不全患者慎用。可以通过持续肾脏替代治疗和血浆置换快速清除。比伐卢定存在局部蛋白水解和形成心内血栓的风险,严重心功能不全等低流量状态下应慎用比伐卢定。负荷剂量: 0.05 ~ 0.5mg/kg, 维持剂量: 0.03 ~ 0.1mg/kg/h。②阿加曲班主要在肝脏代谢,肝功能不全患者慎用,半衰期为 39 ~ 51 分钟。个体剂量差异较大,负荷剂量: 0.1 ~ 0.3 μ g/kg, 维持剂量 0.1 ~ 1 μ g/kg/min。目前两种抗凝剂不给予负荷量情况下,未发现膜肺血栓明显增加,因此,暂不推荐给予负荷剂量。

2. 抗凝监测

为了实现最佳的抗凝效果,需采用个体化抗凝策略。基于患者基线情况、炎症状态、出血风险、脏器功能、血小板功能、ECMO 流量及血栓情况等指定抗凝目标,解读并评估目前抗凝效果。常用的抗凝监测方法如下:

(1) 活化凝血时间 (ACT): 建议初始检测频率 q1h-q2h,

稳定后 q4h ~ q6h, 根据临床个体化进行调整, 目标 180 ~ 220 秒。易受临床多种因素影响, 如血小板计数和功能、纤维蛋白原计数和功能、凝血因子缺乏、体温、血液稀释以及操作技术因素等。

(2) 活化部分凝血活酶时间 (APTT): 建议检测频率为 q4h ~ q6h, 通常建议目标为基线的 1.5 ~ 2.5 倍。它是 DTIs 使用的标准监测方法, 但患者间存在高度变异性, 并受采血技术、红细胞压积的影响。

(3) 血栓弹力图: 每日或按需检测, 用于出血和血栓并发症的监测, 可床旁测试, 提供有关血凝块强度和纤溶的信息。

(4) 其他: 抗 Xa 因子活性、血小板数量及功能、国际标准化比值 (INR)、D-二聚体、纤维蛋白原、全血细胞计数、凝血酶水平、游离血红蛋白等。

3. 抗凝相关并发症

(1) 出血: 尽量避免有创操作, 预防出血。常见出血部位包括手术部位、呼吸系统、胸腔、消化道、ECMO 置管部位、气管切开处、颅内、心包腔等。应根据患者的出血风险和严重程度下调抗凝的目标, 活动性出血患者可短时间内暂停抗凝治疗。

(2) 肝素诱导的血小板减少症 (Heparin-induced thrombocytopenia HIT): 抗体激活血小板并引起动脉和静脉血栓形成, 伴血小板减少。一旦诊断 HIT 应立即停用所有肝素制剂, 冲洗管路并使用 DTIs 替代抗凝治疗。可考虑静脉免疫球蛋白

白和血浆置换作为辅助治疗。

(3) 肝素抵抗: ECMO 支持患者, 若使用的肝素剂量超过 35000U/天或 $> 20.0\text{U/kg/h}$ 才能达到抗凝目标时, 应警惕是否出现肝素抵抗。其原因可能有先天性或获得性抗凝血酶-III 缺乏、肝素清除增加和肝素被其他物质结合 (如激活的中性粒细胞分泌的肝素结合蛋白), 此时可选择 DTIs 抗凝。

(二) 呼吸监测与管理

1. 初始呼吸机设置

一旦建立 ECMO, 机体气体交换功能的维持主要通过调整 ECMO 参数来实现。此时机械通气的最主要目标是进一步降低呼吸机相关肺损伤的发生风险和减少肺泡塌陷。目前推荐初始给予中高水平的 PEEP ($> 10\text{cmH}_2\text{O}$); 同时还应综合考虑肺泡可复张性、气压伤发生风险、病变均一性、血流动力学和体重等因素, 强调个体化的 PEEP 设置。有条件单位可根据肺电阻抗体层扫描 (EIT)、食道压力和肺部超声等呼吸监测技术指导个体化 PEEP 设置。对于气压伤发生风险较高的患者, 呼吸机参数设置可参照“肺休息”或“超保护性肺通气”策略^[19-22]: 潮气量 $\leq 4\text{ml/kg}$, 气道平台压 $< 25\text{cmH}_2\text{O}$, 驱动压 (Pplat-PEEP) $< 15\text{cmH}_2\text{O}$, 呼吸频率 10 次/分, FiO_2 0.3 ~ 0.5。

2. 俯卧位通气治疗

目前认为在 VV-ECMO 患者中实施俯卧位通气是安全以及有效的, ECMO 的实施不应中断已经进行的俯卧位治疗。推荐在具有丰富的俯卧位通气和 ECMO 临床经验的中心, 如果患者

