

- 信息系统的开发及应用研究[J]. 中华护理杂志, 2021, 56(2): 183-188.
- [7] 许来雨, 彭伶俐, 黄伟红, 等. 皮瓣移植术后血管危象识别与防控管理信息系统的开发及应用研究[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(11): 1291-1296.
- [8] 冯心语, 田凌云, 罗慧, 等. 信息化技术应用于静脉血栓栓塞症护理的研究进展[J]. 护理学杂志, 2022, 37(16): 106-110.
- [9] 赵永信, 顾莺, 张晓波, 等. 基于新 D&M 模型的《临床护理信息系统有效性评价量表》的编制及信效度评价[J]. 中国实用护理杂志, 2020, 36(7): 544-550.
- [10] 全殷殷, 张帅, 陈娟红, 等. ICU 患者早期肠内营养耐受性监测系统的构建与应用[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(7): 773-778.
- [11] 国家卫生健康委. 全国护理事业发展规划(2021—2025

年)[EB/OL]. (2022-04-29)[2024-03-06]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/09/content_5689354.htm.

- [12] 王小飞, 何文霞, 严婷, 等. 医院信息化平台住院陪护人员管理功能的开发与应用[J]. 护理学杂志, 2022, 37(22): 94-97.
- [13] 傅唯佳, 顾莺, 杨玉霞, 等. 先天性心脏病患儿营养风险筛查及评估循证决策支持系统的构建与应用[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(17): 2059-2066.
- [14] 曾莹, 张娜, 刘于, 等. 护理工作负荷的概念分析和启示[J]. 护理学杂志, 2024, 39(5): 61-65.
- [15] 刘美岑, 吴依诺, 时黎明, 等. 我国 33 家三级肿瘤医院医护人员工作满意度及影响因素分析[J]. 医学与社会, 2024, 37(4): 1-8.

(本文编辑 吴红艳)

体外膜肺氧合相关下肢缺血危险因素及预防护理的研究进展

程环毓¹, 吕芳芳², 马欣雨¹, 祝筠³

摘要: 从体外膜肺氧合相关下肢缺血的危险因素、预防和干预措施等方面进行综述, 提出应研制更准确的风险评估工具、优化个体化预防和干预策略, 以降低体外膜肺氧合相关下肢缺血发生率, 促进患者康复。

关键词: 体外膜肺氧合; 下肢缺血; 凝血功能监测; 营养支持; 功能锻炼; 血糖监测; 针灸治疗; 综述文献

中图分类号: R472.2 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2024.21.019

Risk factors and prevention of limb ischemia during extracorporeal membrane oxygenation: a review

Cheng Huanyu, Lü Fangfang, Ma Xinyu, Zhu Yun. School of Nursing and Rehabilitation, Shandong University, Jinan 250102, China

Abstract: This article reviews the risk factors, preventive measures, and interventions for lower limb ischemia associated with extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). It also proposes a need to develop more accurate risk assessment tools and optimize individualized prevention and intervention strategies to reduce the incidence of lower limb ischemia related to ECMO support and promote patient recovery.

Keywords: extracorporeal membrane oxygenation; lower limb ischemia; monitoring of coagulation function; nutrition support; physical exercise; blood glucose monitoring; acupuncture therapy; review

体外膜肺氧合(Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO)亦称体外生命支持, 是一种采用体外循环技术的辅助治疗手段, 自 20 世纪中叶发展至今, 已广泛应用于常规生命支持无效的各种急性循环和(或)呼吸衰竭的危重患者^[1]。尽管 ECMO 技术推广以来有效提高了众多危重患者的生存率, 但其操作复杂且需要长时间辅助, 导致较高的并发症发生率。下肢缺血作为较常见的并发症, 严重者可能导致截肢, 极大影响了患者的预后和生活质量^[2]。我国大部分医院开展 ECMO 时间不长, 临床医护人员对并发症的预防和管理经验不足。因此, 本文旨在通过综

述 ECMO 致下肢缺血的危险因素、预防及干预措施, 探讨当前的挑战与护理对策, 以指导临床实践和深入研究, 从而优化 ECMO 的应用效果, 提升患者整体治疗结果和生活质量。

