

· 标准与规范 ·

神经重症患者的神经电生理监测与评估
专家共识(2024 版)

中国医师协会神经外科医师分会神经电生理监测学组 中国研究型医院学会临床神经电生理专委会 中国人体健康科技促进会重症脑损伤专业委员会

通信作者: 刘献增, 北京大学国际医院神经内科, 北京 102206, Email: liuxianzeng2004@sina.com; 乔慧, 首都医科大学北京市神经外科研究所神经电生理室, 北京 100069, Email: hqiao1215@sina.com; 张艳, 首都医科大学宣武医院神经内科, 北京 100053, Email: zhangylq@sina.com; 熊南翔, 武汉大学中南医院神经外科, 武汉 430071, Email: mozhuoxiong@163.com

【摘要】 神经电生理监测对各种病因所致的神经重症患者的病情评估和转归预测有重要意义。目前, 国内神经重症患者的神经电生理监测技术普及不够广泛, 监测水平存在差异, 缺乏相关的共识和规范。本专家共识结合了全国神经电生理及神经重症医学专家意见, 从神经电生理技术和应用两个方面给出了 13 条专家意见。神经重症监护病房(NICU)常用的神经电生理监测包括脑电图、诱发电位和肌电三类。主要应用范围包括: 昏迷程度评估与转归预测、反映颅内压水平、非惊厥性癫痫持续状态鉴定、镇静水平评估、脑死亡判定和重症周围神经病监测。推荐各级 NICU 对神经重症患者应用神经电生理监测技术参照该专家共识。

【关键词】 神经重症; 神经电生理; 监测; 评估; 专家共识

实践指南注册: 国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2024CN632)

Expert consensus on neurophysiologic monitoring and evaluation of neurocritical care patients (2024 version)

Neurophysiological Monitoring Group of the Chinese Medical Doctor Association Neurosurgery Branch, Clinical Neurophysiology Committee of the Chinese Research Hospital Association, Critical Brain Injury Professional Committee of the China Association for Promotion of Health Science and Technology

Corresponding authors: Liu Xianzeng, Department of Neurology, Peking University International Hospital, Beijing 102206, China, Email: liuxianzeng2004@sina.com; Qiao Hui, Department of Neurophysiology, Beijing Institute of Neurosurgery, Capital Medical University, Beijing 100069, China, Email: hqiao1215@sina.com; Zhang Yan, Department of Neurology, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China, Email: zhangylq@sina.com; Xiong Nanxiang, Department of Neurosurgery, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, Email: mozhuoxiong@163.com

【Abstract】 Neurophysiological monitoring is important for the assessment and prediction of regression in patients with severe neurocritical illnesses due to various etiologies. At present, the popularity of neuroelectrophysiological monitoring technology for severe neurocritical patients in China is not widespread enough, the level of monitoring varies, and there is a lack of relevant consensus and norms. This expert consensus combines the opinions of national experts in

DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20231016-00776

收稿日期 2023-10-16 本文编辑 朱瑶

引用本文: 中国医师协会神经外科医师分会神经电生理监测学组, 中国研究型医院学会临床神经电生理专委会, 中国人体健康科技促进会重症脑损伤专业委员会. 神经重症患者的神经电生理监测与评估专家共识(2024 版)[J]. 中华医学杂志, 2024, 104(23): 2113-2122. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20231016-00776.



中华医学杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



neuroelectrophysiology and neurocritical care medicine, and provided 13 expert opinions on neuroelectrophysiology technology and application. Commonly used Neurophysiologic monitoring in the Neuro-Intensive Care Unit (NICU) includes three categories: electroencephalogram, evoked potentials and electromyography. The main applications include assessment of coma level and prognosis prediction, reflection of intracranial pressure level, identification of nonconvulsive status epilepticus, assessment of sedation level, determination of brain death, and monitoring of severe peripheral neuropathy. It is recommended that NICU at all levels apply neurophysiologic monitoring techniques to severe neurocritical patients according to the expert consensus.

【Key words】 Neurocritical care; Neurophysiology; Monitoring; Assessment; Expert consensus

Practice guideline registration: International Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2024CN632)

神经重症医学是融合了神经病学、神经外科学、重症医学、急诊医学及神经电生理学等多学科的交叉学科^[1-2]。近 20 年来神经重症医学取得了飞速发展^[3]。据统计,截至 2021 年全国共有三千多家三级医院,成立了约两千多个神经重症监护病房(neuro-intensive care unit, NICU)。神经重症医学涵盖的危重症疾病状态包含重症脑卒中、颅脑损伤、脑肿瘤、中枢神经系统感染、自身免疫性脑炎、癫痫持续状态、重症神经肌肉病等多种神经系统疾病。临床上对这些患者提供及时准确的病情监测与评估,对指导治疗及判断预后具有重要意义。

神经电生理技术是指应用电信号反映神经系统功能的临床技术方法,包括皮质监测的脑电图(electroencephalogram, EEG)、诱发电位(evoked potentials, EP)、事件相关电位等;脑干、脊髓等监测的诱发电位,以及神经根周围神经的肌电图等多种电信号检测。其中 EEG 是自发的生物电,而 EP、神经传导和肌电图等需要一定的电或生物学刺激。神经电生理监测技术简便易行,适用于床旁动态监测,能够实时反映脑功能状态和意识状态的变化,已越来越多地用于神经重症患者^[3-4]。由于历史原因,神经电生理专业技术人员没有专业的培训机制和亚专科分类,只能通过继续教育从技术人员或医师系列中学习而得。因此在神经电生理监测的规范操作、数据采集、结果分析等方面均无规范化标准。另外,多数 NICU 单位在神经电生理监测的应用方面仍然处于空白,也迫切需要在 NICU 的神经电生理监测应用方面进行指导和规范。因此,中国医师协会神经外科医师分会神经电生理监测学组、中国研究型医院学会临床神经电生理专委会、中国人体健康科技促进会重症脑损伤专业委员会组织全国神经电生理及神经重症医学专家,在广泛征求意见的前提下制订了本专家共识。

一、共识制订方法学

本共识的撰写工作起自 2023 年 1 月,针对神经电生理监测在神经重症应用的相关文献进行了充分的检索。检索数据库包括 The Cochrane Library、MEDLINE、PubMed、Embase、中国知网、维普、万方和中国生物医学文献数据库。检索关键词为:“intensive care”“critical care”“intensive care units”“neurophysiological monitoring”“electroencephalogram (EEG)”“evoked potentials (EP)”“Electromyography”“神经重症”“神经电生理监测”“脑电图”“诱发电位”“肌电图”。文献检索时间跨度为 2002 年 1 月至 2023 年 6 月。文献检索类型优先选择系统评价、荟萃分析与指南。若相关问题缺乏系统评价和荟萃分析时则检索相应原始研究,进行荟萃分析和系统评价制作。为保证研究证据质量,研究过程中的文献筛选、质量评价、文献资料提取等工作由专家共识制订小组成员蔡远坤和陈科宇分别独立完成后核对、汇总。撰写小组在武汉大学循证与转化医学中心专家的指导下,采用 GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation) 分级系统^[5-6]进行证据和推荐意见评价,形成最终的推荐意见。其中,证据等级分为 ABCD 四个级别,推荐等级分为 1 和 2 两个级别(表 1)。

