

新生儿脑电生理监测分级管理专家共识

中华医学会儿科学分会新生儿学组
中国当代儿科杂志编辑委员会
国家卫生健康委员会新生儿疾病重点实验室

[摘要] 美国临床神经生理学协会已经发表了新生儿脑电图监测指南，中国也发表了新生儿振幅整合脑电图（amplitude-integrated electroencephalogram, aEEG）专家共识。由于缺乏脑电监测设备和专业解读人员，不同级别的新生儿病房很难严格按照指南或共识进行脑电监测。中华医学会儿科学分会新生儿学组成立了由新生儿、儿童神经和神经电生理专业人员组成的专家组对已经发表的指南和专家共识及相关领域的文献进行审查，建立了适用于不同级别新生儿病房脑电监测的分层管理建议。基于视频脑电图和aEEG特点，根据当地医疗资源和患儿疾病特征，专家组认为视频脑电图和aEEG可以互相补充应用，适用于不同级别的新生儿病房。该共识对促进新生儿、儿童神经和神经电生理专业人员之间的合作和远程脑电监测实施提出了建议。

[中国当代儿科杂志, 2022, 24 (2): 115-123]

[关键词] 脑电图；振幅整合脑电图；癫痫发作；脑病；专家共识；高危儿；新生儿

Expert consensus on grading management of electroencephalogram monitoring in neonates

Subspecialty Group of Neonatology, Society of Pediatrics, Chinese Medical Association; Chinese Journal of Contemporary Pediatrics; National Health Commission Key Laboratory of Neonatal Diseases (Zhou W-H, Email: zhouwenhao@fudan.edu.cn)

Abstract: Neonatal electroencephalogram (EEG) monitoring guidelines have been published by American Clinical Neurophysiology Society, and the expert consensus on neonatal amplitude-integrated EEG (aEEG) has also been published in China. It is difficult to strictly follow the guidelines or consensus for EEG monitoring in different levels of neonatal units due to a lack of EEG monitoring equipment and professional interpreters. The Subspecialty Group of Neonatology, Society of Pediatrics, Chinese Medical Association, established an expert group composed of professionals in neonatology, pediatric neurology, and brain electrophysiology to review published guidelines and consensus and the articles in related fields and propose grading management recommendations for EEG monitoring in different levels of neonatal units. Based on the characteristics of video EEG and aEEG, local medical resources, and disease features, the expert group recommends that video EEG and aEEG can complement each other and can be used in different levels of neonatal units. The consensus also gives recommendations for promoting collaboration between professionals in neonatology, pediatric neurology, and brain electrophysiology and implementing remote EEG monitoring.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2022, 24(2): 115-123]

Key words: Electroencephalogram; Amplitude-integrated electroencephalogram; Seizure; Encephalopathy; Expert consensus; High-risk infant; Neonate

虽然危重新生儿救治成功率增加，但脑损伤的发生率并未相应降低^[1]。低温治疗逐渐成为缺氧缺血性脑病（hypoxic-ischemic encephalopathy，

HIE）患儿的标准治疗方法，如何在生后6 h内早期筛查出适合低温治疗的患儿面临诸多挑战^[2]。所有年龄段中，新生儿期癫痫发作的发生率最高。

[收稿日期] 2021-12-28；**[接受日期]** 2022-01-17

[通信作者] 周文浩，男，主任医师，复旦大学附属儿科医院新生儿科/国家卫生健康委员会新生儿疾病重点实验室，Email: zhouwenhao@fudan.edu.cn；程国强，男，主任医师，复旦大学附属儿科医院新生儿科，Email: gqcheng_cm@fudan.edu.cn。

癫痫发作可能提示患儿存在严重的神经系统疾病，且癫痫发作本身及相关的治疗药物可能导致脑损伤^[3-4]。脑电监测在新生儿脑损伤诊断、严重程度评估、预后评价和惊厥管理中的价值日益受到重视。近20年脑电监测在新生儿领域的应用快速发展，国内大多数医院也开展了不同程度和方式的脑电监测。

新生儿常用脑电监测方法主要有视频脑电图(video electroencephalogram, vEEG)和振幅整合脑电图(amplitude-integrated electroencephalogram, aEEG)。全球范围内很多新生儿重症监护病房(neonatal intensive care unit, NICU)可以开展vEEG监测，但由于设备、操作和专业解读人员不足，只有少数单位能够进行24 h连续监测^[5]。因此aEEG由于通道数较少、操作方便、界面直观、连续记录、可同时显示原始脑电图和不需要专业人员解读等优点越来越受到重视，在新生儿领域应用逐渐增多^[6-7]。如果采用aEEG进行脑电监测，应至少进行双通道监测，并结合原始脑电图判读，否则容易漏诊或误判，特别是新生儿癫痫发作的诊断。新生儿癫痫发作治疗应参考vEEG和/或aEEG的原始脑电图结果来处理。尽管aEEG识别新生儿癫痫发作的敏感性和特异性不如vEEG，但仍可早期评估新生儿脑病的严重程度和预后，早期识别反复性癫痫发作和持续状态，可作为新生儿癫痫发作的筛查工具^[4]。

美国临床神经生理学协会(American Clinical Neurophysiology Society, ACNS)于2011年发布了首个新生儿连续脑电监测指南^[5]，随后发布了相关标准化脑电图术语和分类^[8-9]。该指南^[5]提出vEEG是新生儿连续脑电监测的金标准，同时指出该指南只是一个理想化的而非强制性的标准。随后其他国家也发布了针对成人和儿童ICU脑电监测指南和专家共识^[10-13]。上述指南和专家共识为新生儿脑电监测提供了重要参考建议，但关于不同级别的新生儿病房、不同新生儿疾病如何选择vEEG和aEEG，如何进行分层管理，都没有提出明确的建议。