1 ECMO 相关下肢缺血概述

ECMO 技术主要有 2 种支持模式: 静脉-静脉模式(Veno-Venous ECMO, VV-ECMO)和静脉-动脉模式(Veno-Arterial ECMO, VA-ECMO), 下肢缺血通常发生在静脉-动脉模式。ECMO 相关下肢缺血发生率为 10%~70%^[3-4], 这种差异性可能源于多种因素, 包括基线特征、ECMO 适应证、插管技术、肢体缺血的定义、监测工具等^[5]。下肢缺血可以在 ECMO 治疗的任何阶段发生, 包括置管时、支持期间、拔管时及拔管后。导致下肢缺血的主要机制是血流量和氧供应减少导致组织缺氧和营养不良, 另外, 在进行置管手术时, 股动脉或髂动脉可能受损或形成夹层, 阻碍血液正常流动, 也会导致下肢供血不足; 此外, 其他可能的机制还包括

作者单位: 1. 山东大学护理与康复学院(山东 济南, 250102); 山东第一医科大学附属省立医院 2. 小儿重症医学科 3. 党委办公室

程环毓: 女, 硕士在读, 学生, 1023880464@qq.com

通信作者: 祝筠, zhuyunzhu@hotmail.com

收稿: 2024-06-04; 修回: 2024-08-12

血管加压药浓度过高等^[5]。

2 ECMO 相关下肢缺血危险因素

2.1 人口学因素 年龄和性别可能是 ECMO 下肢缺血的危险因素。Yau 等^[6]发现年轻患者更易发生肢体缺血,可能因其侧支循环不足和动脉血管较细使下肢血液循环易受损。而李芝兰^[7]的研究显示,肢体缺血的风险与年龄呈正相关,这可能是因为心脏射血功能出现退行性改变、血管壁增厚、远端循环功能降低,从而引起下肢缺血。这种差异可能源于样本人群的基线健康状态和种族生理差异,或研究设计和评估方法的不同。性别方面,Park 等^[8]研究显示,身高低于 165 cm 的女性有更高的肢体缺血风险;Shu 等^[9]研究也发现,女性患者与肢体缺血显著相关。这可能与女性一般较男性具有更细小的血管和不同的血流动力学特征有关。因此,分析 ECMO 治疗中的年龄和性别因素需考虑研究结果的复杂性和多样性。

2.2 共病因素 Yau 等^[6]研究显示,外周动脉疾病、肺部疾病和糖尿病与肢体缺血密切相关。存在动脉粥样硬化的患者在 ECMO 插管期间可能面临更高的斑块移位和栓塞风险,且股动脉病变使插管过程更为困难,增加了肢体缺血的可能性。哮喘或慢性阻塞性肺疾病与动脉粥样硬化的发展存在直接关联^[10],慢性缺氧可能诱发炎症状态,进而损害血管内皮并促使动脉粥样硬化斑块的发展^[11]。此外,Hu 等^[2]研究显示,糖尿病是肢体缺血的独立危险因素。因此,医疗团队在考虑使用 ECMO 的决策过程中,需要详细了解患者的基础疾病,以降低并发症风险,并优化治疗效果。

2.3 ECMO 支持期间的危险因素 ①未预防性放置远端灌注导管(Distal Perfusion Catheter,DPC)可能增加下肢缺血的风险。Yen 等^[12]研究发现,预防性置入远端灌注导管的组中没有发生下肢缺血,而未放置组中下肢缺血发生率为 43.6%。Ohira 等^[13]研究也证实,放置远端灌注导管是预防下肢缺血的关键因素。此外,一项纳入了 22 项研究的 Meta 分析显示,预防性放置远端灌注导管患者下肢缺血发生率减少了 60%~70%^[14]。然而,Yau 等^[6]的研究指出,未预防性放置远端灌注导管与肢体缺血之间没有独立的关联。今后可开展大规模、多中心,涵盖不同患者群体的临床试验,以进一步验证预防性放置远端灌注导管在减少 ECMO 相关下肢缺血中的有效性,探索和优化远端灌注导管的放置策略,包括最佳放置时间、放置位置等,以提高其预防效果并减少相关并发症的发生。②Dragulescu 等^[15]研究指出,手术切开置入动脉和静脉套管的患者下肢缺血发生率较床旁经皮穿刺置管的患者更低。Wang 等^[16]利用国际体外膜肺氧合组织登记处的数据分析初步显示,床旁经皮穿刺置管的患者严重肢体缺血发生率更高,但在进行调整后的分析显示,两种置管方式之间的差异并不显