专家小组基于证据评价与分级小组提供的有关神经重症患者神经电生理监测的国内外证据,从神经电生理监测技术原理、病情监测、预后预测和特殊情况监测四个方面形成了 13 条专家推荐意见草案。此后通过两轮德尔菲调研和专家研讨会,最终确定了 13 条推荐意见。共识文本用“推荐”来反映强推荐,用“建议”或“考虑”来反映弱推荐。强推荐并不意味着有足够的干预有效性,推荐意见的制订结合疾病的严重程度、安全性、经济性等因素综



表1 GRADE证据和推荐质量分级与定义

级别	详细说明
证据等级	
高(A)	非常确信真实值接近观察值
中(B)	对观察值有中等程度信心:真实值有可能接近观察值,但仍存在两者不同的可能性
低(C)	对观察值的确信程度有限:真实值可能与观察值不同
极低(D)	对观察值几乎没有信心:真实值很可能与观察值不同
推荐等级	
强推荐(1)	充分考虑了证据质量、综合医疗服务水平、患者可能的预后情况和治疗成本形成最终的推荐意见
弱推荐(2)	证据价值存在一定不确定性,或可能存在较高的技术要求和治疗成本,倾向于低级推荐

注:GRADE为证据等级和推荐分级的评估、制定与评价

合考虑。

二、NICU 常用神经电生理监测技术及原理

目前 NICU 最常用的神经电生理监测技术是 EEG、EP 和肌电图。EEG 主要使用连续脑电图 (continuous EEG, cEEG) 和定量脑电图 (quantitative EEG, qEEG)。EP 包括躯体感觉诱发电位 (somatosensory EP, SEP)、脑干听觉诱发电位 (brainstem auditory EP, BAEP)、视觉诱发电位 (visual EP, VEP) 和事件相关电位 (event-related potentials, ERP)。肌电图包括神经传导和针极肌电图。由于 EEG 和 EP 属于常用的神经电生理监测技术,其基本原理及基本操作不再过多赘述,仅就与神经重症监测相关问题进行介绍。

(一)EEG

1. 记录方法:神经重症患者的 EEG 记录可按照常规 10-20 系统,安放 19~21 个记录电极。EEG 仪器至少需要 32 个或更多通道的放大器^[7]。推荐使用有同步 qEEG (包括振幅整合 EEG、功率谱、时频图及爆发-抑制定量分析等项目) 处理和分析软件^[7]。

由于神经重症患者的 EEG 监测可能要记录较长时间,如果记录时间>12 h,至少每 12 小时应检查 1 次 EEG 记录质量,以识别和纠正电极和其他伪差;每日检查患者头皮和电极,防止电极压伤皮肤或引起感染,松动的电极重新安置妥当。术后患者如头皮有破损、血肿、引流管或切口等,应避开上述部位,同时注意左右电极位置尽量对称。如局部有颅骨缺损,应记录缺损部位的位置、范围及电极编号,以便在分析 EEG 时识别缺失的导联^[8]。

2. 普通 EEG 判读:NICU 中的癫痫患者常见的 EEG 异常有:背景活动异常、散在癫痫样放电、爆发抑制、节律性和周期性模式、脑电发作和电临床癫痫发作等。上述异常 EEG 特征表现的描述可参考

2021 版美国临床神经生理学会重症脑电监测标准术语^[9],在此仅作简要介绍:(1)背景活动异常:包括了对称性、连续性、主要背景频率、后优势节律以及对活动反应的异常。(2)癫痫样放电:指非节律性和非周期性棘波、多棘波和尖波^[10]。如与抑制或衰减交替出现,则可称为爆发抑制/衰减中的高度癫痫样爆发。(3)脑电发作和电临床癫痫发作:①脑电(癫痫)发作(ESz)指癫痫样放电平均>2.5 Hz 持续≥10 s 或具有明确演变特征时间持续≥10 s;②脑电癫痫持续状态指 ESz 持续≥10 min 或总持续时间≥任何 60 min 记录期间的 20%;③电临床癫痫发作指 EEG 改变与临床发作具有时间相关性,或注射抗癫痫药物后,EEG 和临床症状均改善;④电临床癫痫持续状态指持续≥10 min,或总持续时间≥任何 60 min 记录期间的 20%,或持续发作并伴有双侧强直阵挛运动活动>5 min。

3.qEEG: qEEG 是应用数学分析方法来表征 EEG 信号,用于监测癫痫发作、周期性和节律性模式、预警脑缺血以及评估抗癫痫药物反应等,也用于总结 EEG 数据在较长时间内的趋势,并寻找 EEG 的细微变化。因此,qEEG 参数通常被称为“趋势”。在此简要介绍几个 qEEG 主要参数,具体描述及应用可参考 ICU 脑电监测手册(第二版)^[11]。(1)振幅整合 EEG:原始脑电经滤波、时间压缩等处理后的整合振幅,可评估背景活动及异常放电,反映脑功能及新生儿脑发育情况^[12]; (2)相对 α 变异: 8~12 h 内相对 α 功率超过平均基线的幅度和频次,可反映脑血流量及脑氧代谢情况^[13]; (3) α/δ 比值: 是指 α 功率(8~13 Hz)与 δ 功率(1~4 Hz)的比值,比值下降提示脑缺血事件^[14]; (4)不对称指数:用于描述大脑左右半球的不对称性,反映了左右半球背景活动的差异,主要用于局灶性癫痫发作和一侧大脑半球病变的检出^[15]; (5)相位滞后熵(phase lag

entropy, PLE):是一种测量相位关系在时间模式中多样性的指标,能反映相位关系的动态变化^[16]。

推荐意见 1:推荐使用 cEEG 监测结合 qEEG 参数进行重症患者的疾病诊断、病情评估和预后预测。(1B)

(二)EP

1.SEP:重症患者 SEP 通常采用正中神经 SEP。刺激正中神经时,阳极放置在桡侧腕屈肌和掌长肌之间,腕部远端横纹的近端 2 cm 处,阴极放置在阳极近端 2 cm 处。记录电极、参考电极具体放置位置见表 2。刺激频率设定为 1~5 Hz、刺激强度水平设定为 5~25 mA,带通设定为 10~2 000 Hz,波宽设定为 0.1~0.2 ms,每侧检测进行两轮重复,验证结果可靠性^[17]。SEP 记录建议在昏迷发生 48 h 后,麻醉药物停用至少 6 h 后进行^[18]。建议使用有四个通道的设备记录正中神经 SEP 的四个主要成分(N9、N13、P14、N20)^[19]。

