

· 综述 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2020.03.15

体外膜氧合股动静脉插管的研究进展

甄 宁, 周美艳, 王立伟, 张 妍, 孙 斌

[摘要]: 静脉-动脉体外膜氧合(V-A ECMO)可以提供有效的心肺支持,治疗许多可逆或可治疗的心肺疾病。它主要用于恢复或替代支持的桥接策略,而不是持续的长期机械循环支持。然而 V-A ECMO 插管相关血管并发症的发生率较高,本文的目的是讨论优化 V-A ECMO 的插管策略以及导管相关并发症的防治方法。

[关键词]: 体外膜氧合;股动脉;插管;并发症;近红外光谱

Research advances of veno-arterial catheterization in extracorporeal membrane oxygenation

Zhen Ning, Zhou Meiyang, Wang Liwei, Zhang Yan, Sun Bin

Department of Anesthesiology, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou 221009, China

Corresponding author: Sun Bin, Email: sun_bin66@163.com

[Abstract]: Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation (V-A ECMO) can provide effective cardiopulmonary support and treat many reversible or treatable cardiopulmonary diseases. It is best employed as a bridging strategy to recover or an alternative support rather than sustained, long-term mechanical circulatory support. However, the incidence of vascular complications related to V-A ECMO cannulation is high. The purpose of this paper is to discuss the optimization cannulation strategy of V-A ECMO and the prevention and treatment of catheter-related complications.

[Key words]: Extracorporeal membrane oxygenation; Femoral artery; Cannulation; Complication; Near-infrared spectroscopy

近年来,随着先进技术的发展和相关培训的普及,静脉-动脉体外膜氧合(veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, V-A ECMO)技术越来越多的用于机械循环支持,治疗许多潜在可逆或可治疗的心肺疾病^[1-2]。临床医生常首选股动静脉进行插管,因为它不需要开胸,可以快速建立循环,保障患者生命安全。然而,外周 V-A ECMO(pV-A ECMO)插管相关血管并发症的发生率较高,如果不及时采取防治措施,这种并发症可能会对下肢功能或生存率产生负面影响^[3-4]。为了减少 pV-A ECMO 血管相关并发症发生率,改善预后,必须制定严格的早期监测方案和及时的干预策略,以保证必要的外周血流量。因为这个主题的数据非常零碎,没有明确的建议,所以本文就成人 pV-A ECMO 股动脉插管术前准备、插管、并发症发生情况及防治、早期诊断工具以及拔管等策略做一综述。

作者单位:221000 徐州,徐州市中心医院手术室(甄 宁),麻醉科(周美艳、王立伟、张妍、孙 斌)

通讯作者:孙 斌,Email:sun_bin66@163.com

1 插管前准备

无论选择何种插管策略,指南均建议插管前使用超声评估血管条件,以期减少近期和远期并发症^[5-6]。常规应用床旁血管超声进行置管前检查,可以明确股总动脉直径、股深动脉开口、穿刺动脉前壁是否有钙化病变、髂股动脉是否通畅、有无夹层,最终指导导管的选择与置入。

1.1 插管型号的选择 选择插管型号,首先考虑的是患者的体表面积(body surface area, BSA)。通常情况下,选择动脉插管需要满足 $2.2 \sim 2.5 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 的血流量^[7]。这一公认的规则应被视为初始决策,因为它也受到以下事实的挑战:ECMO 流量的主要决定因素是静脉管的引流量(由静脉管的大小、侧孔数量和放置的位置决定),而动脉插管较短,血流阻力较小。此外 pV-A ECMO 过程中并不总是需要全流量。也有研究者认为当动脉插管大小与 BSA 比值大于 11 时,下肢缺血的发生率增加^[8]。基于上述原因,应基于目标血流和解剖因素之间的平衡,结合股动脉超声或触诊(手术切开插管),首

选尽可能小的插管。

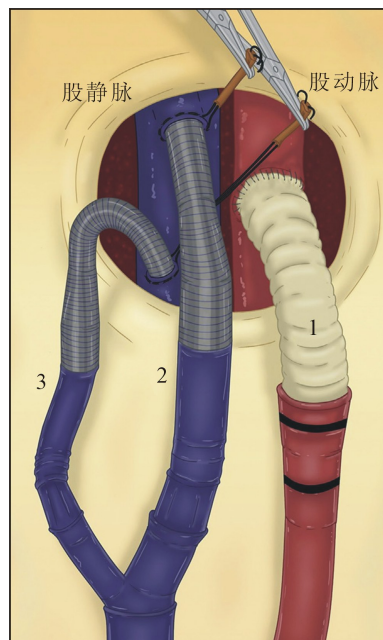
1.2 插管部位的选择 当前,pV-A ECMO 插管尚无最合适的位置,股动静脉导管可于同侧或双侧(动静脉插管位于两侧)置入^[9]。但为了避免灌注流量减少和静脉淤血的关联,减少远端动脉血管受压,双侧腹股沟插管可能更可取^[10-11]。

