

## ◆ 医学前沿与研究 ◆

## 体外膜肺氧合治疗中神经功能的评估\*

覃涛, 吕盛秋, 杨叶桂, 卢俊宇\*\*

(广西医科大学第二附属医院重症医学科, 广西南宁 530007)

**摘要:** 体外膜肺氧合(Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO)技术用于各类型危重患者的救治,近年来在我国发展迅速。但在 ECMO 救治运行过程中存在诸多并发症风险,其中神经系统并发症是直接影响患者预后的主要风险之一。目前,对 ECMO 治疗过程中患者神经功能的评估尚无特异性的统一方法,针对不同治疗阶段的多模态、动态评估模式越来越多地被认可并应用于临床。

**关键词:** 体外膜肺氧合 神经功能 脑损伤 评估 多模态动态评估

中图分类号: R459.7 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2022)04-0735-06

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20220919.014

1953年体外膜肺氧合(Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO)衍生于心脏外科手术中的体外循环技术,随后逐渐应用于对心肺衰竭危重患者的救治。虽然由于材料技术原因,ECMO技术的发展与推广曾受到限制,但是随着膜肺及管路材料技术的革新,ECMO技术在我国危重患者救治领域的应用迅速发展,尤其是在2020年的新冠肺炎疫情中,ECMO被社会广泛认识,被誉为“救命神器”。在最新公布的《新型冠状病毒肺炎防控方案(第九版)》中,ECMO被视为救治新冠肺炎危重患者的最后一道防线<sup>[1]</sup>。但是参考国际体外生命支持组织(Extracorporeal Life Support Organization, ELSO)的全球统

计数据,即使应用ECMO,新冠肺炎危重患者救治的死亡率仍高达47%<sup>[2]</sup>,这与ECMO治疗过程中的诸多并发症(如出血、栓塞、感染、下肢缺血坏死以及神经系统并发症)有关,这些并发症直接影响患者预后。ECMO支持过程中神经功能的评估是一个难点<sup>[3,4]</sup>,因此本文通过回顾ECMO治疗对患者神经功能的影响,总结目前应用于该领域的神经功能评估方法,拟为规范ECMO的治疗措施提供参考。

## 1 ECMO患者神经功能的损伤

神经系统并发症是ECMO的重要并发症之一,直接影响患者预后。ECMO患者神经功能的损伤,

收稿日期: 2022-02-22

\* 广西医科大学第二附属医院2020年优秀后备人才项目(HBRC202004, HBRC201805),广西医疗卫生适宜技术开发与推广应用项目(S2020012)和广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研课题(Z20190977)资助。

### 【作者简介】

覃涛(1987-),男,博士,主治医师,主要从事ECMO、血流动力学、心肺脑复苏研究。

### 【\*\*通信作者】

卢俊宇(1982-),男,博士,主任医师,主要从事重症、急救、ECMO研究, E-mail: junyulu@gxmu.edu.cn。

### 【引用本文】

覃涛, 吕盛秋, 杨叶桂, 等. 体外膜肺氧合治疗中神经功能的评估[J]. 广西科学, 2022, 29(4): 735-740.

QIN T, LÜ S Q, YANG Y G, et al. Evaluation of Neurological Function in Extracorporeal Membrane Oxygenation Therapy [J]. Guangxi Sciences, 2022, 29(4): 735-740.

主要包括 ECMO 支持前机体神经功能损伤、ECMO 操作和支持过程中损伤两个方面。

### 1.1 ECMO 支持前机体神经功能状态

接受 ECMO 支持的患者均是处于心和(或)肺功能衰竭状态,且多数已长时间严重缺氧。早期研究指出,在严重缺氧的状态下脑血流的自动调节、氧在脑组织中的运输和代谢功能下降甚至丧失,使得脑组织更易受到损伤,向不可逆脑损伤发展<sup>[5,6]</sup>。因此在行 ECMO 支持前评估脑功能是否可逆十分重要,将直接决定 ECMO 支持是否实施以及对预后的判断。