建议每个中心从健康检查者中得到的潜伏期的平均值+2.5 个标准差来确定正常上限^[17]。如果 SEP 的振幅<0.2 μ V,并且与背景噪声无法区分,则可以认为该 SEP 波形不存在^[20]。与较高的 SEP 振幅相比,较低的 SEP 振幅提示预测更差,但缺乏相关临界值的证据^[20]。同时,要注意排除病例可能有临床下周围神经损伤,确保 N9 正常存在,注重疾病前后的对比。

推荐意见 2:SEP 在神经重症患者脑死亡判定和预后评估方面有一定价值,推荐其用于评估危重患者体感通路的功能完整性。(1B)

2. BAEP: BAEP 头皮记录通常以头顶电极(Cz)为阳极,耳垂或耳屏前(Ai、Ac)为阴极。建议使用插入式耳机产生 100 μ s 的无过滤的交替性咔嗒声,以消除传声器电位。强度设置在 80~90 dB 之间,在整个检查过程中保持稳定。对侧耳使用骨

传导白噪声掩蔽噪声,强度设置在 60~70 dB 之间。听觉刺激的频率建议在 14~19 Hz^[17]。带通设定在 100~1 500 Hz 之间,并且需要至少 2 次 1 500 到 2 000 个刺激的试验,以确保每个峰值的再现性。建议信号放大显示速度为 0.2 μ V/min,总记录时间窗为 10 ms(1 ms/min)。

在 NICU 环境下进行 BAEP 判读时,需要评估耳蜗和听神经的完整性,加强患者前后结果的对比,排除病例可能有临床下周围神经损伤。耳蜗和听神经可能因缺血受损丧失功能,听神经可因迷路骨折而损伤,都可导致 BAEP 的 I 波和之后各波缺失^[21]。因此,通过 BAEP 记录评估脑干功能前提是在存在 I 波。脑干功能障碍可引起 III 峰和 V 峰缺失或延迟,III~V 峰和 I~V 峰间间隔延长或 I/V 幅度比降低(<0.5),以及波形消失^[22]。

BAEP 可一定程度上评估脑干的功能状态,但是大脑缺血缺氧后昏迷患者通常存在,因此评估昏迷程度的价值不高^[23]。但是,在外伤性脑损伤中 BAEP 存在是一个预后良好的指标。应用 BAEP 时常需要重复进行,以提高其预测价值。

推荐意见 3:BAEP 可评估整个听觉通路的完整性,推荐临床上常用 BAEP 来预测意识障碍患者的转归。(2B)

3.VEP:在 NICU 中,VEP 记录可利用图像或闪光刺激视网膜,在头皮记录到电信号。记录电极放置在枕外粗隆上 4~5 cm(记为 Oz)处,在其左右两侧各 4~5 cm 处需放置针状电极,记为 O1 和 O2;参考电极建议放在耳后乳突区域或者前额。光刺激强度应该设定为达到最大波幅所需要的最小光强度 8 000 Lx。光刺激持续时间为 10~20 ms,闪光刺激的频率应该<4 Hz,常用频率 1 Hz,刺激频率越大,波幅越小^[17]。

单侧视网膜受刺激时,冲动向两侧枕叶皮质投

表 2 神经重症患者 SEP 记录和参考电极推荐位置

通道	SEP 成分	记录电极位置	参考电极位置
最佳组装			
通道一	N9:臂丛	同侧 Erb 点	对侧 Erb 点
通道二	N13:颈髓	Cv6: C6 的棘突	Fz, FPz, 或对侧 Erb 点
通道三	P14:颈髓交界处;N18:皮质下来源	C'	对侧 Erb 点
通道四	N20:顶叶初级躯体感觉皮质	C'	Fz, FPz
简化组装			
通道一	N9:臂丛	同侧 Erb 点	对侧 Erb 点
通道二	N20:顶叶初级躯体感觉皮质	C'	Fz, FPz

注:SEP 为躯体感觉诱发电位;Erb 点为锁骨上方 1 cm 的胸锁乳突肌后缘;C' 为对侧 Cz 后 2 cm;Fz 为额中线;FPz 为额极中线



射,产生两侧对称性的 VEP。正常 VEP 波形是一个三相复合波,临床将 P100 作为可靠的波形参考。颅内压增高会对视神经的传导造成影响,因此,VEP 可通过电位信号的变化间接推测颅内压的变化。同样,在 VEP 结果判读时,应注意患者前后结果的对比,排除病例可能有临床下周围神经损伤。

4. ERP: ERP 反映了听觉、视觉、体感等认知过程中大脑的神经电生理变化,是一种特殊的脑诱发电位。其电极放置同标准 EEG,不同的刺激模式称为“范式”,通过不同范式可以引出不同的 ERP 成分,目前最常用的是 Oddball 范式。在神经重症患者监测过程中常用的 ERP 成分如下:(1)N100:患者受听觉刺激 100 ms 内记录到的首个脑电负向波,无需患者主动注意。N100 缺失与神经网络的严重破坏相关,可用于检验听觉传导通路的完整性和初级听觉皮质的残留功能。N100 对病情转归的预测有较好价值,预后不良的患者往往 N100 潜伏期延长和振幅减低甚至消失,N100 潜伏期与功能恢复有显著正性关系^[24]。(2)失匹配负波(mismatch negative, MMN):MMN 反映的是意识障碍患者对听觉刺激的感知能力及相关的皮质功能情况。MMN 主要通过额中央电极在刺激后 100~250 ms 记录。MMN 的存在预测意识恢复具有良好的特异度(90%~100%)。MMN 存在对昏迷苏醒的总体阳性预测值接近 90%,在缺氧后昏迷中上升到 100%^[25]。但是,MMN 的灵敏度一般,在不同的研究中差异较大,从 32% 到 80% 不等。MMN 的存在排除了永久植物人状态,但不排除包括微意识状态(minimally conscious state, MCS)在内的严重残疾^[17]。(3)P300:在 350 ms 左右出现,包括两个成分:较早的称为 P3a,较晚的称为 P3b。认知过程和唤醒水平的相互作用决定了 P300 的潜伏期和振幅。P300 潜伏期可能是大脑信息处理速度和效率的指标,反映了认知信息加工过程(例如记忆、注意力、执行功能)^[26]。P300 成分对意识障碍患者未来清醒的预测也有一定价值^[27]。