在建立 VV-ECMO 后气体交换功能仍难以维持，或肺部病变呈明显的重力依赖性分布，可以考虑实施“俯卧位通气联合 VV-ECMO”的治疗方式，但要避免 ECMO 插管脱落等严重并发症的发生。

（三）血流动力学监测及管理

1.血流动力学监测

ECMO 患者可存在显著的血流动力学紊乱，血压、中心静脉压、指脉氧饱和度（SpO₂）、中心静脉血氧饱和度（ScvO₂）、肺动脉楔压（PAWP）、心率、尿量、血乳酸是血流动力学常规评估指标^[23]，在 ECMO 上机前尽可能完成中心静脉置管和有创动脉置管。

超声在 ECMO 患者的血流动力学监测中可发挥重要作用，不仅可以评估心脏功能，还可以用于 ECMO 插管置入、容量状态、容量反应性、心包积液、瓣膜功能等的评估，在 VA-ECMO 撤离中也具有重要作用^[24]。

2.血流动力学管理

（1）VV-ECMO 患者血流动力学管理需要在评估患者的容量状态和维持组织灌注基础上，采用限制性容量管理策略。

（2）VA-ECMO 患者维持平均动脉压在 65mmHg 以上，避免左心后负荷过高导致左室扩张。当 VA-ECMO 患者脉压差明显减少至低于 10mmHg 甚至平流时，提示主动脉瓣无法完全打开，此时可结合超声心动图判明左心室及主动脉瓣活动状态。如存在左室填塞，应该考虑左心减压，目前临床常用的非侵入

性技术包括：减少 ECMO 血流量但仍需维持终末脏器的有效灌注，扩血管治疗以直接降低外周动脉阻力，增加 PEEP 以减少肺动脉血流并增加 ECMO 的右心引流，或中等程度的正性肌力药物治疗维持左室射血。如上述无创方式仍无效，可考虑有效的左心减压方式，包括 IABP、房间隔造口、左心室引流、Impella 等左室辅助装置。

（四）镇痛镇静

1. 基本原则

ECMO 建立阶段(插管后 24 ~ 48 小时内)充分镇痛镇静；维持阶段早期仍深镇静，待病情稳定后逐渐降低镇静深度，中-浅镇静甚至清醒 ECMO；撤离阶段持续镇静患者可以直接拔管，清醒患者拔管需要适当镇痛镇静。

2. 药物

ECMO 增加了药物吸附及表观分布容积(Vd)，因此会降低血浆药物浓度，表现为在用药期间，体内药物浓度不足；停药之后会延长药物作用时间。镇痛镇静药物在 ECMO 运行期间的调整见下表 1:

表 1. 镇痛镇静药物在 ECMO 运行期间剂量调整

	吸附	表观分布 容积 (Vd)	药物浓度	剂量调整	推荐剂量
吗啡	轻中度	轻度增加	基本不变	可调整	10 ~ 30mg/h
芬太尼	重 度	中度增加	24h 吸附 97%	增加剂量	50 ~ 300μg/h
咪达唑仑	重 度	中度增加	24h 吸附 89%	增加剂量	10 ~ 30mg/h

右美托咪定	轻中度	轻度增加	24h 吸附 93%	增加初始剂量	1ug/kg 注射
					0.1 ~ 0.15μg/kg/min
丙泊酚	重 度	轻度增加	24h 吸附 99%	增加剂量	10 ~ 200mg/h

(五) 院内感染的监测

由于 ECMO 本身可导致患者炎症状态发生改变，因此，单纯依靠某一特定指标诊断 ECMO 导管相关血流感染非常困难 [25]。以下指标可能具有提示作用，尤其强调联合应用及动态监测。

1. 体温：ECMO 导管相关血流感染患者常伴发热，但由于变温水箱可调节温度，发热在 ECMO 期间常被掩盖。ECMO 条件下，体温 $> 37.5^{\circ}\text{C}$ 时需警惕有无合并感染。

2. 白细胞计数：单纯依靠白细胞绝对值不能判断感染，ECMO 运行开始后 48 ~ 72 小时内由于 ECMO 导致的炎症反应可出现白细胞计数的增高。当 ECMO 支持期间且状态稳定的患者出现白细胞骤然升高时，应高度怀疑新发感染。