2 插管策略

常规股动静脉插管可以通过外科切开或经皮穿刺实现。在切开插管中,通过腹股沟区行纵切口或横切口,钝性分离皮下组织和筋膜,获得股血管的外科暴露。韧带、股总动脉和分叉点的识别对于确定合适的置管位置非常重要。血管的检查和触诊有助于选择合适的套管大小,避免危险的钙化,股动静脉插管采用改良 Seldinger 技术。经皮穿刺插管是在超声引导下使用 Seldinger 技术。超声定位后,通过超声引导实现股动静脉前壁穿刺,避免血管侧壁或后壁穿刺,在置入导丝,扩张后,引入套管。有研究指出^[12]行经皮穿刺插管时,需测量皮肤到动脉穿刺点的距离,并确保动脉导管在动脉内的长度大于 5 cm。插管结束后,不仅需要缝合线妥善固定套管,还须在套管外表面做一个记号,以防套管移动。Belohlavek 等^[13]认为使用经皮穿刺插管技术既可以节约操作时间,也能减少出血等并发症。除了上述常规插管技术,目前临床上还有一些新型插管或技术。

2.1 Side Graft 灌注技术 Side Graft 灌注技术就是在自身血管旁,吻合一根人工血管作为心肺辅助装置的供血管,在心脏大血管外科手术中应用已久^[14]。股动脉灌注也可以通过人工血管端侧吻合于股动脉,从而维持下肢顺行和逆行的动脉血流^[15-16]。该技术主要用于插管困难或各种原因造成的股动脉狭窄患者。Cakici 等^[16]认为,同直接插管相比,Side Graft 灌注技术有增加同侧肢体高灌注的风险。临床表现为插管肢体水肿、肢体体温较对侧升高 $>1^{\circ}\text{C}$ 或骨筋膜室综合征,发生率在 20%左右,且发生率同 ECMO 辅助流量无明显相关性。为了减低高灌注风险,Papadopoulos 等^[17]采用血管吻合部位远心端血管环缩技术,而另有研究者选择增加一根与 ECMO 静脉管路相连的远端静脉引流导管^[18],详情见图 1。

2.2 远端灌注管 体外生命支持组织(Extracorporeal Life Support Organization, ELSO)指南指出,如果穿刺侧远端动脉血流不足,可以通过股浅动脉或胫后动脉置入单独的远端灌注管(distal perfusion catheter, DPC)行顺行灌注^[2]。多项研究提示使用 DPC



注:1. 吻合于股动脉的人工血管;2. 股静脉至下腔静脉-右心房交界处的股静脉插管;3. 远端股静脉插管。

图 1 并联股静脉插管^[18]

可显著减少血管并发症^[3,19]。对于 DPC 的种类及型号,不同研究中心存在显著差异。据报道,临床中 DPC 的型号范围为 5~14 Fr,而最常用的是中心静脉导管和血管导管鞘(通常为 6~8 Fr)^[20]。当前针对远端动脉灌注不足的问题,最常用的策略是于股浅动脉近端置入 DPC。DPC 的置入可以在超声或透视引导下经皮穿刺进行,也可以通过外科动脉切开术或改良 Seldinger 技术完成。根据笔者的经验,如果采用经皮穿刺技术,DPC 的引导导丝可先于股动静脉插管,这是因为股动脉置管后不仅增加了股浅动脉暴露的难度,同时在远端动脉搏动及充盈受到影响的情况下,也增加了穿刺的难度。

2.3 双向套管 最近一种新型的双向股动脉插管(LivaNova PLC, Arvada, CO, USA)问世,旨在解决远端肢体灌注不足的问题。新型双向套管(图 2)与标准的股动脉插管相似,不同之处在于它的近端有一个弯头(呈 120 度角)和一个用于远端肢体灌注的侧孔。弯头部有一个平缓的锥形导入角,可以最大限度地减少插入时的阻力和动脉损伤,灌注侧孔可以为下肢提供 7%~10%的插管流量。研究者使用双向套管对 15 名接受体外循环的患者进行测试^[21],结果显示双向套管可以提供足够的旁路流量、满意的管路压力以及满足器官灌注的平均动脉压。所有患者均使用 19 Fr 双向套管,应用近红外光谱(near-infrared spectroscopy, NIRS)技术监测发现,14 名患者有足够的远端流量,没有缺血性并发