(三)神经传导和针极肌电图

神经传导和针电极肌电图是评估周围神经系统疾病的关键技术,以诊断前角或神经根病、神经丛病、周围神经病、神经肌肉接头病、肌病等下运动神经元单位疾病。危重症周围神经病、肌萎缩侧索硬化、重症肌无力、严重肌病等疾病可引起呼吸肌瘫痪而导致患者进入 NICU。这些技术常规方法可见《肌电图规范化检测和临床应用共识修订版》^[28]。

但在 NICU 入室检查中应注意^[29]:(1)由于 NICU 各种电子设备导致电噪声过多,因此肌电图仪器应电隔离(单独电转换器,使用同轴电缆),尽量关闭患者所连接电子设备,另接地线,检查者和患者不要接触到金属床。(2)任何体外或临时起搏器均不进行肌电图或神经传导检查,以避免电击伤。(3)锁骨下或颈内静脉置管,或肘部置管,应选择对侧肢体检测。(4)患者因深度镇静无法配合自主收缩,则尽量减少丙泊酚等剂量;由于电噪声导致感觉神经传导数据异常,可选择逆向法或双侧对比。

三、神经电生理监测的应用

(一)昏迷程度评估与转归预测

准确评估神经重症患者意识状态对制定治疗方案有很重要的价值。目前临床上常用的指标有 MMN、N20、BAEP、N100 和 EEG 等。

1. MMN:昏迷、无反应觉醒综合征和 MCS 等慢性意识障碍可根据 MMN 幅值判断意识障碍程度,MMN $\leq 0.5 \mu\text{V}$ 考虑患者处于昏迷状态,0.6~1.0 μV 为无反应觉醒综合征,1.0~1.7 μV 为微意识-状态(MCS-),1.7~2.0 μV 则为微意识+状态(MCS+),当 MMN $> 2.0 \mu\text{V}$ 可考虑患者目前脱离微小意识状态。根据 MMN 幅值的变化亦可提示意识障碍患者的病情转归^[30-31]。

推荐意见 4:推荐 MMN 监测用于昏迷患者清醒的预测有重要价值。(1A)

2. N20:SEP 中 N20 成分可作为意识程度评估的指标,N20 预测意识恢复的特异度为 93.3%,灵敏度为 59.3%^[32]。也就是说,N20 均缺失提示患者预后不良,但是 N20 存在并不能预测意识恢复。脑功能损伤后早期上肢 SEP 检查最能反映脑功能水平,对预后做出最佳的判断^[33]。

3. BAEP:BAEP 用于昏迷患者的预后评估具有一定的价值。BAEP 异常[脑干成分Ⅲ到Ⅴ的损失和(或)异常的 V/I 振幅比]通常出现在各种原因导致的脑干损伤,提示预后不良^[34]。BAEP 对病情严重、预后不良的患者预测准确率较高,但对病情较轻、预后较好的患者预测准确率较低。应用 BAEP 作昏迷预后评估时建议重复检查,并结合其他检测手段一起评估。

4. N100:N100 在神经重症患者昏迷早期存在可提示患者觉醒的概率较大^[35]。N100 的潜伏期和振幅与患者功能恢复有显著关系,若潜伏期延长和振幅减低则提示患者预后不良^[24]。P200 头皮分布的变化反映了从昏迷转变为觉醒的过程。昏迷患



者 P200 的最大振幅在右顶叶区域最高,在觉醒后转移到左额中线区域^[36]。P300 能较好地预测患者觉醒的可能性,其特异度为 84.6%^[27],灵敏度为 70.8%^[25]。存在 N400 和 P600 反应提示意识障碍患者保留语言语义处理能力,可预测意识障碍患者觉醒后在语言功能恢复方面的结局^[37]。

推荐意见 5: 推荐 BAEP、N100 与 SEP 用于评估昏迷患者的预后(1B),如需预测患者的语言能力保留情况,建议监测 ERP 的 N400 和 P600(2B)。

5. EEG: 临床上昏迷患者的 EEG 类型大多以广泛性慢波、 α 节律、 β 节律、睡眠纺锤波、平坦波、三相波、爆发-抑制等为主要表现。若出现癫痫样活动、癫痫持续状态、电静息、低电压、爆发-抑制等图形往往提示缺血缺氧后昏迷患者的预后不佳^[38]。通常, α 节律与昏迷患者预后较好有关,而 δ 节律和振幅降低与患者更差的预后相关^[33, 39]。EEG 反应性缺失对预后不良预测的特异度为 82%,灵敏度为 73%^[40]。

推荐意见 6: 对于 NICU 意识障碍患者,考虑通过 EEG 对临床转归作出判断。(2B)

(二) 反映颅内压水平

未行有创颅内压监测的神经重症患者,可通过神经电生理监测来反映颅内压。EEG、SEP 和 VEP 常作为判断颅内压水平和变化的神经电生理工具。

1. EEG: EEG 是大脑皮质表面锥体细胞层产生的兴奋性和抑制性突触后电位的总和。EEG 显示慢波减少可以反映治疗药物在降低颅内压和减轻脑水肿方面有较好的治疗效果^[41]。EEG 出现爆发性抑制提示颅内压突然升高,颅内压达峰和恢复的时间分别与爆发抑制持续时间和时间间隔直接相关^[42]。qEEG 功率谱分析中位数频率和 δ 比值[压力指数(PI)]与颅内压呈正相关性^[43]。EEG 中 β 波的频率变化一定程度上可以反映脑血流量及颅内压的变化^[44]。

推荐意见 7: qEEG 用于监测颅内压变化趋势或降低颅内压治疗药物疗效的判断和管理具有一定的临床意义,但存在不可靠性。对于不适合进行有创颅内压监测者,可考虑应用 qEEG 监测来反映颅内压情况。(2B)

2. SEP: SEP 振幅显著降低(振幅降低 > 38%,直至完全消失)与颅内压升高有关,虽然 SEP 提供的皮质功能评估不如 EEG 广泛,但是 SEP 的稳定性可以补偿和整合 EEG 的可变性及其对镇静状态的高敏感性。建议 EEG 联合 SEP 监测作为颅内压监测

的补充工具^[45],对于无有创颅内压监测的患者来说具有一定价值。

推荐意见 8: 对于神经重症患者建议行 qEEG 联合 SEP 监测作为颅内压监测的补充工具。(2B)

3. VEP: VEP 中 P100 潜伏期延长与颅内压升高呈正相关,当颅内压高于 300 mmH₂O(1 mmH₂O = 0.009 8 kPa)时,这种相关性更密切^[46]。VEP 可与经颅多普勒超声(TCD)联合用于颅内压监测^[47]。VEP 的局限性包括:由于 VEP 值的测量依赖视觉通路,因此不适用于视网膜或视神经损伤等视觉通路损伤的患者;另外,VEP 难以进行连续监测;在正常人中,VEP 的潜伏期、振幅和波形范围很广,因此 VEP 作为颅内压变化的标记时需警惕 VEP 的个体差异^[48]。