3. 炎症反应指标：降钙素原 (PCT)、C-反应蛋白、IL-6、IL-10 等指标的动态变化有助于感染的早期预警 [26]。

4. 血培养：关于是否定期进行血培养尚无明确循证医学证据，但 ECMO 导管相关血流感染时，血培养结果可阳性。

5. 插管置入部位皮肤情况：密切观察患者插管穿刺处皮肤情况，如有无红肿、硬结、皮温升高、局部疼痛及溢脓等。

6.临床情况恶化：当患者出现新发血流动力学异常（如需大剂量升压药物、乳酸升高或 ECMO 支持条件增高）或不明原因凝血功能异常时，需警惕 ECMO 相关感染的发生，若无其他脏器感染证据，需警惕 ECMO 导管相关血流感染。

（六）常见问题的处理

1.低氧血症的处理

（1）VV-ECMO 期间 SpO₂ 应维持在 80%~85%以上。临床中如遇到 SpO₂ 明显降低，可从以下方面处理：增加 ECMO 血流量，以提高 ECMO 血流量/心排出量比例；监测膜肺功能；调整 ECMO 置管位置，减少再循环；尽可能维持 HGB > 100g/L；降低患者氧耗；利用患者自身残留的肺氧合能力。

（2）VA-ECMO 期间出现差异性低氧血症，右上肢 SpO₂ < 80%，处理策略包括：ECMO 引流管插至上腔静脉内，增加上腔静脉引流，但后期调整会增加院感发生风险；增加 ECMO 血流量、减少左心室射血，但注意有无左室扩张；利用患者自身残留的肺氧合能力；转换为 VAV-ECMO 模式。

2.低流量的处理

无论何种 ECMO 模式，ECMO 血管通路任何环节对血液引流与灌注的阻碍均可导致 ECMO 运转中出现低流量，排查原因至关重要：

（1）引流障碍：是低流量最常见原因，主要原因是包括引流插管类型及型号、引流插管位置、患者全身血容量是否充足、引流端血栓等。处理方法除适当扩容和适度调低离心泵转速外，

调整股静脉插管位置使其尖端超过下腔静脉开口进入右心房可改善低流量。

(2) 灌注端堵塞：多见于灌注插管头端堵塞，临床常见原因为插管头端顶住血管壁或插管内血栓形成。处理方法应首先通过超声探查插管在血管内的位置，一旦发现异常应及时调整。若考虑血栓形成，应及时选择备选灌注血管再次置管。

(3) 膜肺血栓或离心泵异常：若一旦发生膜肺血栓大量形成或离心泵血栓形成而导致 ECMO 低流量，应考虑更换膜肺及血泵。离心泵异常亦可能是由 ECMO 管路进气导致，应停机后观察血泵内有无气体，查找进气来源，并快速将气体排出、重新恢复 ECMO 运转。

附录：

成人体外膜肺氧合技术规范（2024年版） 编写专家委员会

指导专家（按姓氏笔画排序）：

马晓春、吉冰洋、杜 斌、邱海波、陈德昌、侯晓彤、高占成、
曹 彬、康 焰、解立新、黎毅敏

牵头单位及专家：中日友好医院 詹庆元

编者（按姓氏笔画排序）：

马新华、王春耀、左六二、邢丽华、吕立文、刘 刚、刘松桥、
闫圣涛、孙 兵、杜中涛、李 欣、李 敏、李进华、李绪言、
李斌飞、宋云林、张国强、罗 红、周成斌、耿 爽、夏金根、
徐永昊、翁 利、黄 曼、黄琳娜、屠国伟、程真顺、潘 盼

秘书组：

顾思超、贺航咏、李 敏、崔晓阳、赖 巍、黄 絮、叶清华、
吴小静

参考文献:

- [1] Blum JM, Lynch WR, Coopersmith CM. Clinical and billing review of extracorporeal membrane oxygenation. *Chest*. 2015;147(6):1697-703.
- [2] Sidebotham D, McGeorge A, McGuinness S, Edwards M, Willcox T, Beca J. Extracorporeal membrane oxygenation for treating severe cardiac and respiratory disease in adults: Part 1--overview of extracorporeal membrane oxygenation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2009;23(6):886-92.
- [3] Morelli A, Del Sorbo L, Pesenti A, Ranieri VM, Fan E. Extracorporeal carbon dioxide removal (ECCO(2)R) in patients with acute respiratory failure. *Intensive Care Med*. 2017;43(4):519-30.
- [4] 国家卫生健康委员会(2022).国家卫生健康委办公厅关于印发国家限制类技术目录和临床应用管理规范(2022年版)的通知.G11体外膜肺氧合(ECMO)技术临床应用管理规范(2022年版). <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7657/202204/2efe9f8ca13f499c8e1f70844fe96144/files/15f8e6faf248490fa5534cd7b500feb2.pdf>
- [5] 中国医师协会呼吸医师分会危重症医学专业委员会, 中华医学会呼吸病学分会危重症医学学组.体外膜式氧合治疗成人重症呼吸衰竭推荐意见[J].中华结核和呼吸杂志,2019,42(9): 660-684.
- [6] Tonna JE, Abrams D, Brodie D, Greenwood JC, Rubio MS, Jose A, et al. Management of adult patients supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO): guideline from the extracorporeal life support organization (ELSO). *ASAIO J*. 2021;67(6):601-10.
- [7] Guglin M, Zucker MJ, Bazan VM, et al. Venoarterial ECMO for Adults:JACC Scientific Expert Panel.*J Am Coll Cardiol*.2019;73(6):698-716. DOI:10.1016/j.jacc.2018.11.038
- [8] 侯晓彤.成人体外膜氧合循环辅助专家共识[J].中华医学杂志, 2018, 98(12):9. DOI:CNKI:SUN:ZZYD.0.2018-02-003.
- [9] 中国心胸血管麻醉学会,中华医学会麻醉学分会,中国医师协会麻醉学医师分会等.不同情况下成人体外膜肺氧合临床应用专家共识(2020版)[J].中国循环杂志, 2020(011):035.
- [10] Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book 6th Edition.