著。因此,使用哪种置管技术应根据具体的临床情况和患者的具体需求而定。③粗大的动脉和静脉套管和较细的血管可能是 ECMO 相关下肢缺血的危险因素,粗大的套管容易阻塞血管导致下肢缺血。一项研究显示,动脉套管直径>20Fr 是下肢缺血的显著危险因素^[17]。特别是在年轻患者和女性患者中,由于股动脉通常较细,更容易发生下肢缺血性损伤^[18]。Chung 等^[19]报告了粗大的静脉套管也可导致患者肢体缺血,由于粗大的静脉套管可增加静脉压而降低灌注压,进一步加重组织缺氧,甚至导致骨筋膜室综合征。在 ECMO 治疗规划和执行过程中,需根据患者的解剖特点选择合适的动脉和静脉套管,以降低并发症的风险。④血管加压药也可能是 ECMO 相关下肢缺血的危险因素。Yen 等^[12]研究发现,血管活性药物评分高于 15.8 时,肢体缺血发生率显著增加,这与 Hu 等^[2]研究结果相一致。这些研究强调在 ECMO 治疗期间应谨慎使用血管加压药,尤其是在需要长时间维持高剂量血管加压药治疗的情况下,应密切监测患者的肢体血流情况,以预防下肢缺血的发生。目前 ECMO 相关下肢缺血的危险因素还缺乏定论,未来的研究需要更精准地界定这些因素如何以及在什么情况下影响下肢血液供应,以便更好地预防和管理这一严重并发症,减少此类不良事件的发生。

3 ECMO 相关下肢缺血的预防措施

3.1 ECMO 相关下肢缺血的评估 组织缺血 3 h 以上会出现肌肉坏死,因此早期发现和干预 ECMO 相关下肢缺血至关重要,可以最大限度减轻肢体损害并挽救缺血组织^[20]。护士要密切观察接受 ECMO 治疗的患者,每小时监测下肢的颜色和皮温,并每班次测量腿围,使用可实现持续监测的下肢缺血监测设备,一旦发现灌注状态有所变化,应立即明确病因,并采取相应措施^[21]。这种细致和连续的监护是保护患者安全和提高治疗效果的关键。①下肢症状和体征监测是临床评估 ECMO 相关下肢缺血的简便方法。下肢缺血的典型表现统称 6P 综合征,包括疼痛(Pain)、苍白(Pallor)、无脉搏(Pulselessness)、感觉异常(Paresthesia)、运动障碍(Paralysis)、皮温变化(poikilothermia)^[22]。这些体征尽管有助于识别下肢缺血,但它们可能在缺血已经发生并造成一定程度伤害后才表现出来,存在滞后性,不利于下肢缺血的早期发现^[23]。②下肢组织氧饱和度及经皮氧分压/二氧化碳分压监测是评估下肢缺血的持续动态方法^[23]。近红外光谱技术已被证实可以提高对局部组织氧饱和的连续、无创监测的准确性^[17]。Patton-Rivera 等^[24]利用近红外光谱技术监视器连续实时记录患者的组织氧饱和度数据,显示该技术能够及早发现下肢缺血。相关指南推荐此技术监测组织氧饱和度,并维持其值大于 50%,同时保持肢体间氧饱和度差异小于 20%,以便诊断下肢缺血^[25]。此外,下肢血