### 1.2 ECMO 操作和支持过程对神经功能的影响

ECMO 运转过程中患者全身肝素化以及其凝血系统紊乱,是脑出血的主要原因之一,也是患者预后差的重要原因<sup>[7,8]</sup>。其间,血小板消耗、纤维蛋白溶解以及患者血压和 ECMO 流量的波动,都会对脑血管产生影响,增加患者脑出血的风险<sup>[9]</sup>。另外,抗凝不足及持续低血压容易形成颗粒栓子,在建立管路过程中排气操作不当亦会产生气栓<sup>[10]</sup>。

不同适应症患者需要用不同的 ECMO 模式支持。目前临床上主要是静脉-静脉(VV)和静脉-动脉(VA)两种模式,二者对于脑血流及脑氧代谢造成的影响不同,其差异与两种模式不同的血流途径和是否形成非搏动性血流有关<sup>[11]</sup>。总体而言,VA 模式对脑功能的影响更大<sup>[12]</sup>。VA 模式下 ECMO 引流出大部分右心回血,造成肺循环血流减少,肺内分泌的舒血管物质也相应减少,进而影响血管的收缩和舒张功能。搏动性血流能将动能转化进而促进不同细胞成分的流动,降低血管阻力,并减轻机体对儿茶酚胺的反应,但多数成人 VA 模式经股动脉逆行回输氧合血,对于心功能极差的患者而言,该模式下输出对包括脑组织在内的全身器官组织的平流灌注,即非搏动性血流,在一定程度上影响了组织器官的循环灌注<sup>[11]</sup>。在婴幼儿的 VA 模式中,多在右颈内动脉留置灌注管,在置管和结扎过程中造成的分流会对脑灌注造成影响<sup>[13]</sup>,但因此产生的脑损伤是否对称尚存争议。相对而言,VV 模式对血流动力学影响较小,很少会对脑血流量和血管阻力造成影响。

## 2 ECMO 治疗过程中常用神经功能的评估

### 2.1 神经系统查体及临床评分

由于接受 ECMO 支持患者在初期常处于血流动力学不稳的休克状态,需用镇痛镇静减轻氧耗,故常规神经系统查体、RASS 镇静评分、格拉斯哥评分

(Glasgow Score, GCS)等会受到镇静及肌松药物影响,临床指导价值有限,但阳性病理征及评分的动态变化仍可作为参考<sup>[14]</sup>。对于昏迷病人,为提高评估准确性,有研究者在 GCS 基础上发明了无反应综合评分(Full Outline of Unresponsiveness Score, FOUR),包括眼睛反应、运动反应、脑干反射、呼吸形式四部分内容。与 GCS 比较,FOUR 对神经系统细节的评估使得它在病人的管理中更实用<sup>[15,16]</sup>。但即便如此,临床评分也不能完全明确颅脑损伤情况及其病理生理改变。当血流动力学平稳、氧供氧耗平衡时,可考虑减少镇痛镇静类药物用量,逐渐过渡到每日唤醒等 ICU 常规镇静方案,甚至可以考虑清醒 ECMO<sup>[17]</sup>以助于随时监测、评估患者的神经功能状态。

### 2.2 颅脑 CT/MRI

我国《成人 ECMO 循环辅助专家共识》建议在患者 ECMO 辅助流量稳定、血流动力学趋于平稳时及时评估神经系统功能,如发现异常应行头颅 CT 检查,明确脑损伤类型及程度,尽早给予相应处理<sup>[18]</sup>。但 CT 检查由于转运风险以及时效性原因无法做到常规监测,且对非脑血管病变的临床指导价值有限,如缺血缺氧性脑病等功能性病变<sup>[19]</sup>。目前在临床 ECMO 救治过程中更多的是常规监测或为确诊性检查,无法体现重症救治的连续性和时效性。目前 ECMO 运行期间行磁共振成像(MRI)的挑战很大,鲜有报道,因此颅脑 MRI 更多是用作撤除 ECMO 后的脑功能评估。

