

Discussion on the application of electroencephalogram in early identification of pediatric epilepsy syndrome

Liqiong Chen

West Guangdong Hospital Affiliated to sixth Hospital of Sun Yat-sen University (Xinyi People's Hospital), Maoming, Guangdong, 525300, China

Abstract

This paper analyzes the application of electroencephalography (EEG) in early identification of pediatric epilepsy syndromes. It provides a detailed explanation of the key characteristics of childhood syndrome and the importance of early detection, clarifies the fundamental principles and advantages of EEG technology, and proposes specific implementation strategies. Looking ahead, the paper examines the development trends of EEG technology to better leverage its diagnostic advantages in pediatric epilepsy syndromes, thereby promoting comprehensive improvements in diagnosis standards.

Keywords

electroencephalography; pediatric epilepsy syndromes; early identification; application exploration

脑电图在小儿癫痫综合征早期识别中的应用探讨

陈丽琼

中山大学附属第六医院粤西医院（信宜市人民医院），中国·广东 茂名 525300

摘要

本文对脑电图在小儿癫痫综合征的早期识别中的应用进行分析，详细介绍儿童综合征的主要特点以及早期识别的重要性，明确脑电图的主要原理以及优势，提出具体应用策略。展望未来，对脑电图技术的发展趋势进行分析，从而更好地在小儿癫痫综合征诊断中发挥重要优势，促进小儿癫痫综合征的诊断水平全面提升。

关键词

脑电图；小儿癫痫综合征；早期识别；应用探讨

1 引言

儿童癫痫综合征是一类以特定临床表现、脑电图特征及预后为特点的癫痫疾病组合，在病因、发病机制、临床表现、治疗反应及转归等方面均存在较大差异。癫痫是一种严重危害人类健康的神经疾患，其发病率在世界上高达3-6%。儿童癫痫的早期精确诊断是制订恰当治疗方案、改善患儿预后的关键。脑电图（EEG）是监测脑电波信号的主要方法，在儿童癫痫的早期诊断中具有重要地位。近年来，随着技术进步和研究深入，EEG在儿童癫痫诊治中的应用不断完善。

2 儿童癫痫综合征的总括

2.1 常见类型和特征

儿童癫痫综合征包含多种亚型，每一亚型均有独特的临床特征。

伴有中央颞区棘波的小儿良性癫痫（BECTS）：约占儿童癫痫的15%~20%，是最常见的类型。好发于2~14岁，8~9岁为高发年龄，男性稍多于女性。发作多与睡眠相关，以局灶性发作为主，累及口面部，表现为唾液增多、喉部发声、口角抽动等，个别儿童可伴有全身强直-阵挛性发作。EEG特征为中央区/中颞区（Rolandic区）高波幅棘慢波，多数出现于睡眠状态，预后较好^[1]。婴幼儿痉挛症（West syndrome）：多发生于1周岁以内，4-8月龄为主要发病年龄。临床特点为频繁成串发作的痉挛，可分为屈曲型、伸展型及混合型，以屈曲型和混合型多见。伴有典型的高度失律脑电图改变及心理运动发育迟缓或倒退。该病若未及时干预，会导致儿童神经系统发育受阻。

大田原综合征（Ohtahara syndrome）：一种少见但极为可怕的早期癫痫脑病，好发于婴儿，多发生在婴儿时期。其临床症状以频发的强直发作为主，可以单个或连续发生，每日可多达几十次，并可在觉醒与睡觉时继续发生。儿童智力和运动功能障碍较重，在神经影像学检查中常有异常表现。其EEG特点是：以棘波、尖波、慢波为主要成分的高

【作者简介】陈丽琼（1989-），女，中国广东高州人，本科，主治医师，从事小儿癫痫，脑电图研究。

幅度放电,并伴有低振幅抑制期,该类型患者在觉醒或入睡时均可保持,是田原氏病的典型 EEG 变化。目前临床上对于传统的抗癫痫药物疗效并不理想,大部分儿童可合并其它更为严重的症状,例如 West 综合征。

婴幼儿痉挛症 (West syndrome) 是一种常见的疾病,好发于 1 岁以下,多见于 4-8 个月龄。其主要表现为经常性的阵发性抽搐,可划分为屈曲型、伸展性及混合型,其中屈曲型及混合型最常见。同时伴有严重的高频率失调和精神运动发展迟滞或退化。这种疾病如果得不到有效的治疗,将会阻碍孩子的神经生长。

Lennox-Gastaut 综合征 (LGS) 占儿童癫痫的 2% ~ 5%,多见于 3-5 岁儿童。临床发作类型多样,包括不典型失神、肌阵挛发作、失张力发作、强直发作及局灶性发作等,其中强直性发作最常见且难以控制。多数儿童存在智能及运动发育倒退,60% 可出现持续性惊厥,临床疗效差且预后不良。