中华医学会儿科学分会新生儿学组认为基于vEEG和aEEG特点，结合当地医疗资源和疾病特征，vEEG和aEEG可以互补应用，可制定适用于不同级别的新生儿病房脑电监测方案。为此，新生儿学组牵头组成共识制定小组，对相关领域的文献进行复习，提出基于我国不同级别新生儿病房

常见临床情况下使用vEEG和aEEG的共识。

1 脑电监测设备的选择

一项基于网络的国际调查显示，只有51%的新生儿病房同时使用vEEG和aEEG，其中vEEG主要由神经生理学家解释(72%)^[14]。美国和英国进行的问卷调查显示，41%~55%的新生儿医学中心可以进行aEEG监测^[13, 15]。2018年我们开展的基于网络问卷的调查显示，64%(160/251)NICU可进行脑电图监测。儿童医院比例(97%)明显高于妇幼医院(72%)和综合医院(52%)，同样，三级医院的脑电图使用率高于二级和一级医院(69% vs 29%)。在提供脑电图的医院中，aEEG的使用率(60%)显著高于vEEG(14%)和aEEG联合vEEG(26%)^[16]。新生儿脑电图监测最低技术标准、操作和报告解读请参阅本期《新生儿脑电图操作和报告书写最低技术标准专家共识》^[17]。

推荐意见1：独立设置的新生儿病房应配置脑电监测设备。

金标准：新生儿神经重症监护单元和NICU脑电监测应优先配置可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备。

备选方案：其他新生儿病房至少应配置aEEG监测设备，优先选择带有同步视频监测的设备。

2 新生儿脑病脑电监测

新生儿脑病是一种异质性综合征，表现为意识水平异常(如易激惹、嗜睡和昏迷)、癫痫发作、肌张力和反射异常、呼吸暂停及喂养困难，是足月儿或晚期早产儿常见的脑功能障碍^[18]。

脑电监测广泛应用于新生儿脑病诊断和严重程度评估，与临床和影像学评估相关性较好^[6, 19-20]。新生儿脑病从急性期至恢复期的过程中，脑电背景异常持续数天至数周，逐渐演变为非特异性异常。持续脑电图背景电活动评估可动态追踪急性脑病特征及其演变，是评估远期神经发育结局较好的工具之一^[5]。脑电图上睡眠觉醒周期也是评估预后较好的指标，生后36 h出现睡眠觉醒周期提示预后良好，而常规脑电图监测很难记录到完整的睡眠觉醒周期，因此，需要延长监测时间(3~4 h)或连续监测才能更可靠地评估脑电图背景电活动和/或睡眠觉醒周期^[5, 11, 13]。最佳记录时机取决于脑病的临床演变情况。脑病急

性期脑电图变化更显著,更具有特征性,对远期预后的评估价值更大,建议一旦有脑病症状应即刻进行监测,根据临床和初次脑电图监测结果进行随访^[5, 19-20]。

多数新生儿脑病评估文献集中于HIE研究,其他包括遗传代谢性脑病、严重颅脑创伤、颅内出血、围生期脑卒中、中枢神经系统感染等^[21-24]。由于HIE患儿涉及到低温治疗,本共识将HIE单独列出。

推荐意见2:所有确诊或疑诊脑病的新生儿应尽快进行脑电监测。

金标准:所有确诊或疑诊脑病的新生儿应采用可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备进行连续监测,直到脑病症状消失或脑电图正常。脑病症状和/或脑电图持续异常者最少监测72 h。

备选方案1:所有确诊或疑诊脑病的新生儿应采用可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备持续监测至少一个完整的睡眠觉醒周期。

备选方案2:所有确诊或疑诊脑病的新生儿应进行连续aEEG监测。aEEG解读存在疑问且可能影响临床决策时应进行vEEG监测。

3 新生儿HIE脑电监测

脑电监测在评估HIE患儿严重程度和远期预后方面具有很高的敏感性和特异性^[6, 25-26]。常温治疗时期严重异常的脑电图模式持续36 h以上提示不良神经发育结局的风险显著增高;低温治疗时期严重异常脑电图模式持续60 h以上或睡眠觉醒周期72 h不出现,不良神经发育结局的风险显著增加^[6, 27-28]。

低温治疗作为HIE常规治疗手段,最佳治疗时间窗为生后6 h,脑电监测可用于生后6 h内HIE严重程度的评估,用于筛查适合低温治疗的HIE患儿,同时指导低温治疗期间的管理^[2, 29-30]。6项全球低温治疗HIE的多中心研究中有3项研究将早期aEEG监测结果作为入选低温治疗的标准之一^[2, 29-30]。生后6 h脑电图模式正常具有很高的阴性预测值。

推荐意见3:可采用脑电监测筛选适合低温治疗的HIE患儿。

金标准:采用可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备连续监测至少30 min。

备选方案:采用aEEG监测设备监测至少

30 min。

推荐意见4:HIE患儿低温治疗期间应进行脑电监测。

金标准:低温治疗和复温期间采用可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备进行连续监测。

备选方案1:低温治疗和复温期间采用aEEG监测设备连续监测。aEEG结果解读存在疑问,特别是影响临床决策时,应尽快进行vEEG监测。

备选方案2:不能进行连续监测时应采用vEEG或aEEG每天进行间断监测,每次监测不少于3 h或1个完整的睡眠觉醒周期,并至少需要监测4 d或至脑电图变为正常/轻度异常。

推荐意见5:低温治疗结束后或出院前应进行1次脑电监测,至少监测1个完整的睡眠觉醒周期或3 h以上。优先采用可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备。