推荐意见 9: 建议 VEP 中 P100 波潜伏期用于无创颅内压监测;对于视觉通路损伤的患者,不推荐使用 VEP 监测颅内压。(2B)

(三) 非惊厥性癫痫持续状态(nonconvulsive status epilepticus, NCSE)的鉴别

EEG 对神经重症患者癫痫发作的诊断和用药监测的应用可参考《惊厥性癫痫持续状态监护与治疗(成人)中国专家共识》^[49],本共识主要讨论 EEG 在神经重症患者中的一种特殊状况——NCSE 的应用。NCSE 是一种与 EEG 上持续发作性放电相关的行为^[50],持续时间超过 10 min 或 60 min 内总时间 $\geq 20\%$ ^[9]。NCSE 严重影响 NICU 患者预后,且容易被漏诊或误诊,因此明确是否存在 NCSE 非常重要^[51]。

推荐意见 10: 在 NICU,对存在不明原因的意识障碍或癫痫持续状态已被控制但意识未恢复的患者推荐采用 cEEG 进行脑电监测,排查 NCSE 的存在。(1B)

NCSE 的 EEG 特性表现多种多样,这些波形可能不同的脑区出现,也可能在整个脑部广泛分布。目前 NCSE 的 EEG 诊断依据萨尔兹堡标准^[52],详见表 3。有多个国际上的临床回顾性研究证明了萨尔兹堡标准的准确性^[53-57]。由于有时 NCSE 患者仅表现为 EEG 改变而无临床发作,此时仅凭 EEG 改变不足以支持 NCSE 诊断,因此实际工作中往往需结合静脉应用抗癫痫药作为 NCSE 的诊断性治疗^[58],即静脉注射苯二氮草类药物,若发作未终止可重复静脉注射相同剂量的苯二氮草类药物。如果 EEG 结果或临床症状没有改善,则添加另一种



非苯二氮草类抗癫痫药物,并进一步观察 EEG 和症状改善情况^[59]。

此外,单纯 NCSE 与意识障碍伴随 NCSE 的鉴别亦可通过 EEG 进行^[60]。单纯 NCSE 通常表现为连续或间歇性癫痫样放电,而昏迷性 NCSE 则表现为昏迷伴连续侧化放电或广泛性癫痫样放电^[61]。由于 NCSE 可加重昏迷病情,增加预后不良的风险^[62-63],因此,在重症监护中通过 EEG 连续监测即可早期发现、早期干预 NCSE,对昏迷重症患者的预后起到积极作用。

推荐意见 11:明确 NCSE 诊断推荐使用萨尔兹堡标准。(1B)

(四)镇静水平评估

镇痛、镇静是 NICU 治疗的重要组成部分,而镇静水平通常根据经验或临床表现来评估。主观镇静评分很难对神经肌肉阻滞药物或对任何刺激均无反应的镇静患者进行评估。为此,上述患者临床上使用脑电技术来辅助进行镇静水平的客观评估,其中运用在 NICU 中最常见的脑电技术主要包括:双频谱指数(bispectral index monitor, BIS),qEEG。

1. BIS: BIS 是目前应用最广泛的镇静深度监测客观指标, BIS 数值与意识状态存在一定的对应关系(表 4)。在 BIS 监测下,通过调整麻醉药物的用量,让 BIS 评分数值保持在 70~85 分之间,能显著减少术后认知功能障碍的并发症^[64-65]。

2. qEEG: qEEG 的指标之一——PLE,也常用于镇静水平的监测。PLE 反映的是来自两个通道的 EEG 信号之间是否包含不同的或刻板的模式。随着镇静程度的增加,PLE 和 BIS 均下降。PLE 可作为接受药物镇静的患者镇静深度的指标^[66]。

推荐意见 12:鉴于 BIS 和 qEEG 具有高特异度、中等灵敏度的特点,推荐将其作为镇静术中及术后基础监测,与镇静量表等检测联合进行神经电生理监测,以用来判断患者的镇静水平,以及调整患者的镇静药物用量,减少患者镇静后的并发症。(1B)

(五)脑死亡判定

脑死亡判定是 NICU 重要的工作内容之一。脑死亡是指包括脑干在内的全脑功能的不可逆转的丧失,表现为不可逆性深昏迷、脑干反射消失和自主呼吸^[67]。我国脑死亡判定标准规定,脑死亡患者需首先通过临床判定,然后应用辅助检查技术进行确认。脑死亡判定中电生理学监测的标准:要求 EEG、正中神经短潜伏期 SEP 和 TCD 三项检查中至少满足两项才能进行确认。具体操作方法和结果判读可参考《中国成人脑死亡判定标准与操作规范(第二版)》^[68]。

(六)重症周围神经病监测

对于表现快速进展的肌无力患者,可导致呼吸功能衰竭。部分患有严重系统性疾病如败血症或多器官功能衰竭患者在 NICU 可出现新的神经肌肉疾病,如重症相关性神经病(CIP)或重症相关性肌病(CIM),这些疾病可导致患者脱机失败或神经损伤。因此对于 NICU 以运动功能障碍为著的危重症患者,可以进行以下检测:(1)根据瘫痪症状选择四肢运动神经传导,F 波和 H 反射;(2)低频重复刺激和高频重复刺激;(3)根据瘫痪症状选择针电极肌电图,观察自发电位、运动单位电位和募集电位;(4)根据 NICU 条件试行感觉神经传导检查,由于电噪声、感觉神经传导易出现异常;经过以上检测,并根据患者的病例分析,分析肌电图结论而诊断神经肌肉病的诊断和程度。

推荐意见 13:对临床拟诊神经肌肉病(下运动神经元)的患者在病情需要时可进行床旁神经传导、重复电刺激和针极肌电图检查。(1B)

本共识依据国内外神经重症患者的神经电生理监测的研究结果,由全国神经电生理和神经重症专家充分讨论后形成。本共识仅代表撰写专家组的观点,不具备法律效力。各级医院 NICU 医护人员在对神经重症患者进行神经电生理监测与评估的临床工作中可参照本专家共识,这有利于提升

表 3 EEG 诊断 NCSE 的萨尔兹堡标准

患者类型	萨尔兹堡标准
既往无已知癫痫性脑病患者	ED>2.5 Hz 或 ED≤2.5 Hz 或节律性 δ/θ 活动(>0.5 Hz)且满足以下条件之一:(1)IV AED 后 EEG 和临床改善 ^a ;(2)上述 EEG 模式期间出现微妙的临床发作现象;(3)典型时空演化 ^b
既往已知患有癫痫性脑病的患者	(1)与基线相比,上述特征的显著性或频率增加,且临床状态发生可观察到的变化 (2)使用静脉 AED 可改善临床和 EEG 特征