症。1 名患者远端灌注不良,主要是因为插管外径与股动脉内经不匹配^[21]。本试验由于插管留置时间短,所以接下来还需要对长期股动脉插管的患者,评估其可行性、安全性和有效性。

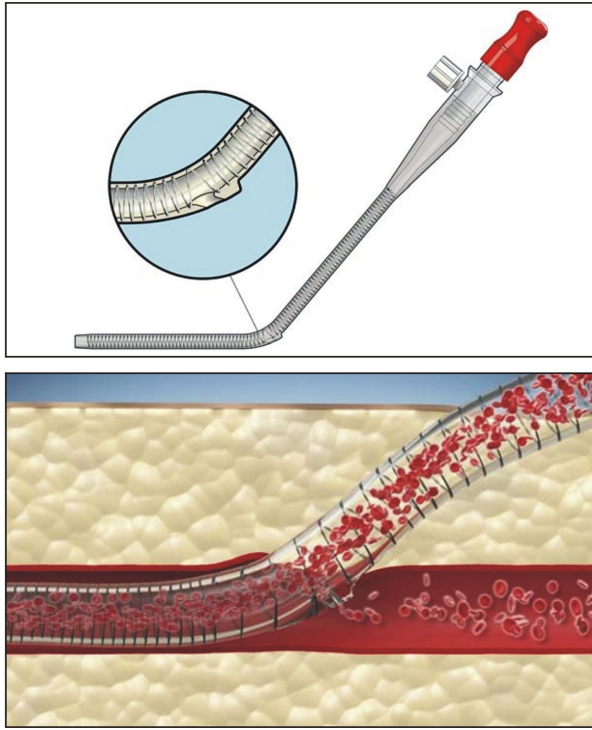


图 2 新型双向套管的示意图^[21]

3 导管相关血管并发症

pV-A ECMO 支持期间下肢出现的多种血管并发症,如插管部位出血、血管栓塞、下肢缺血或充血等,是影响患者住院死亡率和长期功能预后的独立危险因素^[3-4],因此早期识别、积极防治具有重要意义。根据 ELSO 数据^[2],pV-A ECMO 插管部位出血发生率为 13.2%~18.5%,而血小板计数减少、溶血、消耗性凝血病以及全身肝素化可进一步增加 pV-A ECMO 支持期间的出血风险。下肢缺血是另一种常见血管并发症,长时间缺血会导致腿部不可逆损伤,严重的可合并骨筋膜室综合征,最终需要筋膜切开或截肢^[22]。Side Graft 灌注技术或置入 DPC 可避免这种潜在的并发症,但是过度灌注和随后的下肢充血同样有害。

多种因素可导致患者出现下肢缺血,它可以发生在 ECMO 的任何阶段(如插管前、插管时、支持过程中、拔管时或拔管后)。既往研究^[3-4,19]报告了 pV-A ECMO 下肢缺血发生率为 2.3%~52.0%,低流量和栓塞事件是患者出现肢体缺血的主要原因。

较大的套管(>20 Fr)、女性、年轻人和周围血管疾病是下肢缺血的危险因素。使用大套管直观地与血流阻塞引起的肢体缺血相关^[8]。年轻、女性患者除缺乏侧支循环,股动脉内经也较细,增加了肢体缺血的风险^[3]。并存外周血管病的患者可增加插管和拔管过程中斑块移位和栓塞的风险,进而减少顺行血流^[3]。此外,血流动力学不稳定,使用大剂量血管活性药物,静脉淤血,远端动脉受压,插管拔管造成的股或髂血管损伤(穿孔、破裂、夹层或假性动脉瘤)等也是下肢缺血的危险因素。