4 疑似癫痫发作新生儿的脑电监测

癫痫发作是新生儿脑病或脑损伤高危儿常见症状,也是新生儿急诊之一。其临床表现细微或无临床表现,特别是危重新生儿或抗癫痫发作药物治疗后^[4]。NICU医护人员仅能正确识别50%的临床发作,微小发作的正确识别只有32%。医护人员对新生儿癫痫发作识别的一致性仅为21%,其他医护人员识别的一致性更低^[4, 31-32]。仅靠临床观察可能会漏诊或过度诊断新生儿癫痫发作。连续vEEG是新生儿癫痫发作诊断的金标准,可以准确监测发作次数、持续时间、发作起源和传播途径^[5],但操作复杂、价格较贵、需要专业技术人员进行操作和脑电生理专家进行专业解读,并不是所有新生儿病房能进行24 h进行监测。不能进行vEEG持续监测时,aEEG可以作为替代监测方法。带有原始脑电图的aEEG与vEEG比较,不同研究之间的敏感性中位数为76%(范围:71%~85%),特异性为85%(范围:39%~96%)^[33-35]。aEEG在不同研究间的敏感性和特异性存在很大差异,不能推荐aEEG代替vEEG作为新生儿癫痫发作诊断和治疗的主要手段。aEEG监测时,低振幅、持续时间短的癫痫样放电或远离aEEG电极监测通道的癫痫发作可能被漏诊。另外,由于通道较少,不能评估新生儿癫痫发作的空间演变^[6, 11, 35]。aEEG解读存在疑问时,应进行vEEG监测。使用至少双通道对左右半球分别监测时,

aEEG 的灵敏度会更高，中央和顶叶通道（C3~C4、P3~P4）比额叶通道更易监测到新生儿癫痫发作^[7, 13]。如果 vEEG 监测条件有限，可先给予 vEEG 监测 60~90 min，识别出特定的致痫区，有助于确定 aEEG 监测的电极放置的通道^[5, 11]。有关新生儿癫痫发作和诊断可参考国际抗癫痫联盟新生儿癫痫发作分类特别工作组专家建议解读（2021 年）^[4]。

不同的 NICU 开始记录脑电图的时间、监测时间及获得脑电图专家报告的时间存在差异，即使可以进行连续 vEEG 监测的中心，也很难及时识别新生儿癫痫发作^[36-38]。目前已有带新生儿癫痫发作自动诊断系统的监测设备上市，但其临床应用

价值有待于更深入的研究^[39-41]，本共识不能形成推荐意见。

vEEG 和 aEEG 均可提供关于电-临床发作的特定类型、背景活动及局灶性异常的信息，在确定病因、指导诊断和治疗方面，vEEG 优于 aEEG^[36]。对于没有典型的神经影像学线索，但有特征性脑电图改变的新生儿癫痫发作，可根据 vEEG 特征提供针对性的治疗如遗传性疾病、维生素 B₆ 缺乏或离子通道病（如 *KCNQ2* 和 *SCN2A* 基因变异）^[21, 42]。

脑电监测是新生儿癫痫发作预后的重要预测指标：vEEG 或 aEEG 背景活动严重异常与新生儿不良神经发育结局和患癫痫的风险增加有关^[36-38]。疑似癫痫发作事件见表 1。

表 1 疑似癫痫发作的临床事件和癫痫发作的高危儿

疑似癫痫发作事件	癫痫发作高危儿
异常运动：如局灶性或多局灶性阵挛性抽搐或强直性姿势	缺氧缺血：急性胎儿窘迫、心肺复苏后、严重的心肺功能衰竭、低血容量、低血压、血液动力学紊乱、胎-胎输血综合征、需要早期手术的先天性心脏病
阵发性和持续的肌张力障碍姿势	外伤/创伤：创伤分娩、产伤
肌阵挛性抽搐：全面性、局灶性、节段性、不规则性	感染：胎膜早破、母亲证实存在临床或病理学绒毛膜羊膜炎、经证实的母体-胎儿感染、脑膜炎/脑炎、严重晚发性脓毒症
眼球间歇性、强迫性，水平凝视并一侧共轭偏转	炎症和毒素：双胞胎一胎宫内死亡单胎存活、坏死性筋膜炎、坏死性小肠结肠炎
自动症：口舌运动，包括伸舌、咀嚼、吸吮；肢体自动运动，如踩脚踏车或划船样运动	严重电解质紊乱：低血糖、高血糖、低血钙、低镁血症、低钠血症、高钠血症、胎儿水肿
无外界刺激的情况下重复或周期性突然发作的刻板动作	严重宫内/宫外发育迟缓
自主神经发作：如有难以解释的窒息、呼吸暂停、面色苍白、潮红、流泪、周期性心动过速或血压升高	产前和产后神经影像学检查异常
	严重高胆红素血症
	遗传代谢性疾病
	治疗相关：血浆置换、体外膜肺、围手术期

推荐意见 6：疑似癫痫发作的新生儿应进行脑电监测。

金标准：采用可同时显示 aEEG 图形的 vEEG 监测设备进行连续监测。

备选方案：vEEG 监测 90 min（可根据情况监测更长时间），然后 aEEG 持续监测。如 aEEG 结果解读存在疑问或影响临床决策时，应尽快进行 vEEG 监测。如不能立即进行 vEEG 监测，应立即开始 aEEG 监测，并尽快完成标准 vEEG 监测。