注:EEG 为脑电图;NCSE 为非惊厥性癫痫持续状态;ED 为癫痫样放电(尖峰、多尖峰、尖波、尖慢波复合体);IV AED 为静脉注射抗癫痫药;^a如果 EEG 改善但没有临床改善,或者波动但没有明确的演变,则应将其视为可能的 NCSE;^b递增起始(电压增加和频率变化),或模式演变(频率变化>1 Hz 或位置变化),或递减终止(电压或频率)



表 4 BIS 值与意识状态的对应关系

BIS 值范围(分)	意义
100	完全意识状态
85~99	正常状态
65~84	镇静状态
40~64	麻醉状态
1~39	爆发抑制
0	完全无脑电活动

注:BIS 为双频谱指数

我国各级医院 NICU 对神经重症的电生理诊断和预后评估能力,降低神经重症患者病死率和致残率。目前,神经电生理监测技术在不断地发展,未来将有更多的电生理技术应用于神经重症临床;并且,除了当前主要应用于昏迷程度评估、癫痫持续状态监测、颅内压水平监测、重症周围神经病等监测外,在其他神经重症疾病方面也将会不断更新。

本共识制订专家委员会名单:

执笔人:蔡远坤(武汉大学中南医院神经外科);陈科宇(武汉大学中南医院神经外科);杨静怡(武汉大学中南医院神经外科);王天生(武汉大学中南医院神经外科);赵经纬(武汉大学中南医院神经外科);吴吉(武汉大学中南医院神经外科);潘智勇(武汉大学中南医院神经外科);李洁莉(武汉大学中南医院神经外科);李园园(武汉大学中南医院神经外科);余萍(武汉大学中南医院神经外科);朱莎(北京大学国际医院神经内科);潘雁斐(北京大学国际医院神经内科)

方法学专家:曾宪涛(武汉大学循证与转化医学中心);靳英辉(武汉大学循证与转化医学中心)

专家组成员(按姓氏汉语拼音排序):陈劲草(武汉大学中南医院神经外科);陈卫碧(首都医科大学宣武医院神经内科);陈少军(宜昌市中心人民医院神经外科);程宏伟(安徽医科大学附属第一医院神经外科);樊星(北京市神经外科研究所神经电生理室);方媛(四川大学华西医院神经外科);傅敏(四川大学华西医院重症医学科);管宇宙(北京协和医院神经内科);何江弘(首都医科大学附属北京天坛医院神经外科);江文(空军医科大学西京医院神经内科);李红燕(新疆维吾尔自治区人民医院神经内科);李六一(河南省人民医院神经内科);刘刚(首都医科大学宣武医院神经内科);刘献增(北京大学国际医院神经内科);马联胜(山西医科大学第一医院神经内科);牛朝诗(安徽省立医院神经外科);乔慧(北京市神经外科研究所神经电生理室);宋红梅(吉林大学附属第一医院神经外科);滕军放(郑州大学第一附属医院神经内科);田飞(首都医科大学宣武医院神经内科);王芙蓉(华中科技大学同济医学院附属同济医院神经内科);王群(首都医科大学附属北京天坛医院神经内科);吴丽娜(华中科技大学附属协和医院神经外科);吴雪海(复旦大学附属华山医院神经外科);吴晓辉(武汉大学中南医院神经外科);吴永明(南方医科大学南方医院神经内科);

熊南翔(武汉大学中南医院神经外科);袁辉胜(湖北省新华医院神经外科);杨超(中山大学附属第一医院神经外科);张乐(中南大学湘雅医院神经内科);张捷(武汉大学中南医院神经外科);张艳(首都医科大学宣武医院神经内科);张允建(华中科技大学附属协和医院神经内科)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Kaplan L, Moheet AM, Livesay SL, et al. A perspective from the Neurocritical Care Society and the Society of Critical Care Medicine: team-based care for neurological critical illness[J]. *Neurocrit Care*, 2020, 32(2): 369-372. DOI: 10.1007/s12028-020-00927-1.
- [2] Moheet AM, Livesay SL, Abdelhak T, et al. Standards for neurologic critical care units: a statement for healthcare professionals from the Neurocritical Care Society[J]. *Neurocrit Care*, 2018, 29(2): 145-160. DOI: 10.1007/s12028-018-0601-1.
- [3] 中国卒中学会重症脑血管病分会, 中华医学会神经病学分会神经重症协作组. 中国神经重症临床研究优先发展方向科学声明[J]. *中华医学杂志*, 2022, 102(3): 166-174. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210819-01888.
- [4] Herman ST, Abend NS, Bleck TP, et al. Consensus statement on continuous EEG in critically ill adults and children, part I: indications[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2015, 32(2): 87-95. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000166.
- [5] 黄笛, 黄瑞秀, 郭晨煜, 等. 临床实践指南制定方法——证据分级与推荐强度[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2018, 10(07): 769-776.
- [6] Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, et al. GRADE guidelines: 1. introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables[J]. *J Clin Epidemiol*, 2011, 64(4): 383-394. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2010.04.026.
- [7] 中国抗癫痫协会脑电图和神经电生理分会. 临床脑电图基本技术标准[J]. *癫痫杂志*, 2022, 8(1): 3-11. DOI: 10.7507/2096-0247.20220002.
- [8] 中国抗癫痫协会脑电图和神经电生理分会. 危重症持续脑电图监测技术标准[J]. *癫痫杂志*, 2022, 8(1): 29-32. DOI: 10.7507/2096-0247.20220008.
- [9] Hirsch LJ, Fong M, Leitingner M, et al. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care EEG Terminology: 2021 Version[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2021, 38(1): 1-29. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000806.
- [10] Kane N, Acharya J, Beniczky S, et al. A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format of the EEG findings. Revision 2017[J]. *Clin Neurophysiol Pract*, 2017, 2: 170-185. DOI: 10.1016/j.cnp.2017.07.002.
- [11] Larocche SM, Haider HA. *Handbook ICU EEG monitoring* [M]. 2nd edition. New York: Springer, 2018.
- [12] 中国抗癫痫协会脑电图与神经电生理分会新生儿脑电图学组. 新生儿振幅整合脑电图临床应用中国专家共识(2023)[J]. *中华新生儿科杂志(中英文)*, 2023, 38(3): 129-135. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-2932.2023.03.001.
- [13] 王旭, 邵换璋, 王存真, 等. 局部脑氧饱和度联合相对 α 变异对颅脑损伤患者脑功能预后的早期评估价值[J]. *中华危*