### 2.3 脑损伤相关生物标志物

脑损伤后会释放多种分子物质,研究各种损伤标志物与脑损伤预后的关系是近年来的研究热点之一。理想的生物标志物应具有高度特异性、敏感性、有效性,且易于检测。目前对于 ECMO 患者脑损伤相关的血浆标志物已有相关研究,比如神经特异性烯醇化酶(Neuron Specific Enolase, NSE)、胶质纤维酸性蛋白(Glial Fibrillary Acidic Protein, GFAP)、中枢神经特异性蛋白(S100-β 蛋白)、细胞间黏附分子-5 (Intercellular Adhesion Molecule-5, ICAM-5)、脑源性神经营养因子(Brain-Derived Neurotrophic Factor, BDNF)等<sup>[20-22]</sup>,但尚未发现特异性好且可直接指导临床的生物标志物。NSE 特异性定位在神经元内,是糖降解途径的关键酶,近年国内外研究表明血 NSE 可较好地预测新生儿脑损伤的程度,并可作为神经保护药物疗效的评价指标<sup>[20,23,24]</sup>。GFAP 是成

星形胶质细胞的特异性蛋白,具有高度的脑特异性。有研究表明,在接受 ECMO 治疗期间,血 GFAP 高含量组患者脑损伤的发生率更高,因此其亦可为预测脑损伤的标记物<sup>[23,25]</sup>。但由于目前研究报道较少,其价值有待进一步验证。S100- $\beta$  蛋白是神经胶质细胞中的一种酸性钙结合蛋白,国外研究表明血清 S100- $\beta$  蛋白可作为检测围产期缺血缺氧性脑损伤的早期标记物<sup>[26]</sup>;另外,有研究显示接受 ECMO 治疗脑损伤患者的血 S100- $\beta$  蛋白含量明显增高,因此其可作为接受 ECMO 治疗期间尚无临床特征和影像学表现患者早期脑损伤预测的标记物<sup>[23,27]</sup>。然而接受 ECMO 治疗患者的尿标本中 S100- $\beta$  蛋白的含量是否可作为脑损伤的预测因子,目前尚无相关研究报告。上述标志物均存在未能区分是与 ECMO 损伤相关还是原发病所致的局限,其结果也可能会受不同人群、不同监测时机和结果评估时机的影响,因此目前仍是通过一些血清标志物的组合检测来量化评估脑损伤以提高预测的准确性<sup>[28,29]</sup>。

#### 2.4 经颅多普勒超声

经颅多普勒超声(Transcranial Doppler ultrasound, TCD)已被广泛应用于神经内科和神经外科患者脑血流的监测中,是能动态评估脑血流和颅内压的监测技术。通过监测重症患者主要大脑动脉的血流速度及频谱形态,结合相关衍生指标,TCD 能评估患者脑血管调节能力、脑灌注以及是否发生脑血管痉挛、脑栓塞、颅内高压、脑死亡等情况<sup>[20-32]</sup>。但不同研究有关 TCD 监测的频率和持续时间的数据有限,且不同研究报告中测量的同质性不高。另外,有研究认为对于婴幼儿患者以及尚不具影像学特征和临床特征的患者,TCD 监测价值有限<sup>[29]</sup>。而且,TCD 的结果还容易受到操作者熟练程度、检查部位受限的影响。TCD 的衍生指数,如搏动指数及视神经鞘超声测量直径(Optic Nerve Sheath Diameter, ONSD)已被证实与颅内压有很好的相关性,且 ONSD 和 TCD 两者的结合比运用单一方法更准确<sup>[33,34]</sup>。

#### 2.5 近红外光谱

近红外光谱(Near-Infrared Spectroscopy, NIRS)是监测局部组织氧合反应灌注状态的无创技术。通过在患者额部皮肤放置电极连续测量脑氧饱和度,该技术能够在不中断常规护理的情况下连续监测脑组织灌注及氧供需是否平衡<sup>[35]</sup>。近红外光可穿透大脑 2.0-2.5 cm,可检测脑循环中含氧和去氧血红蛋白浓度,通常表示为含氧血红蛋白占总血红蛋白