流监测也是诊断下肢缺血的有效手段。多普勒超声用于测量足背动脉和胫后动脉的峰值收缩流速,有助于识别 ECMO 相关下肢缺血^[26]。这些测量方式使临床监测 ECMO 相关下肢缺血更加全面和精准,以帮助医护人员及时发现下肢缺血,改善患者的治疗结局。③用于监测 ECMO 相关下肢缺血的评估工具在临床实践中表现出了显著的效果。刘艳等^[27]设计的 VA-ECMO 下肢灌注评估量表,内容包括动脉穿刺侧下肢临床表现、毛细血管再充盈时间、动脉穿刺侧拇趾脉搏血氧饱和度、动脉穿刺侧下肢腓肠肌区域组织血氧饱和度以及双下肢腓肠肌区域组织血氧饱和度差值 5 项指标,不仅改善了患者的预后,还提高了护理团队的技术水平和护理质量。彭伟等^[28]设计的下肢灌注评分表,内容包括毛细血管充盈实验、经皮氧分压、彩色多普勒超声检查、脉搏血氧饱和度 4 项指标,有助于 ECMO 相关下肢缺血的早期诊断和治疗,通过系统评估患者的灌注状况,促进了及时和有效的医疗干预。戴伟英等^[29]设计了 VA-ECMO 患者下肢缺血护理清单,使用此清单能够在较短时间发现患者下肢缺血,不仅使护士的工作更有计划性,而且有利于护理人员根据病情进行动态评估和跟踪。这些工具的开发是我国在 ECMO 相关下肢缺血诊断和管理领域的重要进步,显著提高了护理效率和患者的整体护理质量。在 ECMO 治疗中,综合运用多种技术和评估工具对于提高下肢缺血的预防和管理效果至关重要。通过护理团队的积极参与和专业技术应用,以及评估工具和多种监测仪器的使用,可以及时发现和干预下肢缺血,提供个性化的护理,减少下肢缺血的发生,提高患者的生存率和生活质量。

3.2 凝血功能管理 ECMO 治疗期间,患者需要全身抗凝,这可能引发血栓形成、血栓栓塞和出血等不良反应,从而加重患者下肢缺血负担。护士可通过监测活化凝血时间、活化部分凝血酶原时间、抗凝血酶等指标密切评估患者的抗凝状态。建议将活化凝血时间保持在 180~220 s,活化部分凝血酶原时间保持在 50~80 s。护士在护理过程中还应注意患者有无出血及血栓相关并发症的发生^[30],如皮肤黏膜出血、置管部位出血等。

3.3 ECMO 导管要求 ECMO 置管时,配合医生尽可能选择满足目标流量的最小口径动脉导管。Marbach 等^[14]研究显示,当动脉导管小于 17Fr 时,下肢缺血发生率较低。对于接受 ECMO 治疗的患者,置入下肢远端灌注导管可以预防下肢缺血,特别是存在下肢缺血高风险因素的患者。对于留置远端灌注导管的患者,应定时评估导管的位置,若出现错位,及时通知医生进行处理。在 ECMO 治疗中,应协助医生优化导管选择和管理,密切监测导管情况并及时调整,确保患者的有效治疗和安全。

3.4 营养支持 在 ECMO 治疗期间,机体处于高分

解代谢状态,良好的营养支持可以促进组织修复和功能恢复,降低下肢缺血的风险;而营养不良则会削弱免疫系统,使患者容易发生感染和炎症反应,导致血管内皮功能受损,加重下肢缺血^[31]。因此,应在 ECMO 治疗期间评估和监测患者的营养状况,根据其能量需求补充营养素,以改善营养状况,降低并发症发生率。

3.5 功能锻炼 ECMO 患者早期功能锻炼有助于改善肢体缺血性损伤、肌肉无力和功能残疾,降低长期卧床的负面影响,提高生活质量^[32]。Pasrija 等^[33]对 104 例接受 VA-ECMO 治疗的患者进行了运动力量练习,包括床上骑行、床椅转移和行走等,结果显示在锻炼过程中未出现不良事件,证明早期锻炼是安全可行的。在 ECMO 治疗的 72 h 内开始早期锻炼的患者,在第 7 天的移动性评分更高^[34]。早期锻炼包括肢体被动运动、床边坐姿练习、阻力练习,以及使用卧床自行车或站立升降机等辅助工具进行功能锻炼^[35]。护士应了解患者的舒适度,依据患者的需求调整锻炼强度,鼓励患者在可承受的范围内进行锻炼,并提供情感支持与鼓励。在此过程中,护士要注意监测患者的生命体征和病情变化,出现管路脱落等紧急情况应迅速反应并进行处理。