- 重病急救医学, 2019, 31(11):1368-1372. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.11.011.
- [14] Mueller TM, Gollwitzer S, Hopfengärtner R, et al. Alpha power decrease in quantitative EEG detects development of cerebral infarction after subarachnoid hemorrhage early[J]. Clin Neurophysiol, 2021, 132(6):1283-1289. DOI: 10.1016/j.clinph.2021.03.005.
- [15] 魏娜, 张哲, 刘婧伊, 等. 连续脑电图监测在神经重症疾病中的应用进展[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(29): 2370-2373. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.29.021.
- [16] Lee H, Noh GJ, Joo P, et al. Diversity of functional connectivity patterns is reduced in propofol-induced unconsciousness[J]. Hum Brain Mapp, 2017, 38(10): 4980-4995. DOI: 10.1002/hbm.23708.
- [17] André-Obadia N, Zyss J, Gavaret M, et al. Recommendations for the use of electroencephalography and evoked potentials in comatose patients[J]. Neurophysiol Clin, 2018, 48(3):143-169. DOI: 10.1016/j.neucli.2018.05.038.
- [18] Fischer C, Luauté J, Adeleine P, et al. Predictive value of sensory and cognitive evoked potentials for awakening from coma[J]. Neurology, 2004, 63(4): 669-673. DOI: 10.1212/01.wnl.0000134670.10384.e2.
- [19] Guerit JM. Clinical neurophysiology in neonatology[J]. Neurophysiol Clin, 2013, 43(5-6):265-266. DOI: 10.1016/j.neucli.2013.10.132.
- [20] Endisch C, Storm C, Ploner CJ, et al. Amplitudes of SSEP and outcome in cardiac arrest survivors: a prospective cohort study[J]. Neurology, 2015, 85(20):1752-1760. DOI: 10.1212/WNL.0000000000002123.
- [21] Sohmer H, Freeman S, Gafni M, et al. The depression of the auditory nerve-brain-stem evoked response in hypoxaemia--mechanism and site of effect[J]. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1986, 64(4): 334-338. DOI: 10.1016/0013-4694(86)90157-4.
- [22] Logi F, Fischer C, Murri L, et al. The prognostic value of evoked responses from primary somatosensory and auditory cortex in comatose patients[J]. Clin Neurophysiol, 2003, 114(9): 1615-1627. DOI: 10.1016/s1388-2457(03)00086-5.
- [23] Fischer C, Luauté J, Nêmoz C, et al. Improved prediction of awakening or nonawakening from severe anoxic coma using tree-based classification analysis[J]. Crit Care Med, 2006, 34(5): 1520-1524. DOI: 10.1097/01.CCM.0000215823.36344.99.
- [24] Mazzini L, Zaccala M, Gareri F, et al. Long-latency auditory-evoked potentials in severe traumatic brain injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82(1):57-65. DOI: 10.1053/apmr.2001.18076.
- [25] Morlet D, Fischer C. MMN and novelty P3 in coma and other altered states of consciousness: a review[J]. Brain Topogr, 2014, 27(4): 467-479. DOI: 10.1007/s10548-013-0335-5.
- [26] van Dinteren R, Arns M, Jongsma ML, et al. P300 development across the lifespan: a systematic review and meta-analysis[J]. PLoS One, 2014, 9(2): e87347. DOI: 10.1371/journal.pone.0087347.
- [27] Daltrozzo J, Wioland N, Mutschler V, et al. Predicting coma and other low responsive patients outcome using event-related brain potentials: a meta-analysis[J]. Clin Neurophysiol, 2007, 118(3): 606-614. DOI: 10.1016/j.clinph.2006.11.019.
- [28] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会神经肌肉病学组, 中华医学会神经病学分会肌电图与临床神经生理学组. 肌电图规范化检测和临床应用共识修订版[J]. 中华神经科杂志, 2015, 48(11):950-964. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2015.11.005.
- [29] Preston DCSBE. Electromyography and Neuromuscular Disorders, Clinical-Electrophysiologic Correlations[M]. 3rd Edition. New York: Elsevier, 2019.
- [30] Connolly JF, Reilly JP, Fox-Robichaud A, et al. Development of a point of care system for automated coma prognosis: a prospective cohort study protocol[J]. BMJ Open, 2019, 9(7):e029621. DOI: 10.1136/bmjopen-2019-029621.
- [31] Azabou E, Rohaut B, Porcher R, et al. Mismatch negativity to predict subsequent awakening in deeply sedated critically ill patients[J]. Br J Anaesth, 2018, 121(6): 1290-1297. DOI: 10.1016/j.bja.2018.06.029.
- [32] Zanatta P, Messerotti BS, Baldanzi F, et al. Pain-related middle-latency somatosensory evoked potentials in the prognosis of post anoxic coma: a preliminary report[J]. Minerva Anestesiol, 2012, 78(7):749-756.
- [33] Rollnik JD. Clinical neurophysiology of neurologic rehabilitation[J]. Handb Clin Neurol, 2019, 161:187-194. DOI: 10.1016/B978-0-444-64142-7.00048-5.
- [34] Su YY, Xiao SY, Haupt WF, et al. Parameters and grading of evoked potentials: prediction of unfavorable outcome in patients with severe stroke[J]. J Clin Neurophysiol, 2010, 27(1):25-29. DOI: 10.1097/WNP.0b013e3181cb4282.
- [35] Simpson TP, Manara AR, Kane NM, et al. Effect of propofol anaesthesia on the event-related potential mismatch negativity and the auditory-evoked potential N1[J]. Br J Anaesth, 2002, 89(3):382-388.
- [36] Jia Q, Su Y, Liu G, et al. Changes in event-related potentials underlying coma recovery in patients with large left hemispheric infarction[J]. Med Sci Monit, 2019, 25: 5098-5113. DOI: 10.12659/MSM.917157.
- [37] Rohaut B, Faugeras F, Chausson N, et al. Probing ERP correlates of verbal semantic processing in patients with impaired consciousness[J]. Neuropsychologia, 2015, 66: 279-292. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.10.014.
- [38] Sanches PR, Corrêa TD, Ferrari-Marinho T, et al. Outcomes of patients with altered level of consciousness and abnormal electroencephalogram: a retrospective cohort study[J]. PLoS One, 2017, 12(9):e0184050. DOI: 10.1371/journal.pone.0184050.
- [39] Bagnato S, Boccagni C, Sant'Angelo A, et al. EEG predictors of outcome in patients with disorders of consciousness admitted for intensive rehabilitation[J]. Clin Neurophysiol, 2015, 126(5):959-966. DOI: 10.1016/j.clinph.2014.08.005.
- [40] Admiraal MM, van Rootselaar AF, Hofmeijer J, et al. Electroencephalographic reactivity as predictor of neurological outcome in postanoxic coma: a multicenter prospective cohort study[J]. Ann Neurol, 2019, 86(1): 17-27. DOI: 10.1002/ana.25507.
- [41] Huang Z, Dong W, Yan Y, et al. Effects of intravenous human albumin and furosemide on EEG recordings in patients with intracerebral hemorrhage[J]. Clin Neurophysiol, 2002, 113(3): 454-458. DOI: 10.1016/s1388-2457(02)00015-9.