的比率,称为局部脑氧饱和度(regional cerebral oxygen saturation, rScO<sub>2</sub>)。rScO<sub>2</sub> 对脑灌注具有较高敏感性,对心脏大手术、感染性休克、心肺复苏术后等可能存在脑灌注不足的患者具有重要应用价值<sup>[36]</sup>。对新生儿缺血缺氧性脑病的预后研究发现,在动态脑电图基础上联合 rScO<sub>2</sub> 应用可以明显提高短期预后的预测价值<sup>[37]</sup>。NIRS 作为基础的脑氧监测手段正成为重症患者脑功能常规监测的重要组成部分,对于脓毒症、休克复苏、重症颅脑创伤和重症相关认知功能障碍等疾患的监测具有一定的不可替代价值<sup>[38]</sup>。低 rScO<sub>2</sub>、左右大脑 rScO<sub>2</sub> 差异大与 VA-ECMO 急性脑部并发症的发生独立相关<sup>[39]</sup>。另外,rScO<sub>2</sub> 可以通过脑氧供和氧化代谢需求得出脑血流量,脑血流和平均动脉压(Mean Arterial Pressure, MAP)的相关性可以作为脑自动调节功能的指标。rScO<sub>2</sub> 针对 MAP 绘制光谱,可计算脑血氧指数(Cerebral Oximetry Index, COx),通过监测 MAP 与 rScO<sub>2</sub> 之间的动态关系,评估脑自动调节功能和最佳 MAP。当 COx 接近 1 时,MAP 和 rScO<sub>2</sub> 密切相关,表明脑血管自动调节受损,处于压力被动状态,这在成人研究中已得到证实<sup>[36]</sup>。

#### 2.6 脑电生理

神经电生理评估包括脑电图(Electroencephalogram, EEG)和诱发电位等。EEG 对脑组织缺血、缺氧反应敏感,可及时反映大脑神经元电活动情况,且其改变往往早于临床检查发现,是神经重症病房常用的监测及评价工具之一<sup>[40]</sup>。但人们常说的脑电图是指常规标准脑电图(stEEG),而传统的脑电图只能依靠经验丰富的神经电生理专业人员分析判读,在一定程度上限制了脑电图监测技术在临床中的广泛开展。随着计算机信息技术的发展,在传统脑电图的基础上出现了振幅整合脑电图(aEEG)、定量脑电图(qEEG),通过定量分析技术对 EEG 信号进行分析,以趋势图谱的形式直观反映病人的脑功能状态,更利于普通医护人员掌握。脑电监测及评估可作为心脏骤停后恢复自主循环患者脑功能预后的早期指标,对急性脑梗死亚低温治疗预后具有指导意义<sup>[41]</sup>;在颈动脉狭窄患者颈动脉内膜切除术中,脑电图变化对预测围术期卒中也有较高的特异性<sup>[42]</sup>;另外,早产儿头 7 d 内记录的 aEEG 或 EEG 可能具有预测神经发育预后的潜力<sup>[43]</sup>。此外,脑电反应性评估在脑功能预后评估中也占有重要地位。尽管脑电反应性的定义、测试方法各不相同,但不管什么病因导致的意识障碍,

具有脑电反应性的患者其预后良好的可能性越大,而无反应性脑电者则预后不良<sup>[44]</sup>。诱发电位通过重复的刺激反应评估大脑皮层功能,但 Mauro Oddo 研究团队对心脏骤停后昏迷患者研究发现,临床检查、脑电图反应性和NSE的结合可为患者预后提供最佳预测方案,而体感诱发电位并不能增加任何补充信息<sup>[21]</sup>。已有越来越多的学者和单位提倡综合多种脑功能监测手段,使用多模态的形式综合分析和评估患者脑功能状态,该领域值得进一步关注<sup>[45,46]</sup>。