糖尿病和呼吸系统疾病是 pV-A ECMO 患者肢体缺血的独立危险因素^[23-25]。糖尿病是一种促炎状态,下肢动脉受累多见,血管壁钙化、增厚以及管腔狭窄、闭塞均会加剧肢体的低灌注^[23-24]。呼吸系统疾病,如哮喘或慢性阻塞性肺疾病,是一种慢性缺氧状态,会诱导内皮损伤、炎症反应以及加速动脉粥样硬化的进展^[25]。Arroyo 等研究发现,血管痉挛也可能是肢体低灌注的原因^[26]。病例中的患者出现了远端肢体冰冷的症状,超声检查除提示远端动脉血流不连续,其余均正常。经 DPC 给予利多卡因、硝酸甘油和维拉帕米的混合液后,症状很快缓解,因此高度怀疑血管痉挛。血管收缩是对血管侵犯的生理反应,而偏头痛、雷诺综合征、年轻患者的反应性更强,更容易出现长时间的血管痉挛^[26]。

4 早期诊断工具

急性肢体缺血常常表现为 6 个征象:苍白、搏动消失、感觉异常、瘫痪、疼痛和皮温下降^[27]。对于 pV-A ECMO 患者,临床医生每天需要仔细检查肢体,包括视诊皮肤颜色,测量双下肢外径,触诊皮肤温度,肌肉力量,股动脉、腘动脉、足背动脉和胫后动脉搏动,便于及早发现缺血迹象。与对侧肢体相比,当穿刺侧皮肤温度低、外观苍白或斑驳、充盈时间延长时需要警惕缺血的风险^[28]。这些表现有时又具有欺骗性,这是因为 ECMO 的血流是持续性的,本来就很难摸到搏动,尤其是那些心功能很差几乎完全依赖 ECMO 辅助的患者。在心源性休克或使用大剂量血管活性药物的患者中,也存在由于灌注不足造成的外观苍白和皮温下降的情况。

在 pV-A ECMO 支持过程中,下肢血流情况需要超声实时评估。如果超声可见血流,可通过监测远端动脉(如胫后动脉或足背动脉)收缩期峰值速度(peak systolic velocity, PSV),或在超声探头附近的脚踝处放置血压计袖带,来评估远端肢体的灌注情况。PSV 作为下肢缺血监测工具的可行性已被

Breeding 等人证实^[29],同时灌注压小于 50 mm Hg 亦表明肢体存在缺血^[30]。

然而,在评估早期肢体低灌注时,体格检查和超声检查有时是不可靠的^[1]。NIRS 作为一种非侵入性工具,利用近红外波长的光提供局部组织氧饱和度(regional oxygen saturation, rSO₂)的连续测量,是一项监测下肢早期低灌注的工具^[19]。Wong 等人^[31]首先描述了使用 NIRS 技术监测 pV-A ECMO 患者的肢体灌注,并确定当 rSO₂ 低于 40% 或下降值超过 25% 时需要干预。最近,有研究同时对 pV-A ECMO 患者插管侧下肢和非插管侧下肢行 NIRS 监测,以区分导管相关梗阻^[32]。研究发现当非插管侧下肢与插管侧下肢 rSO₂ 差值大于 15%,且插管侧下肢 rSO₂ 低于 50% 的时间超过 4 min 时,诊断导管相关梗阻的特异性和敏感性为 100%。

综上,体格检查、超声和 NIRS 技术各有优势,临床上可以综合利用,持续监测下肢的灌注,以便在发生不可逆损伤之前进行干预。

5 拔管策略

ECMO 撤机前,停机试验必不可少。pV-A ECMO 患者行停机试验时,也会减少通过 DPC 的流量。在这种情况下,尽管存在 DPC,但长时间的低流量也会导致缺血。因此,对于下肢低灌注风险较大的患者,停机试验的时间应该相对缩短^[33-34]。当前无论患者采取何种插管策略,ECMO 撤机时绝大多数仍需要切开行血管吻合术。采用血管吻合术拔除股动静脉插管可以增加拔管的安全性,减少出血、假性动脉瘤的形成^[35]。亦有研究指出,股静脉压力低,可以采用环形缝合线闭合插管窦道联合手动按压的方式拔除股静脉插管^[36]。

近年来,经皮血管腔内修复动脉病变的方法越来越普遍。Proglide 作为一种血管缝合器,主要用于经皮主动脉瘤腔内修复术(endovascular aortic aneurysm repair, EVAR)缝合穿刺的动脉。2016 年 Hwang 等^[37]首次报道了在 56 例 ECMO 股动脉拔管中使用 Proglide 缝合器技术,结果显示与外科血管吻合术相比,使用 Proglide 缝合器技术可明显缩短拔管时间,而且技术成功率、相关并发症发生率、ICU 住院时间与外科组无明显差异。与 EVAR 患者相比,ECMO 患者动脉导管置入的时间较长,所以在拔除动脉插管时,预置 Proglide 缝线可能是无效的。Hwang 等^[37]在拔除动脉插管时,首先使用穿刺针穿刺动脉导管壁,经穿刺针置入导丝,保留导丝退出动脉导管,再通过导丝引导 Proglide 缝合器闭合股总