推荐意见 7：疑似癫痫发作的患儿应进行持续脑电监测。

金标准：vEEG/aEEG 应持续监测到捕获多个典型临床事件为止。如果监测到癫痫发作，推荐

持续监测，直到患儿至少 24 h 无发作，或在神经科医师会诊下停止监测。

备选方案：如果能捕捉到 1 个典型临床事件但缺乏相应的脑电改变，可终止监测。如果临床发作性事件可自行缓解，可终止监测。

推荐意见 8：应在脑电监测下开展抗癫痫发作药物治疗。

金标准：自上次发作后，优先采用可同时显示 aEEG 图形的 vEEG 监测设备连续监测至少 24 h。

备选方案 1：自上次发作后，采用 aEEG 监测设备连续监测 24 h。如结果解读存在疑问或影响临床决策时，应尽快进行 vEEG 监测。

备选方案 2：自上次发作后，采用 vEEG 或

aEEG至少监测到癫痫发作明显减少,随后在调整抗癫痫发作药物剂量时进行监测。

5 癫痫发作高危儿脑电监测

新生儿脑损伤因素除缺氧缺血外,早产、严重感染、高胆红素血症、低血糖、遗传代谢性疾病、脑卒中和脑发育异常等也可导致脑损伤^[6, 18],见表1。

癫痫发作是脑损伤高危儿常见的临床表现,且多数仅为电发作,需要vEEG监测确诊^[43-45]。不同疾病癫痫发作的发生率和发生时间存在差异,如新生儿卒中(癫痫发作的风险为90%)、脑膜炎(风险为85%)、接受体外膜肺氧合的新生儿(风险为10%~30%),早产儿脑室内出血(风险为45%~60%)^[11]。此外,应用神经肌肉阻断剂不能精确进行神经系统检查的高危新生儿,也需要vEEG监测明确是否有癫痫发作^[5]。

对于癫痫发作高危儿,有关脑电监测开始和监测持续的时间文献较少,目前已经发表的指南建议理想状态下至少监测24 h,医生可根据患儿疾病类型、病情变化、基线脑电图、脑电图特征等评估癫痫发作的风险,调整或减少监测时间。研究提示脑电监测开始1 h内的背景电活动可预测癫痫发作的风险^[46]。由于相关的研究文献较少,需要进一步的研究来证实这一点,共识小组成员基于临床经验和已经发表的其他指南进行了更多的讨论,认为癫痫发作高危儿脑电监测的临床价值仍需要更多设计良好的更大样本量的研究进一步证实。

推荐意见9:癫痫发作高危儿应进行脑电生理监测。

金标准:优先选用可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备至少监测24 h。

备选方案1:aEEG连续监测24 h。结果解读异常时,尽快进行vEEG监测。

备选方案2:如不能进行vEEG或aEEG连续监测,每天至少监测1次,每次监测时间不少于2 h,监测天数应基于患儿年龄、疾病特征进行评估。

6 无紧急监测指征患儿的脑电监测

新生儿期出现的脑损伤可能是由于胎儿脑发育异常或胎儿早期获得性脑损伤。这些脑损伤患儿出生时的脑电图特征取决于特定脑损伤的严重

程度、发生时间和进展^[43, 47]。许多急性期的典型异常(如脑电活动抑制)趋于消失。慢性期的脑电图异常通常表现为发育不成熟^[48]。脑部局灶性病变,脑电图上可表现为缓慢进展的局灶性或突发性异常,以及背景活动不对称。部分早产儿,特别是伴有严重肺部疾病或新生儿坏死性小肠结肠炎的患儿,因大脑发育迟滞导致慢性脑病,表现为解剖和功能上的不成熟^[49-51]。例如,如果矫正胎龄为36周的婴儿,其脑电图显示出32周胎龄的典型特征,提示该患儿存在脑成熟度延迟。

上述脑损伤患儿脑电生理改变轻微且为非特异性,不需要立即进行脑电监测。aEEG不是评估这些患儿背景电活动、识别正常和异常病灶活动的确诊方法,但可以作为脑成熟度评估的初筛方法。因此,这些脑损伤患儿需要进行vEEG监测,评估睡眠发育、“δ刷”的数量和分布、静态睡眠的基本波形和诸如额区一过性尖波等非特异性脑波的出现,可以通过多通道监测评估脑电活动的对称性和一致性,发现脑电成熟障碍^[5, 11]。评估发育障碍至少需要记录1个完整的睡眠觉醒周期。如有足够的时间持续监测清醒和睡眠期的变化,也可早期进行预后评估。如果在脑电图评估中观察到癫痫发作,则应采用针对癫痫发作提出的脑电监测方案^[5, 11]。未来,脑电图自动分析和定量分析技术的应用可以增强检测和量化这些变化的能力,用于诊断和预后评估^[5, 11]。

推荐意见10:无紧急脑电监测指征的患儿在病情稳定的情况下应进行脑电监测。

金标准:推荐采用可同时显示aEEG图形的vEEG监测设备至少监测90 min或者1个完整睡眠觉醒周期,有条件可进行长程监测。

备选方案:不能进行vEEG监测时,应给予aEEG连续监测至少1个完整睡眠觉醒周期或3 h以上,如果aEEG结果解读异常,应进行vEEG监测。

7 视频监测设备的使用

新生儿脑电监测系统最好能够同时采集视频录像^[5, 11]。可记录阵发性运动事件,并有助于排除伪迹干扰,如护理干预、手动通气、肺理疗、气管插管、高频或机械通气伪差、体外膜肺氧泵、拍打或摇动、吮吸奶嘴或气管内导管吸引等。此外,心电、卤门脉动、周围环境或电器干扰也可导致伪差。视频录像分析对于可疑癫痫发作的离