### 3 展望

神经功能损害是 ECMO 的主要并发症之一,严重影响患者预后,其危险因素包括 ECMO 治疗前患者机体神经功能状态、ECMO 操作和支持过程对神经功能影响两方面。在目前临床中常用的神经系统功能评估方法中,查体、临床评分及颅脑 CT 临床指导价值有限,且阳性结果反应病情变化相对滞后,无法满足重症救治过程中的连续性和时效性;颅脑 MRI 更多是用作撤除 ECMO 后的脑功能评估;对于脑损伤后释放出的相关标记物是目前研究的热点,但尚未发现特异性强的单个生物标记物,可通过若干个标记物组合检测评估来提高预测的准确性;TCD、ONSD、NIRS 和 EEG 作为可以实时且无创的评估手段,已越来越多应用于 ECMO 患者神经功能的评估,其结果相关性已得到一定程度的验证,但其操作者和结果判读的同质性可能会影响评估结果。

虽然越来越多的单位和学科开展 ECMO 技术,但是尚未建立脑功能损伤评估的标准和流程,仍需进一步实践。目前,脑功能损伤的评估方法较多,但不同手段的优缺点不同,单独运用其中任一种手段均有局限性,从单一评估模式向多模态的动态评估模式是未来脑损伤评估发展的趋势。在 ECMO 救治过程中,结合患者不同阶段神经系统血流、氧供氧耗及病理生理特点,方可找到最佳组合方案,从而让评估更好地服务于治疗。

#### 参考文献

- [1] 国家卫生健康委办公厅,国家中医药管理局办公室. 关于印发新型冠状病毒肺炎防控方案(第九版)的通知[EB/OL]. (2022-06-28)[2022-08-06]. [http://www.gov.cn/xinwen/2022-06/28/content\\_5698168.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2022-06/28/content_5698168.htm).
- [2] Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) in COVID-19 [Z/OL]. [2022-08-06]. <https://www.else.org/COVID19.aspx>.
- [3] LORUSSO R, GELSOMINO S, PARISE O, et al. Neurologic injury in adults supported with veno-venous extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure: Findings from the extracorporeal life support organization database [J]. *Critical Care Medicine*, 2017, 45(8):1389-1397.
- [4] LORUSSO R, BARILI F, MAURO M D, et al. In-hospital neurologic complications in adult patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: Results from the extracorporeal life support organization registry [J]. *Critical Care Medicine*, 2016, 44(10): e964-e972.
- [5] TWEED A, COTE J, LOU H, et al. Impairment of cerebral blood flow autoregulation in the newborn lamb by hypoxia [J]. *Pediatric Research*, 1986, 20(6):516-519.
- [6] SHORT B L, WALKER L K, TRAYSTMAN R J. Impaired cerebral autoregulation in the newborn lamb during recovery from severe, prolonged hypoxia, combined with carotid artery and jugular vein ligation [J]. *Critical Care Medicine*, 1994, 22(8):1262-1268.
- [7] RISNES I, WAGNER K, NOME T, et al. Cerebral outcome in adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Annals of Thoracic Surgery*, 2006, 81(4):1401-1406.
- [8] BULAS D, GLASS P. Neonatal ECMO: Neuroimaging and neurodevelopmental outcome [J]. *Seminars in Perinatology*, 2005, 29(1):58-65.
- [9] GRAZIANI L J, GRINGLAS M, BAUMGART S. Cerebrovascular complications and neurodevelopmental sequelae of neonatal ECMO [J]. *Clinics in Perinatology*, 1997, 24(3):655-675.
- [10] 张晶, 樊寻梅, 宋国维. 经颅多普勒超声对羊体外膜肺灌流期间栓子监测的研究[J]. *中华儿科杂志*, 2000, 38(6):351-354.
- [11] HUNTER C J, BLOOD A B, BISHAI J M, et al. Cerebral blood flow and oxygenation during venoarterial and venovenous extracorporeal membrane oxygenation in the newborn lam [J]. *Pediatric Critical Care Medicine*, 2004, 5(5):475-481.
- [12] FENIK J C, RAIS-BAHRAMI K. Neonatal cerebral oximetry monitoring during ECMO cannulation [J]. *Journal of Perinatology*, 2009, 29(5):376-381.
- [13] HEIJST A V, LIEM D, HOPMAN J, et al. Oxygenation and hemodynamics in left and right cerebral hemispheres during induction of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *The Journal of Pediatrics*, 2004, 144(2):223-228.