3.6 血糖监测管理 ECMO 支持期间,由于疾病、低温、药物、营养支持等因素影响,患者容易出现血糖异常,其中高血糖会导致血液黏稠度增加,影响血液循环,从而增加肢体缺血的风险^[36]。护士在此期间要注意患者的血糖监测,及时识别血糖异常,并遵医嘱给药调节胰岛素水平。护士主导的包括血糖监测指征和频率、胰岛素起始静脉输注方案、胰岛素用量调整等血糖管理方案能够更好地控制血糖,防止血糖异常的发生^[37]。

3.7 皮肤护理 根据患者的病情选择适合的体位,常用的有俯卧位、不完全俯卧位、仰卧位等^[38]。为防止管道移位、脱落等不良事件的发生,ECMO 治疗患者往往不能经常变换体位。因此,建议采取预防性干预措施,如使用软硅胶泡沫辅料、水胶体辅料等,减小受压部位压力,有效预防皮肤压力性损伤,保护肢体,减少肢体并发症的发生^[39]。

4 ECMO 相关下肢缺血的干预措施

4.1 明确病因 患者出现下肢缺血征象时,进行快速下肢缺血分级、明确缺血原因是下肢缺血治疗的关键^[23]。采用卢瑟福分级评估下肢缺血严重程度,分级越高则缺血程度越重^[40]。可进行超声及下肢造影等检查以明确病因,及时协助医生进行缺血肢体的血运重建。

4.2 导管相关处理措施 对于未放置远端灌注导管的患者,发生同侧下肢缺血,但尚未发生肢体坏死时,可协助医生补救性放置远端灌注导管以改善灌注,若无效应考虑更换动脉导管位置、血管介入等方法^[23]。

4.3 针灸治疗 研究显示,针灸可改善神经组织微环境,刺激神经营养因子的释放,延缓神经元凋亡,结合艾灸可促进损伤后的神经再生和功能恢复^[41]。Deng 等^[42]将此疗法用于 ECMO 相关下肢缺血患者,发现其能促进神经功能恢复,增加神经动作电位的波幅,有助于缓解肢体症状。但该研究只是个案报告,缺乏大样本数据支持其可行性。此外,该方法也有一定的风险,如 ECMO 治疗患者通常免疫力低下,针灸的皮肤穿刺可能增加感染风险,再加上治疗期间使用抗凝药物,增加了出血的危险。因此,该方法的临床可行性需进一步研究,以确认其广泛应用的安全性和有效性。

4.4 其他 患者发生下肢缺血时应考虑到血管活性药的影响,权衡血管活性药与 ECMO 流量之间的关系,合理调整 ECMO 流量,尽量减少血管活性药物用量^[23]。可以联合主动脉内球囊反搏等其他循环辅助治疗,有效改善血流动力学^[43]。另外,下肢缺血的发生需要多学科团队共同合作,以能够全面评估和处理下肢缺血问题,优化治疗方案。

5 小结

ECMO 相关下肢缺血受多种因素影响,如人口学因素、共病因素、导管因素等,护士可通过评估与监测肢体缺血情况、凝血功能管理、协助正确放置导管、营养支持、功能锻炼、血糖监测、皮肤护理等方法预防 ECMO 相关下肢缺血的发生。若已发生下肢缺血,要明确病因,进行补救措施、针灸治疗等方法进行干预。虽然已识别出一些 ECMO 相关下肢缺血的风险因素,但是对于哪些患者更容易发生下肢缺血,以及如何有效预防的详细机制仍然不够清楚。目前对于 ECMO 下肢缺血的预防和管理机制还不够成熟,虽已有放置远端灌注导管等方式来减少缺血的风险,但其效果和最佳实施方式仍需进一步研究。关于 ECMO 相关下肢缺血的长期影响的研究较少,缺血后的恢复情况、功能障碍程度以及患者生活质量的改变需要更多的关注和研究。如何确定最佳的干预时机和方法,以最大限度地减少肢体缺血的风险和严重性,目前仍具有挑战性,需要更多研究来优化现有的监测和干预策略。未来的研究应集中在提高数据质量、探索更多更准确的风险评估工具,发展新的预防和干预技术,加强多学科协作,以改善 ECMO 治疗患者的治疗效果和生活质量。

参考文献:

[1] 俞晓梅,李春朋,邹辉煌,等.体外膜肺氧合治疗幸存患者生活质量研究进展[J].护理学杂志,2023,38(4):124-128.