线分析至关重要,可用于描述癫痫发作的临床表现,确定发作类型。某些特定的发作类型可能对应特殊病因,如离子通道疾病,尽管相关研究较少。监测过程中使用的视频支持装置应进行调整,确保视频录像过程中能够清晰看到患儿。即使有同步视频录像,视频监测期间也要有专人在场,记录主要的电-临床发作事件、床边日志记录、及时在脑电图上标注。如果同步视频记录效果不好,需要床边监测人员去判断处理。

推荐意见11:新生儿脑电监测应同步进行视频监测。

金标准:新生儿脑电监测期间应全程进行同步视频监测。

备选方案:由于长期监测可能存在存储空间限制的问题,可在初始监测的90 min内进行同步视频监测,随后可关闭视频,发生重大事件时再次打开视频。

8 新生儿脑电监测网络建设和远程会诊

根据已经发表的流行病学研究推测,近1%的新生儿可能发生脑损伤或为脑损伤高危儿。理论上所有级别的新生儿病房均应进行持续脑电监测。但由于脑电监测设备价格较贵,需要专业技术人员操作和解读,属于劳动密集性工作,并不是所有新生儿病房都能够提供24 h连续vEEG监测和解读,因此区域医疗中心应该发挥多学科和人员设备充足的优势,组建脑电监测网络,开展远程会诊服务^[52-54]。区域医疗中心最好能够组建新生儿神经重症监护团队管理更复杂的脑损伤患儿^[19, 55]。目前国内外已经开展新生儿神经重症监护室(neonatal neurological intensive care unit, NNICU)相关的培训,制定了相关的专家共识,已经发表的文献尽管较少,结果提示NNICU建设可使更多的HIE患儿受益低温治疗,改善HIE远期结局,发现更多的癫痫发作患儿,减少了癫痫发作负荷和抗癫痫发作药物使用的累积剂量,减少了癫痫发作患儿出院用药。基于有限证据和脑损伤患儿的管理目标,推荐下列组织措施^[55-57]。

推荐意见12:组建远程脑电监测网络,可在机构内和不同机构之间实现远程会诊。

推荐意见13:组建区域性vEEG监测多中心网络,不同中心的脑电监测和解读专业人员可采用轮班制,进行24 h的vEEG解读。

金标准:设置NNICU团队的区域新生儿医疗中心,能够24 h开展vEEG监测和解读。

备选方案:无床旁脑电生理监测设备的新生儿病房应与院级脑电监测部门合作,至少可在正常工作时间内进行vEEG监测和结果解读。

推荐意见14:对所有新生儿病房工作人员进行aEEG和vEEG的定期培训。也可进行在线视频教学培训。

与没有任何神经生理监测的临床管理相比,使用aEEG/vEEG监测改善了新生儿护理和预后,但临床工作中没有任何一项技术具有100%的准确性。面对复杂的情况,需要进行长时间aEEG/vEEG监测或定期随访才能明确疑似癫痫发作的电-临床之间的关系,特别是给予抗癫痫发作药物或HIE低温治疗可能会改变脑电生理的典型特征。该共识在阅读既往发表的文献基础上结合国内情况,根据vEEG和aEEG优缺点,考虑到各种监测方法之间的效价比,以及设备、专业人员的可及性,力求为不同的临床情况提供最优和最合理的临床监测方案。尽管如此,本共识不作为强制性的监测标准,而是给出了分层管理的推荐,同时对脑电监测网络建设及不同医院之间和医院内合作提出建议,以促进区域医疗中心协调和资源的优化配置。

执笔人:程国强(复旦大学附属儿科医院新生儿科);周文浩(复旦大学附属儿科医院新生儿科);周渊峰(复旦大学附属儿科医院神经科);杨于嘉(中国当代儿科杂志编辑委员会);史源(重庆医科大学附属儿童医院新生儿科);庄德义(厦门市儿童医院新生儿科);杜立中(浙江大学医学院附属儿童医院新生儿科);母得志(四川大学华西第二医院新生儿科);冯星(苏州大学附属儿童医院新生儿科);富建华(中国医科大学盛京医院新生儿科)。

参与本专家共识讨论和修改的专家名单(排名不分先后):北京大学第三医院(童笑梅);重庆医科大学附属儿童医院(史源);复旦大学附属儿科医院(程国强、胡黎园、王瑾、王来栓、周文浩、周渊峰);福建省妇幼保健院(杨长仪);福建医科大学附属福州儿童医院(章丽燕);甘肃省妇幼保健院(易彬);广东省妇幼保健院(杨杰);广西医科大学第二附属医院(陈玉君);广州市妇女儿童医疗中心(周伟);贵阳市妇幼保健

院(刘玲);哈尔滨市儿童医院(董力杰);河北省儿童医院(马莉);华中科技大学同济医学院附属同济医院(李文斌);华中科技大学同济医学院附属湖北妇幼保健院(祝华平);解放军总医院第七医学中心儿科医学部(尹晓娟);昆明医科大学第一附属医院(梁琨);南方医科大学深圳附属深圳市妇幼保健院(杨传忠);南京医科大学附属儿童医院(周晓光);内蒙古医科大学附属医院(梅花);宁夏医科大学总医院(李怀玉);吉林大学第一医院(严超英、武辉);江西省儿童医院(陈丽萍);青岛大学附属医院(姜红);青海省妇女儿童医院(刘充德);山东大学齐鲁儿童医院(李晓莺);山西省儿童医院/山西省妇幼保健院(秦桂秀);上海交通大学附属新华医院(张拥军);上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心(孙建华);上海市儿童医院(裘刚);首都儿科研究所附属儿童医院(李莉);首都医科大学附属北京儿童医院(黑明燕);四川大学华西第二医院(母得志、王华);苏州大学附属儿童医院(丁欣、冯星);天津市中心妇产科医院(郑军);温州医科大学附属第二医院(林振浪、陈尚勤);西安交通大学第一附属医院(刘俐);西北妇女儿童医院(李占魁);西南医科大学附属医院(董文斌);厦门市儿童医院(庄德义);新疆维吾尔自治区儿童医院(李龙);浙江大学医学院附属儿童医院(杜立中、马晓路);郑州大学第三附属医院(徐发林);郑州大学第一附属医院(程秀永);郑州大学附属儿童医院/河南省儿童医院(康文清);中国科技大学附属第一医院/安徽省立医院(周晓丽);中国医科大学盛京医院(富建华);中国医学科学院北京协和医院(王丹华);中国当代儿科杂志编辑委员会(杨于嘉);中南大学湘雅医院(王铭杰);遵义医科大学附属医院(曹云涛)