- [14] 中华医学会重症医学分会. 中国成人 ICU 镇痛和镇静治疗指南[J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30(6): 497-514.
- [15] FOO C C, LOAN J J M, BRENNAN P M. The relationship of the FOUR score to patient outcome: A systematic review [J]. *Journal of Neurotrauma*, 2019, 36(17): 2469-2483.
- [16] MARCATI E, RICCI S, CASALENA A, et al. Validation of the Italian version of a new coma scale: The FOUR score [J]. *Internal & Emergency Medicine*, 2012, 7(2): 145-152.
- [17] 罗小龙, 黄亮, 李洋. 清醒状态下体外膜肺氧合治疗的研究进展[J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(7): 1007-1010.
- [18] 中国医师协会体外生命支持专业委员会. 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): 886-894.
- [19] LEE B K, JEUNG K W, SONG K H, et al. Prognostic values of gray matter to white matter ratios on early brain computed tomography in adult comatose patients after out-of-hospital cardiac arrest of cardiac etiology [J]. *Resuscitation*, 2015, 90: 46-52.
- [20] STREITBERGER K J, LEITHNER C, WATTENBERG M, et al. Neuron-specific enolase predicts poor outcome after cardiac arrest and targeted temperature management: A multicenter study on 1, 053 patients [J]. *Critical Care Medicine*, 2017, 45(7): 1145-1151.
- [21] ODDO M, ROSSETTI A O. Early multimodal outcome prediction after cardiac arrest in patients treated with hypothermia [J]. *Critical Care Medicine*, 2014, 42(6): 1340-1347.
- [22] LV H Y, WANG Q L, WU S J, et al. Neonatal hypoxic ischemic encephalopathy-related biomarkers in serum and cerebrospinal fluid [J]. *Clinica Chimica Acta*, 2015, 450: 282-297.
- [23] 刘学敏. 不同孕龄胎盘和脐带组织中 S100b、NSE、GFAP 的表达[D]. 沈阳: 中国医科大学, 2007.
- [24] JOHANSSON P, BLOMQUIST S, LÜHRS C, et al. Neuron-specific enolase increases in plasma during and immediately after extracorporeal circulation [J]. *The Annals of Thoracic Surgery*, 2000, 69(3): 750-754.
- [25] 尤涛, 王新宽, 刘兴光, 等. 血标记物监测体外膜肺氧合颅脑损伤的系统评价[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2016, 23(2): 168-172.
- [26] NAGDYMAN N, KÖMEN W, KO H K, et al. Early biochemical indicators of hypoxic-ischemic encephalopathy after birth asphyxia [J]. *Pediatric Research*, 2001, 49(4): 502-506.
- [27] GAZZOLO D, MARINONI E, IORIO R D, et al. Measurement of urinary S100B protein concentrations for the early identification of brain damage in asphyxiated full-term infants [J]. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 2003, 157(12): 1163-1168.
- [28] WANG C H, CHANG W T, SU K I, et al. Neuroprognostic accuracy of blood biomarkers for post-cardiac arrest patients: A systematic review and meta-analysis [J]. *Resuscitation*, 2020, 148: 108-117.
- [29] BEMBEA M M, RIZKALLA N, FREEDY J, et al. Plasma biomarkers of brain injury as diagnostic tools and outcome predictors after extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Critical Care Medicine*, 2015, 43(10): 2202-2211.
- [30] GREER D M, SHERMIE S D, LEWIS A, et al. Determination of brain death/death by neurologic criteria: The world brain death project [J]. *The Journal of the American Medical Association*, 2020, 324(11): 1078-1097.
- [31] BERTUETTI R, GRITTI P, PELOSI P, et al. How to use cerebral ultrasound in the ICU [J]. *Minerva Anestesiologica*, 2020, 86(3): 327-340.
- [32] BONOW R H, YOUNG C C, BASS D I, et al. Transcranial Doppler ultrasonography in neurological surgery and neurocritical care [J]. *Neurosurgical FOCUS*, 2019, 47(6): E2. DOI: 10.3171/2019.9.FOCUS19611.
- [33] ROBBA C, POZZEBON S, MORO B, et al. Multimodal non-invasive assessment of intracranial hypertension: An observational study [J]. *Critical Care*, 2020, 24(1): 379. DOI: 10.1186/s13054-020-03105-z.
- [34] ROBBA C, CARDIM D, TAJŠIĆ T, et al. Ultrasound non-invasive measurement of intracranial pressure in neurointensive care: A prospective observational study [J]. *PLoS Medicine*, 2017, 14(7): e1002356. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002356.
- [35] RIVERA-LARA L, GEOCADIN R, ZORRILLA-VAACA A, et al. Validation of near-infrared spectroscopy for monitoring cerebral autoregulation in comatose patients [J]. *Neurocritical Care*, 2017, 27(3): 362-369.
- [36] SEKHON M S, SMIELEWSKI P, BHATE T D, et al. Using the relationship between brain tissue regional saturation of oxygen and mean arterial pressure to determine the optimal mean arterial pressure in patients following cardiac arrest: A pilot proof-of-concept study [J]. *Resuscitation*, 2016, 106: 120-125.
- [37] GOERAL K, URLESBERGER B, GIORDANO V, et