- [42] Connolly M, Vespa P, Pouratian N, et al. Characterization of the relationship between intracranial pressure and electroencephalographic monitoring in burst-suppressed patients[J]. *Neurocrit Care*, 2015, 22(2): 212-220. DOI: 10.1007/s12028-014-0059-8.
- [43] Chen H, Wang J, Mao S, et al. A new method of intracranial pressure monitoring by EEG power spectrum analysis[J]. *Can J Neurol Sci*, 2012, 39(4): 483-487. DOI: 10.1017/s0317167100013998.
- [44] Lescot T, Naccache L, Bonnet MP, et al. The relationship of intracranial pressure Lundberg waves to electroencephalograph fluctuations in patients with severe head trauma[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2005, 147(2): 125-129; discussion 129. DOI: 10.1007/s00701-004-0355-8.
- [45] Amantini A, Fossi S, Grippo A, et al. Continuous EEG-SEP monitoring in severe brain injury[J]. *Neurophysiol Clin*, 2009, 39(2):85-93. DOI: 10.1016/j.neucli.2009.01.006.
- [46] Vieira MA, Cavalcanti Mdo A, Costa DL, et al. Visual evoked potentials show strong positive association with intracranial pressure in patients with cryptococcal meningitis[J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2015, 73(4): 309-313. DOI: 10.1590/0004-282X20150002.
- [47] Zhong JL, Li Y, Minhui X, et al. Realization of a comprehensive non-invasive detection of intracranial pressure analyzer based upon FVEP and TCD[J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2012, 114: 127-129. DOI: 10.1007/978-3-7091-0956-4_23.
- [48] Bosnjak R. Flash visual evoked potentials are unreliable as markers of ICP due to high variability in normal subjects[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2012, 154(1): 129. DOI: 10.1007/s00701-011-1164-5.
- [49] 中华医学会神经病学分会神经重症协作组. 惊厥性癫痫持续状态监护与治疗(成人)中国专家共识[J]. *中华神经科杂志*, 2014, 47(09): 661-666. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2014.09.015.
- [50] Meierkord H, Holtkamp M. Non-convulsive status epilepticus in adults: clinical forms and treatment[J]. *Lancet Neurol*, 2007, 6(4): 329-339. DOI: 10.1016/S1474-4422(07)70074-1.
- [51] 俞虎, 洪文轲. 非惊厥性癫痫持续状态诊疗进展概述[J]. *现代实用医学*, 2019, 31(4):436-437, 445. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2019.04.004.
- [52] Beniczky S, Hirsch LJ, Kaplan PW, et al. Unified EEG terminology and criteria for nonconvulsive status epilepticus[J]. *Epilepsia*, 2013, 54 Suppl 6 : 28-29. DOI: 10.1111/epi.12270.
- [53] Goselink R, van Dillen JJ, Aerts M, et al. The difficulty of diagnosing NCSE in clinical practice; external validation of the Salzburg criteria[J]. *Epilepsia*, 2019, 60(8):e88-e92. DOI: 10.1111/epi.16289.
- [54] Gungor Tuncer O, Altindag E, Ozel Yildiz S, et al. Reevaluation of the critically ill patients with nonconvulsive status epilepticus by using salzburg consensus criteria[J]. *Clin EEG Neurosci*, 2018, 49(6): 425-432. DOI: 10.1177/1550059417752437.
- [55] Krogstad MH, Høgenhaven H, Beier CP, et al. Nonconvulsive status epilepticus: validating the salzburg criteria against an expert EEG examiner[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2019, 36(2): 141-145. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000556.
- [56] Leitinger M, Trinka E, Gardella E, et al. Diagnostic accuracy of the Salzburg EEG criteria for non-convulsive status epilepticus: a retrospective study[J]. *Lancet Neurol*, 2016, 15(10):1054-1062. DOI: 10.1016/S1474-4422(16)30137-5.
- [57] Othman AS, Meletti S, Giovannini G. The EEG diagnosis of NCSE: concordance between clinical practice and Salzburg Criteria for NCSE[J]. *Seizure*, 2020, 79:1-7. DOI: 10.1016/j.seizure.2020.04.010.
- [58] Leitinger M, Gaspard N, Hirsch LJ, et al. Diagnosing nonconvulsive status epilepticus: defining electroencephalographic and clinical response to diagnostic intravenous antiseizure medication trials[J]. *Epilepsia*, 2023, 64(9): 2351-2360. DOI: 10.1111/epi.17694.
- [59] 中华医学会神经病学分会脑电图与癫痫学组. 非惊厥性癫痫持续状态的治疗专家共识[J]. *中华神经科杂志*, 2013, 46(2): 133-137. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2013.02.017.
- [60] Fernández-Torre JL, Rebollo M, Gutiérrez A, et al. Nonconvulsive status epilepticus in adults: electroclinical differences between proper and comatose forms[J]. *Clin Neurophysiol*, 2012, 123(2): 244-251. DOI: 10.1016/j.clinph.2011.06.020.
- [61] Bauer G, Trinka E. Nonconvulsive status epilepticus and coma[J]. *Epilepsia*, 2010, 51(2): 177-190. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2009.02297.x.
- [62] Thomas P. How urgent is the treatment of nonconvulsive status epilepticus? [J]. *Epilepsia*, 2007, 48 Suppl 8 : 44-45. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2007.01347.x.
- [63] Fernández-Torre JL, Kaplan PW, Hernández-Hernández MA. New understanding of nonconvulsive status epilepticus in adults: treatments and challenges[J]. *Expert Rev Neurother*, 2015, 15(12): 1455-1473. DOI: 10.1586/14737175.2015.1115719.
- [64] Meijer FS, Martini CH, Broens S, et al. Nociception-guided versus standard care during remifentanyl-propofol anesthesia: a randomized controlled trial[J]. *Anesthesiology*, 2019, 130(5): 745-755. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002634.
- [65] Li WX, Luo RY, Chen C, et al. Effects of propofol, dexmedetomidine, and midazolam on postoperative cognitive dysfunction in elderly patients: a randomized controlled preliminary trial[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2019, 132(4):437-445. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000098.
- [66] Ki S, Kim KM, Lee YH, et al. Phase lag entropy as a hypnotic depth indicator during propofol sedation[J]. *Anaesthesia*, 2019, 74(8): 1033-1040. DOI: 10.1111/anae.14704.
- [67] Greer DM, Shemie SD, Lewis A, et al. Determination of brain death/death by neurologic criteria: the World Brain Death Project[J]. *JAMA*, 2020, 324(11): 1078-1097. DOI: 10.1001/jama.2020.11586.
- [68] 宿英英.《中国成人脑死亡判断标准与操作规范(第二版)》解读[J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(17): 1286-1287. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.17.002.