动脉缺口。

Montero Cabezas 等人^[36]报告了使用 MANTA 血管闭合装置拔除股动脉导管的方法。研究者使用穿刺针穿刺动脉导管,经穿刺针置入导丝,使用 MANTA 血管闭合装置闭合股总动脉缺口,同时联合 Proglide 缝线技术闭合远端股浅动脉缺口。这项技术显著地简化了拔管流程,为了进一步证实这种方法的安全性与有效性,多中心、前瞻性随机对照研究应该继续探索这一领域。

6 总结

V-A ECMO 是一种挽救生命的方法,为呼吸循环衰竭的患者提供机械支持。随着技术的进步、救治生存率的提高,其在世界范围内的使用率越来越高。在外周插管的情况下,仍然存在可能影响生存率或长期功能预后的血管并发症。为了减少导管相关血管并发症发生率,临床医生需要充分的术前评估,选择合理的插管工具及配件,制定严格的早期监测方案和及时的干预策略。相信未来随着更多微创便捷工具的问世,处理并发症手段和经验的丰富,pV-A ECMO 患者的生存率可能会进一步提高。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献:

- [1] Bhatia M, Katz JN. Contemporary comprehensive monitoring of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation patients[J]. *Can J Cardiol*, 2020, 36(2): 291-299.
- [2] Thiagarajan RR, Barbaro RP, Rycus PT, et al. Extracorporeal life support organization registry international report 2016 [J]. *ASAIO J*, 2017, 63(1): 60-67.
- [3] Tanaka D, Hirose H, Cavarocchi N, et al. The impact of vascular complications on survival of patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(5): 1729-1734.
- [4] Yang F, Hou D, Wang J, et al. Vascular complications in adult postcardiotomy cardiogenic shock patients receiving venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 72.
- [5] American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access, Rupp SM, Apfelbaum JL, et al. Practice guidelines for central venous access 2020; an updated report by the american society of anesthesiologists task force on central venous access [J]. *Anesthesiology*, 2020, 132(1): 8-43.
- [6] Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, et al. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access [J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38(7): 1105-1117.
- [7] Kohler K, Valchanov K, Nias G, et al. ECMO cannula review [J]. *Perfusion*, 2013, 28(2): 114-124.
- [8] Kim J, Cho YH, Sung K, et al. Impact of cannula size on clini-