利益冲突声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] Novak CM, Ozen M, Burd I. Perinatal brain injury: mechanisms, prevention, and outcomes[J]. Clin Perinatol, 2018, 45(2): 357-375. PMID: 29747893. DOI: 10.1016/j.clp.2018.01.015.
- [2] 王来栓,程国强,周文浩.新生儿缺氧缺血性脑病后亚低温时代管理新思考[J].中华围产医学杂志,2020,23(3):172-176. DOI: 10.3760/cma.j.cn113903-20190805-00480.
- [3] Pressler RM, Cilio MR, Mizrahi EM, et al. The ILAE classification of seizures and the epilepsies: modification for seizures in the neonate. Position paper by the ILAE Task Force on Neonatal Seizures[J]. Epilepsia, 2021, 62(3): 615-628. PMID: 33522601. DOI: 10.1111/epi.16815.
- [4] 张鹏,许艳,程国强,等.国际抗癫痫联盟新生儿癫痫发作分类特别工作组专家建议解读(2021年)[J].中华实用儿科临床杂志,2021,36(20):1534-1537. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20210811-00957.
- [5] Shellhaas RA, Chang T, Tsuchida T, et al. The American Clinical Neurophysiology Society's guideline on continuous electroencephalography monitoring in neonates[J]. J Clin Neurophysiol, 2011, 28(6): 611-617. PMID: 22146359. DOI: 10.1097/WNP.0b013e31823e96d7.
- [6] 俞秀雅,程国强,周文浩.新生儿神经重症监护单元如何应用振幅整合脑电图[J].中国循证儿科杂志,2015,10(2):119-125. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2015.02.008.
- [7] 中华医学会儿科学分会围产专业委员会.新生儿振幅整合脑电图临床应用专家共识[J].中华新生儿科杂志(中英文),2019,34(1):3-7. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-2932.2019.01.002.
- [8] Tsuchida TN, Wusthoff CJ, Shellhaas RA, et al. American Clinical Neurophysiology Society standardized EEG terminology and categorization for the description of continuous EEG monitoring in neonates: report of the American Clinical Neurophysiology Society critical care monitoring committee[J]. J Clin Neurophysiol, 2013, 30(2): 161-173. PMID: 23545767. DOI: 10.1097/WNP.0b013e3182872b24.
- [9] Malfilâtre G, Mony L, Hasaerts D, et al. Technical recommendations and interpretation guidelines for electroencephalography for premature and full-term newborns[J]. Neurophysiol Clin, 2021, 51(1): 35-60. PMID: 33168466. DOI: 10.1016/j.neucli.2020.10.005.
- [10] 上海市医学会脑电图与临床神经生理专科分会.临床脑电图操作规范的上海专家共识[J].上海医学,2021,44(3):141-147. DOI: 10.19842/j.cnki.issn.0253-9934.2021.03.001.
- [11] Dilella R, Raviglione F, Cantalupo G, et al. Consensus protocol for EEG and amplitude-integrated EEG assessment and monitoring in neonates[J]. Clin Neurophysiol, 2021, 132(4): 886-903. PMID: 33684728. DOI: 10.1016/j.clinph.2021.01.012.
- [12] André-Obadia N, Lamblin MD, Sauleau P. French recommendations on electroencephalography[J]. Neurophysiol Clin, 2015, 45(1): 1-17. PMID: 25637362. DOI: 10.1016/j.neucli.2014.11.002.
- [13] Backman S, Rosén I, Blennow M, et al. Swedish consensus reached on recording, interpretation and reporting of neonatal continuous simplified electroencephalography that is supported by amplitude-integrated trend analysis[J]. Acta Paediatr, 2018, 107(10): 1702-1709. PMID: 29897141. DOI: 10.1111/apa.14460.
- [14] Boylan G, Burgoyne L, Moore C, et al. An international survey of EEG use in the neonatal intensive care unit[J]. Acta Paediatr, 2010, 99(8): 1150-1155. PMID: 20353503. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2010.01809.x.
- [15] Buttle SG, Sell E, Webster R, et al. Continuous electroencephalography monitoring for critically ill neonates: a Canadian perspective[J]. Can J Neurol Sci, 2019, 46(4): 394-