[2] Hu S, Lu A, Pan C, et al. Limb ischemia complications of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. Front Med, 2022, 9: 938634.

[3] Yang F, Hou D, Wang J, et al. Vascular complications in adult postcardiotomy cardiogenic shock patients receiving venoarterial extracorporeal membrane oxygenation

tion[J]. Ann Intensive Care, 2018, 8(1): 72.

[4] Pozzi M, Koffel C, Djaref C, et al. High rate of arterial complications in patients supported with extracorporeal life support for drug intoxication-induced refractory cardiogenic shock or cardiac arrest[J]. J Thorac Dis, 2017, 9(7): 1988-1996.

[5] Bonicolini E, Martucci G, Simons J, et al. Limb ischemia in peripheral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a narrative review of incidence, prevention, monitoring, and treatment[J]. Crit Care, 2019, 23(1): 266.

[6] 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.

[7] 李芝兰. 心源性休克患者体外膜肺氧合致下肢缺血性损伤的危险因素调查及防控护理[J]. 护理实践与研究, 2020, 17(18): 1-3.

[8] Park B W, Lee S R, Lee M H, et al. Short stature is associated with the development of lower limb ischaemia during extracorporeal life support[J]. Perfusion, 2018, 33(5): 383-389.

[9] Shu H T, Covarrubias O, Shah M M, et al. What factors are associated with arterial line-related limb ischemia in patients on extracorporeal membrane oxygenation? A single-center retrospective cohort study [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2023, 37(12): 2489-2498.

[10] Pizarro C, Linnhoff F, van Essen F, et al. Lower extremity and carotid artery disease in COPD [J]. ERJ Open Res, 2016, 2(4): 00037-02016.

[11] Müllerová H, Marshall J, de Nigris E, et al. Association of COPD exacerbations and acute cardiovascular events: a systematic review and meta-analysis [J]. Ther Adv Respir Dis, 2022, 16: 17534666221113647.

[12] Yen C C, Kao C H, Tsai C S, et al. Identifying the risk factor and prevention of limb ischemia in extracorporeal membrane oxygenation with femoral artery cannulation [J]. Heart Surg Forum, 2018, 21(1): E018-E022.

[13] Ohira S, Kawamura M, Ahern K, et al. Aggressive placement of distal limb perfusion catheter in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. Int Artif Organs, 2020, 43(12): 796-802.

[14] Marbach J A, Faugno A J, Pacifici S, et al. Strategies to reduce limb ischemia in peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and meta-analysis [J]. Int J Cardiol, 2022, 361: 77-84.

[15] Dragulescu R, Armoiry X, Jacquet-Lagrèze M, et al. Lower limb ischemia in surgical femoral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2023, 37(11): 2272-2279.

[16] Wang L, Yang F, Zhang S, et al. Percutaneous versus surgical cannulation for femoro-femoral VA-ECMO in patients with cardiogenic shock: results from the extracorporeal life support organization registry [J]. J Heart Lung Transplant, 2022, 41(4): 470-481.