- cal outcomes in peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *ASAIO J*, 2019, 65(6): 573-579.
- [9] Banfi C, Pozzi M, Brunner ME, *et al*. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation; an overview of different cannulation techniques[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(9): E875-E885.
- [10] Banfi C, Bendjelid K, Giraud R. Conversion from percutaneous venoarterial extracorporeal membrane oxygenation access to a peripheral arterial cannulation; is it safe[J]? *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(6): 1995-1996.
- [11] Lamb KM, Hirose H, Cavarocchi NC. Preparation and technical considerations for percutaneous cannulation for veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Card Surg*, 2013, 28(2): 190-192.
- [12] Pasrija C, Mackowick KM, Raithe M, *et al*. Ambulation with femoral arterial cannulation can be safely performed on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(5): 1389-1394.
- [13] Belohlavek J, Rohn V, Tosovsky J, *et al*. A review of a newly established ECMO program in a university affiliated cardiac center [J]. *J Cardiovasc Surg(Torino)*, 2011, 52(3): 445-451.
- [14] Hussain ST, Svensson LG. Surgical techniques in type A dissection[J]. *Annals of Cardiothorac Surg*, 2016, 5(3): 233-235.
- [15] Jackson KW, Timpa J, McIlwain RB, *et al*. Side-arm grafts for femoral extracorporeal membrane oxygenation cannulation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 94(5): e111-e112.
- [16] Cakici M, Ozcinar E, Baran C, *et al*. A retrospective cohort analysis of percutaneous versus side-graft perfusion techniques for veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in patients with refractory cardiogenic shock[J]. *Perfusion*, 2017, 32(5): 363-371.
- [17] Papadopoulos N, Ahmad Ael-S, Marinos S, *et al*. Simple and controlled method to avoid hyperperfusion of the right arm following axillary artery cannulation for extracorporeal membrane oxygenator support[J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 61(7): 581-583.
- [18] Luo S, Foreman C, Sano M, *et al*. Novel leg cannula for venous decompression in peripheral extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105(2): e95-e97.
- [19] Lamb KM, DiMuzio PJ, Johnson A, *et al*. Arterial protocol including prophylactic distal perfusion catheter decreases limb ischemia complications in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Vasc Surg*, 2017, 65(4): 1074-1079.
- [20] Juo YY, Skancke M, Sanaiha Y, *et al*. Efficacy of distal perfusion cannulae in preventing limb ischemia during extracorporeal membrane oxygenation; a systematic review and meta-analysis [J]. *Artif Organs*, 2017, 41(11): E263-E273.
- [21] Marasco SF, Tutungi E, Vallance SA, *et al*. A phase I study of a novel bidirectional perfusion cannula in patients undergoing femoral cannulation for cardiac surgery [J]. *Innovations (Phila)*, 2018, 13(2): 97-103.
- [22] Von Keudell AG, Weaver MJ, Appleton PT, *et al*. Diagnosis and treatment of acute extremity compartment syndrome[J]. *Lancet*, 2015, 386(10000): 1299-1310.
- [23] Madonna R, De Caterina R. Cellular and molecular mechanisms of vascular injury in diabetes--part I: pathways of vascular disease in diabetes[J]. *Vascul Pharmacol*, 2011, 54(3-6): 68-74.
- [24] Yau P, Xia Y, Shariff S, *et al*. Factors associated with ipsilateral limb ischemia in patients undergoing femoral cannulation extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 54: 60-65.
- [25] Brusselle G, Bracke K, De Pauw M. Peripheral artery disease in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195(2): 148-150.
- [26] Arroyo D, Bendjelid K, Robert-Ebadi H, *et al*. Suspected arterial vasospasm in femoro-femoral venoarterial extracorporeal life support[J]. *ASAIO J*, 2017, 63(3): e35-e38.
- [27] Simon F, Oberhuber A, Floros N, *et al*. Acute limb ischemia--much more than just a lack of oxygen[J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19(2)pii: E374.
- [28] Mohite PN, Fatullayev J, Maunz O, *et al*. Distal limb perfusion: Achilles' heel in peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Artif Organs*, 2014, 38(11): 940-944.
- [29] Breeding J, Hamp T, Grealy R, *et al*. Effects of extracorporeal membrane oxygenation pump flow, backflow cannulae, mean arterial blood pressure, and pulse pressure on doppler-derived flow velocities of the lower limbs in patients on peripheral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: A pilot study[J]. *Aust Crit Care*, 2019, 32(3): 206-212.
- [30] Creager MA, Kaufman JA, Conte MS. Clinical practice. Acute limb ischemia[J]. *N Engl J Med*, 2012, 366(23): 2198-2206.
- [31] Wong JK, Smith TN, Pitcher HT, *et al*. Cerebral and lower limb near-infrared spectroscopy in adults on extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Artif Organs*, 2012, 36(8): 659-667.
- [32] Patton-Rivera K, Beck J, Fung K, *et al*. Using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess distal-limb perfusion on venoarterial (V-A) extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) patients with femoral cannulation[J]. *Perfusion*, 2018, 33(8): 618-623.
- [33] Pappalardo F, Pieri M, Armae Corada B, *et al*. Timing and strategy for weaning from venoarterial ECMO are complex issues [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2015, 29(4): 906-911.
- [34] Ortuno S, Delmas C, Diehl JL, *et al*. Weaning from veno-arterial extra-corporeal membrane oxygenation: which strategy to use [J]? *Ann Cardiothorac Surg*, 2019, 8(1): E1-E8.
- [35] Danial P, Hajage D, Nguyen LS, *et al*. Percutaneous versus surgical femoro-femoral veno-arterial ECMO: a propensity score matched study[J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(12): 2153-2161.
- [36] Montero-Cabezas JM, van der Meer RW, van der Kley F, *et al*. Percutaneous decannulation of femoral venoarterial ECMO cannulas using MANTA vascular closure device [J]. *Can J Cardiol*, 2019, 35(6): e9-e11.
- [37] Hwang JW, Yang JH, Sung K, *et al*. Percutaneous removal using proGlide closure devices versus surgical removal for weaning after percutaneous cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63(4): 998-1003.

(收稿日期:2020-03-02)

(修订日期:2020-03-11)