- [11] Brogan TV, Lequier L, Lorusso R, MacLaren G, Peek GJ: Extracorporeal life support: The ELSO red book. (5th ed.). Ann Arbor, MI: Extracorporeal Life Support Organization. 2017.
- [12] Gajkowski E F, Herrera G, Hatton L, Velia Antonini M, Vercaemst L, Cooley E. ELSO Guidelines for Adult and Pediatric Extracorporeal Membrane Oxygenation Circuits[J]. ASAIO Journal, 2022, 68(2): 133-152.
- [13] O’Gara BP, Tung MG, Kennedy KF, et al. Outcomes With Single-Site Dual-Lumen Versus Multisite Cannulation for Adults With COVID-19 Respiratory Failure Receiving Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation. Critical Care Medicine 51(12):p 1716-1726, December 2023.
- [14] Richardson ASC, Tonna JE, Nanjayya V, Nixon P, Abrams DC, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adults. Interim Guideline Consensus Statement From the Extracorporeal Life Support Organization. ASAIO J. 2021 Mar 1;67(3):221-228.
- [15] Olson S R, Murphree C R, Zonies D, et al. Thrombosis and Bleeding in Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) Without Anticoagulation: A Systematic Review. ASAIO J, 2021,67(3):290-296.
- [16] Zakhary B, Vercaemst L, Mason P, Antonini MV, Lorusso R, Brodie D. How I approach membrane lung dysfunction in patients receiving ECMO. Crit Care. 2020;24(1):671.
- [17] Tonna J E, Abrams D, Brodie D, et al. Management of Adult Patients Supported with Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) [J]. ASAIO J, 2021, 67(6): 601-10.
- [18] Lorusso R, Shekar K, MacLaren G, et al. ELSO Interim Guidelines for Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Cardiac Patients [J]. ASAIO J, 2021, 67(8): 827-44.
- [19] Tonna, J.E., et al., Management of Adult Patients Supported with Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation (VV ECMO): Guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). Asaio j, 2021. 67(6): p. 601-610.

- [20] Abrams, D., et al., Mechanical Ventilation for Acute Respiratory Distress Syndrome during Extracorporeal Life Support. Research and Practice. Am J Respir Crit Care Med, 2020. 201(5): p. 514-525.
- [21] Schmidt, M., et al., Mechanical Ventilation Management during Extracorporeal Membrane Oxygenation for Acute Respiratory Distress Syndrome. An International Multicenter Prospective Cohort. Am J Respir Crit Care Med, 2019. 200(8): p. 1002-1012.
- [22] Assouline, B., A. Combes, and M. Schmidt, Setting and Monitoring of Mechanical Ventilation During Venovenous ECMO. Crit Care, 2023. 27(1): p. 95.
- [23] Krishnan S, Schmidt GA. Hemodynamic monitoring in the extracorporeal membrane oxygenation patient. Curr Opin Crit Care. 2019 Jun;25(3):285-291.
- [24] Douflé G, Roscoe A, Billia F, Fan E. Echocardiography for adult patients supported with extracorporeal membrane oxygenation. Crit Care. 2015 Oct 2;19:326.
- [25] Yolanda Peña-López, Miriam C Machado, Jordi Rello. Infection in ECMO patients: Changes in Epidemiology, Diagnosis and Prevention. Anaesth Crit Care Pain Med. 2023; 2:101319.
- [26] Millar JE, Fanning JP, McDonald CI, McAuley DF, Fraser JF. The inflammatory response to extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): a review of the pathophysiology. Crit Care. 2016; 20: 387.