- [17] Lamb K M, DiMuzio P J, 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.
- [18] 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.
- [19] Chung J H, Jung J S, Son H S, et al. Transient limb ischaemia during extracorporeal membrane oxygenation; inappropriate venous cannula location[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2015, 21(5):694-695.
- [20] Vaillancourt C, Shrier I, Vandal A, et al. Acute compartment syndrome; how long before muscle necrosis occurs? [J]. *CJEM*, 2004, 6(3):147-154.
- [21] 宣吉玲,戴伟英,杨湘英,等. 静脉-动脉体外膜肺氧合患者下肢缺血预防方案的构建研究[J]. *中华危重症护理杂志*, 2023, 4(8):683-688.
- [22] Guglin M, Zucker M J, Bazan V M, et al. Venoarterial ECMO for adults: JACC scientific expert panel[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(6):698-716.
- [23] 中国医师协会体外生命支持专业委员会, 山东省医师协会体外生命支持专业委员会. 中国成人经股动脉 VA-ECMO 治疗期间下肢缺血防治专家共识(2023)[J]. *中华危重病急救医学*, 2023, 35(8):785-792.
- [24] 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.
- [25] 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):827-844.
- [26] 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.
- [27] 刘艳,陈志兰,曹新颖,等. 下肢灌注评估量表预防股静脉-动脉体外膜氧合患者下肢缺血的护理实践[J]. *中国体外循环杂志*, 2023, 21(2):107-110, 128.
- [28] 彭伟,陈琨,张晓玲,等. 下肢灌注评分对 VA-ECMO 治疗患者下肢缺血的诊断价值分析[J]. *浙江医学*, 2022, 44(24):2620-2624.
- [29] 戴伟英,庄一渝. 动脉-静脉体外膜肺氧合治疗病人下肢缺血护理清单的设计及应用[J]. *护理研究*, 2022, 36(8):1476-1479.
- [30] Cunningham D, Besser M W, Giraud K, et al. Agreement between ACT and aPTT during extracorporeal membrane oxygenation shows intra- and inter-individual variation[J]. *Perfusion*, 2016, 31(6):503-507.
- [31] Bear D E, Smith E, Barrett N A. Nutrition support in adult patients receiving extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Nutr Clin Pract*, 2018, 33(6):738-746.
- [32] Hayes K, Hodgson C L, Webb M J, et al. Rehabilitation of adult patients on extracorporeal membrane oxygenation: a scoping review[J]. *Aust Crit Care*, 2022, 35(5):575-582.
- [33] Pasrija C, Mackowick K M, Raithel 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.
- [34] Polastri M, Eden A, Swol J. Rehabilitation for adult patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Perfusion*, 2024, 39(1_suppl):115S-126S.
- [35] 卢梦洁,史苏霞,曹燕华,等. 体外膜肺氧合患者功能锻炼的最佳证据总结[J]. *护理学杂志*, 2024, 39(4):86-91.
- [36] Bemtgen X, Rilinger J, Jäckel M, et al. Admission blood glucose level and outcome in patients requiring venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Clin Res Cardiol*, 2021, 110(9):1484-1492.
- [37] Rovida S, Bruni A, Pelaia C, et al. Nurse led protocols for control of glycaemia in critically ill patients; a systematic review[J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2022, 71:103247.
- [38] Sud S, Fan E, Adhikari N K J, et al. Comparison of venovenous extracorporeal membrane oxygenation, prone position and supine mechanical ventilation for severely hypoxemic acute respiratory distress syndrome; a network meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2024, 50(7):1021-1034.
- [39] Lucchini A, Villa M, Maino C, et al. The occurrence of pressure injuries and related risk factors in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure; a retrospective single centre study[J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2024, 82:103654.
- [40] Yen C C, Kao C H, Tsai C S, et al. Identifying the risk factor and prevention of limb ischemia in extracorporeal membrane oxygenation with femoral artery cannulation [J]. *Heart Surg Forum*, 2018, 21(1):E018-E022.
- [41] Hu L N, Tian J X, Gao W, et al. Electroacupuncture and moxibustion promote regeneration of injured sciatic nerve through Schwann cell proliferation and nerve growth factor secretion[J]. *Neural Regen Res*, 2018, 13(3):477-483.
- [42] Deng C, Guan Y, Liang Y, et al. Acupuncture treatment of deep and superficial peroneal nerve injuries caused by V-A ECMO-induced right limb ischemia; a case report[J]. *Acupunct Med*, 2024, 42(2):117-120.
- [43] Xu B, Li C, Cai T, et al. Intra-aortic balloon pump impacts the regional haemodynamics of patients with cardiogenic shock treated with femoro-femoral veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *ESC Heart Fail*, 2022, 9(4):2610-2617.