402. PMID: 31030685. DOI: 10.1017/cjn.2019.36.
- [16] Wang Z, Zhang P, Zhou WH, et al. Electroencephalography monitoring in the neonatal intensive care unit: a Chinese perspective[J]. *Transl Pediatr*, 2021, 10(3): 552-559. PMID: 33850813. PMCID: PMC8039787. DOI: 10.21037/tp-20-340.
- [17] 中华医学会儿科学分会新生儿学组, 中国当代儿科杂志编辑委员会, 国家卫生健康委员会新生儿疾病重点实验室. 新生儿脑电图操作和报告书写最低技术标准专家共识[J]. *中国当代儿科杂志*, 2021, 24(2): 124-131. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2112130.
- [18] 黄秀清, 程国强. 新生儿脑病: 多病因识别[J]. *中国小儿急救医学*, 2021, 28(8): 649-653. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2021.08.002.
- [19] 新生儿神经重症监护单元建设专家共识工作组, 中华医学会儿科学分会新生儿学组. 新生儿神经重症监护单元建设专家共识[J]. *中国循证儿科杂志*, 2018, 13(4): 241-247. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2018.04.001.
- [20] Chalak L, Hellstrom-Westas L, Bonifacio S, et al. Bedside and laboratory neuromonitoring in neonatal encephalopathy[J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2021, 26(5): 101273. PMID: 34393094. PMCID: PMC8627431. DOI: 10.1016/j.siny.2021.101273.
- [21] 徐素华, 许艳, 杨琳, 等. 新生儿遗传代谢病视频脑电图和头颅磁共振特点及其对预后的预测价值[J]. *中华新生儿科杂志*, 2021, 36(5): 45-49. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2096-2932.2021.05.010.
- [22] 王乐, 程国强. 新生儿体外膜肺氧合期间的神经监护和评估[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2020, 35(14): 1113-1116. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20190717-00654.
- [23] Pisani F, Spagnoli C. Monitoring of newborns at high risk for brain injury[J]. *Ital J Pediatr*, 2016, 42(1): 48. PMID: 27180227. PMCID: PMC4867092. DOI: 10.1186/s13052-016-0261-8.
- [24] Boylan GB, Kharoshankaya L, Mathieson SR. Diagnosis of seizures and encephalopathy using conventional EEG and amplitude integrated EEG[J]. *Handb Clin Neurol*, 2019, 162: 363-400. PMID: 31324321. DOI: 10.1016/B978-0-444-64029-1.00018-7.
- [25] Bonifacio SL, Hutson S. The term newborn: evaluation for hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Clin Perinatol*, 2021, 48(3): 681-695. PMID: 34353587. DOI: 10.1016/j.clp.2021.05.014.
- [26] Awal MA, Lai MM, Azemi G, et al. EEG background features that predict outcome in term neonates with hypoxic ischaemic encephalopathy: a structured review[J]. *Clin Neurophysiol*, 2016, 127(1): 285-296. PMID: 26105684. DOI: 10.1016/j.clinph.2015.05.018.
- [27] Lemyre B, Chau V. Hypothermia for newborns with hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Paediatr Child Health*, 2018, 23(4): 285-291. PMID: 30657134. PMCID: PMC6007306. DOI: 10.1093/pch/pxy028.
- [28] Wusthoff CJ, Clark CL, Glass HC, et al. Cooling in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy: practices and opinions on minimum standards in the state of California[J]. *J Perinatol*, 2018, 38(1): 54-58. PMID: 29048405. DOI: 10.1038/jp.2017.153.
- [29] 卫生部新生儿疾病重点实验室, 复旦大学附属儿科医院. 亚低温治疗新生儿缺氧缺血性脑病方案(2011)[J]. *中国循证儿科杂志*, 2011, 6(5): 337-339. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2011.05.005.
- [30] Jacobs SE, Berg M, Hunt R, et al. Cooling for newborns with hypoxic ischaemic encephalopathy[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013, 2013(1): CD003311. PMID: 23440789. PMCID: PMC7003568. DOI: 10.1002/14651858.CD003311.pub3.
- [31] Trollmann R. Neuromonitoring in neonatal-onset epileptic encephalopathies[J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 623625. PMID: 33603712. PMCID: PMC7884638. DOI: 10.3389/fneur.2021.623625.
- [32] Malone A, Ryan CA, Fitzgerald A, et al. Interobserver agreement in neonatal seizure identification[J]. *Epilepsia*, 2009, 50(9): 2097-2101. PMID: 19490044. DOI: 10.1111/j.1528-1167.2009.02132.x.
- [33] Massey SL, Jensen FE, Abend NS. Electroencephalographic monitoring for seizure identification and prognosis in term neonates[J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2018, 23(3): 168-174. PMID: 29352657. DOI: 10.1016/j.siny.2018.01.001.
- [34] Rennie JM, de Vries LS, Blennow M, et al. Characterisation of neonatal seizures and their treatment using continuous EEG monitoring: a multicentre experience[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2019, 104(5): F493-F501. PMID: 30472660. PMCID: PMC6788873. DOI: 10.1136/archdischild-2018-315624.
- [35] 朱小妹, 邱鹏玲, 程国强, 等. 同步视频脑电图监测下双导振幅整合脑电图诊断新生儿惊厥的价值[J]. *中华围产医学杂志*, 2012, 15(12): 720-726. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-9408.2012.12.004.
- [36] Nunes ML, Yozawitz EG, Zuberi S, et al. Neonatal seizures: is there a relationship between ictal electroclinical features and etiology? A critical appraisal based on a systematic literature review[J]. *Epilepsia Open*, 2019, 4(1): 10-29. PMID: 30868112. PMCID: PMC6398099. DOI: 10.1002/epi4.12298.
- [37] Pisani F, Facini C, Pavlidis E, et al. Epilepsy after neonatal seizures: literature review[J]. *Eur J Paediatr Neurol*, 2015, 19(1): 6-14. PMID: 25455712. DOI: 10.1016/j.ejpn.2014.10.001.
- [38] Pisani F, Prezioso G, Spagnoli C. Neonatal seizures in preterm infants: a systematic review of mortality risk and neurological outcomes from studies in the 2000's[J]. *Seizure*, 2020, 75: 7-17. PMID: 31864147. DOI: 10.1016/j.seizure.2019.12.005.
- [39] Ryu S, Back S, Lee S, et al. Pilot study of a single-channel EEG seizure detection algorithm using machine learning[J]. *Childs Nerv Syst*, 2021, 37(7): 2239-2244. PMID: 33939017. DOI: 10.1007/s00381-020-05011-9.
- [40] Dong XR, Kong YT, Xu Y, et al. Development and validation of auto-neo-electroencephalography (EEG) to estimate brain age and predict report conclusion for electroencephalography monitoring data in neonatal intensive care units[J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(16): 1290. PMID: 34532427. PMCID: PMC8422089. DOI: 10.21037/atm-21-1564.