- al. Prediction of outcome in neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy II: Role of amplitude-integrated electroencephalography and cerebral oxygen saturation measured by near-infrared spectroscopy [J]. *Neonatology*, 2017, 112(3): 193-202.
- [38] 陈焕, 王小亭. 无创脑氧监测: 临床意义与挑战[J]. *中华重症医学电子杂志(网络版)*, 2018, 4(3): 231-237.
- [39] POZZEBON S, ORITIZ A B, FRANCHI F, et al. Cerebral near-infrared spectroscopy in adult patients undergoing veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Neurocritical Care*, 2018, 29(4): 94-104.
- [40] FOREMAN B, CLAASSEN J. Quantitative EEG for the detection of brain ischemia [J]. *Critical Care*, 2012, 16(2): 216. DOI: 10.1186/cc11230.
- [41] 董鑫, 邵换璋, 杨亚南, 等. 心肺脑复苏后患者振幅整合脑电图对脑功能预后的早期评价[J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29(10): 887-892.
- [42] CHANG R, REDDY R P, SUDADI S, et al. Diagnostic accuracy of various EEG changes during carotid endarterectomy to detect 30-day perioperative stroke: A systematic review [J]. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 2020, 131(7): 1508-1516.
- [43] FOGTMANN E P, PLOMGAARD A M, GREISEN G, et al. Prognostic accuracy of electroencephalograms in preterm infants: A systematic review [J]. *Pediatrics*, 2017, 139(2): e20161951.
- [44] AZABOU E, NAVARRO V, KUBIS N, et al. Value and mechanisms of EEG reactivity in the prognosis of patients with impaired consciousness: A systematic review [J]. *Critical Care*, 2018, 22(1): 184. DOI: 10.1186/s13054-018-2104-z.
- [45] CITERIO G, ODDO M, TACCONE F S. Recommendations for the use of multimodal monitoring in the neurointensive care unit [J]. *Current Opinion in Critical Care*, 2015, 21(2): 113-119.
- [46] 周保纯, 朱建军, 袁慧琴, 等. 多模态脑功能监测在重症神经领域的应用进展[J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(5): 736-741.

## Evaluation of Neurological Function in Extracorporeal Membrane Oxygenation Therapy

QIN Tao, LÜ Shengqiu, YANG Yegui, LU Junyu

(Department of Critical Medicine, the Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi, 530007, China)

**Abstract:** Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) technology is used for the treatment of various types of critical patients, and has developed rapidly in China in recent years. However, there are many risks of complications during the treatment of ECMO, among which neurological complications are one of the main risks that directly affect the prognosis of patients. At present, there is no specific unified method for the evaluation of patients' neurological function during ECMO treatment. Multimodal and dynamic evaluation models for different treatment stages are increasingly recognized and applied in the clinic.

**Key words:** extracorporeal membrane oxygenation; neurological function; brain injury; evaluation; multimodal and dynamic evaluation mode

责任编辑: 米慧芝



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>