- [41] Pavel AM, Rennie JM, de Vries LS, et al. A machine-learning algorithm for neonatal seizure recognition: a multicentre, randomised, controlled trial[J]. *Lancet Child Adolesc Health*, 2020, 4(10): 740-749. PMID: 32861271. PMCID: PMC7492960. DOI: 10.1016/S2352-4642(20)30239-X.
- [42] Xu Y, Dou YL, Chen X, et al. Early initial video-electroencephalography combined with variant location predict prognosis of *KCNQ2*-related disorder[J]. *BMC Pediatr*, 2021, 21(1): 477. PMID: 34711204. PMCID: PMC8555078. DOI: 10.1186/s12887-021-02946-z.
- [43] Pavlidis E, Lloyd RO, Boylan GB. EEG—a valuable biomarker of brain injury in preterm infants[J]. *Dev Neurosci*, 2017, 39(1-4): 23-35. PMID: 28402972. DOI: 10.1159/000456659.
- [44] Bourel-Ponchel E, Lamblin MD. EEG in premature newborns[J]. *Neurophysiol Clin*, 2021, 51(1): 1-3. PMID: 33121879. DOI: 10.1016/j.neucli.2020.10.007.
- [45] Hellström-Westas L. Amplitude-integrated electroencephalography for seizure detection in newborn infants[J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2018, 23(3): 175-182. PMID: 29472139. DOI: 10.1016/j.siny.2018.02.003.
- [46] Macdonald-Laurs E, Sharpe C, Nespeca M, et al. Does the first hour of continuous electroencephalography predict neonatal seizures? [J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2021, 106(2): 162-167. PMID: 32928896. DOI: 10.1136/archdischild-2020-318985.
- [47] 施亿赞, 程国强, 邵肖梅, 等. 正常早产儿振幅整合脑电图特点的研究[J]. *中华儿科杂志*, 2011, 49(9): 648-654. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2011.09.003.
- [48] André M, Lamblin MD, d'Allest AM, et al. Electroencephalography in premature and full-term infants. Developmental features and glossary[J]. *Neurophysiol Clin*, 2010, 40(2): 59-124. PMID: 20510792. DOI: 10.1016/j.neucli.2010.02.002.
- [49] Lee ES, Kim EK, Shin SH, et al. Factors associated with neurodevelopment in preterm infants with systematic inflammation[J]. *BMC Pediatr*, 2021, 21(1): 114. PMID: 33685414. PMCID: PMC7938564. DOI: 10.1186/s12887-021-02583-6.
- [50] 张漪, 付佳敏, 夏世文. 支气管肺发育不良早产儿振幅整合脑电图的临床意义分析[J]. *中国当代儿科杂志*, 2021, 23(2): 127-132. PMID: 33627205. PMCID: PMC7921530. DOI: 10.7499/j.issn.1008-8830.2009110.
- [51] Tandircioglu UA, Guzoglu N, Gucuyener K, et al. Influence of intensive care unit enlightenment on premature infants on functional brain maturation assessed by amplitude-integrated electroencephalograph[J]. *Am J Perinatol*, 2021, 38(4): 357-362. PMID: 31683326. DOI: 10.1055/s-0039-1697681.
- [52] Fitzgerald MP, Massey SL, Fung FW, et al. Expanding access to continuous EEG monitoring in neonatal intensive care units[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2021, 38(6): 525-529. PMID: 32541608. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000730.
- [53] Sharpe C, Davis SL, Reiner GE, et al. Assessing the feasibility of providing a real-time response to seizures detected with continuous long-term neonatal electroencephalography monitoring[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2019, 36(1): 9-13. PMID: 30289769. PMCID: PMC6320287. DOI: 10.1097/WNP.0000000000000525.
- [54] Goswami I, Bello-Espinosa L, Buchhalter J, et al. Introduction of continuous video EEG monitoring into 2 different NICU models by training neonatal nurses[J]. *Adv Neonatal Care*, 2018, 18(4): 250-259. PMID: 29889725. DOI: 10.1097/ANC.0000000000000523.
- [55] Bonifacio SL, Van Meurs K. Neonatal neurocritical care: providing brain-focused care for all at risk neonates[J]. *Semin Pediatr Neurol*, 2019, 32: 100774. PMID: 31813520. DOI: 10.1016/j.spen.2019.08.010.
- [56] Falsaperla R, Mauceri L, Motta M, et al. From neonatal intensive care to neurocritical care: is it still a mirage? The Sicilian multicenter project[J]. *Crit Care Res Pract*, 2021, 2021: 1782406. PMID: 34426771. PMCID: PMC8380151. DOI: 10.1155/2021/1782406.
- [57] Wilson D, Young J. Sharing knowledge to enhance neonatal neurocritical care[J]. *Neonatal Netw*, 2020, 39(3): 115. PMID: 32457185. DOI: 10.1891/0730-0832.39.3.115.

(本文编辑: 王颖)