2.2 早期正确识别的重要性

儿童癫痫综合征的早期诊断对临床诊疗及预后具有重要意义。不同类型的治疗方案存在明显差异: BECTS 通常对药物反应良好,部分患儿可自行缓解; 婴幼儿痉挛症推荐使用促肾上腺皮质激素 (ACTH) 或特定抗癫痫药物,以尽早控制发作、降低神经发育损害; LGS 则需多药联合治疗。若未能精确鉴别,可能导致治疗延迟或用药不当,造成病情难以控制、增加不良反应风险及患儿痛苦。此外,早期精准识别对预后评估至关重要。BECTS 预后良好,而 LGS 预后较差。明确诊断可为家长提供准确的疾病信息,助其做好心理准备及长远规划,同时为医师制定个体化诊疗及随访计划提供依据,从而提升患儿生活质量。

3 脑电图的基本原理和检测手段

3.1 EEG 的信号采集机理

脑电图通过置于头皮的电极收集神经细胞活动产生的微弱电信号。脑内神经元激活时,胞膜内外离子流动引发电势变化,这些变化经整合形成可探测的脑电活动。信号经电极传输至 EEG 设备,经放大、处理后转化为可视化的脑电波形。正常 EEG 具有一定规律性,癫痫患者则会出现特征性的异常放电模式。

3.2 常规 EEG、动态 EEG、视频 EEG 的特征和应用场景

3.2.1 常规脑电图

常规 EEG 是临床最常用的检测方式,检查时长通常为 20 ~ 30 分钟。具有操作简便、成本较低的特点,可快速评估脑电活动,适用于有典型惊厥症状的儿童,能在短时间内观察到癫痫样放电。但因记录时间短暂,对发作频率低或放电不规律儿童可能出现漏诊。主要用于典型临床症状伴明确癫痫样放电患儿的早期筛查。

3.2.2 动态脑电图

动态脑电图 (AEEG) 是可携带的便携式设备,能连续监测患者 24 小时以上的脑电信号。弥补了常规 EEG 记录时间短的不足,显著提高癫痫样放电的捕获率,尤其适用于发作频率低或特定时段发作的患儿^[2]。患儿佩戴设备期间可正常生活,便于监测日常行为与脑电异常的关联性。但因缺乏同步录像,无法精确匹配脑电信号与临床表现。适合发作不频繁但需长期监测的儿童。

3.2.3 视频脑电图

视频脑电图 (VEEG) 将 EEG 与同步录像结合,可实时捕获脑电信号并记录临床表现。通过同步分析脑电与视频数据,能精确判定癫痫发作与 EEG 异常的关联性,明确发作类型及起源部位。记录时长可从数小时至数天不等,在临床诊断、鉴别诊断及致痫灶定位中具有重要价值,是目前癫痫诊疗中最常用的 EEG 技术。尤其适用于临床症状复杂、诊断困难的儿童,或难治性癫痫术前评估。

4 EEG 在儿童癫痫综合征中的诊断价值

4.1 癫痫样放电的特征及临床意义

4.1.1 癫痫样放电的主要类型

癫痫样放电是 EEG 诊断癫痫的核心依据,主要包括棘波、尖波、棘慢波等。棘波持续时间长 (20~70 ms), 波幅高、波形锐利,上升支陡峭、下降支缓慢; 尖波持续时间稍长 (70~200 ms), 波幅较高且形态尖锐; 棘慢波为棘波与慢波的组合波形,先出现棘波后跟随慢波,持续时间一般为 200~500 ms。这些放电具有突发性、阵发性和特征性形态,与正常脑电活动存在显著差异。

4.1.2 不同综合征中癫痫样放电的分布特点

睡眠脑电图的检查过程是将大脑发出的生物电与传感信号,前置放大处理后以电子信号形式转化为图形进行记录。在这一过程中各参数的传感方式存在着不同程度的差异性,其中腹腔内部的呼吸是由伸缩阻抗的方式进行传感; 血氧饱和度是通过红外线与紫外线装置进行传感; 而鼻气流监测采用的是热敏电阻来传感。可以看出,睡眠脑电图最终的形成是将多种电信号进行收集汇总后分析而得出的,该综合数据成为了临床诊断结果的依据。不同癫痫综合征的癫痫样放电具有特异性分布规律:

BECTS 患者的 EEG 特征为中央区、中颞区棘慢波,睡眠期 (尤其浅睡眠) 放电显著增多。研究显示, BECTS 患者睡眠期癫痫样放电检出率较清醒期增加 30% ~ 50%。

婴幼儿痉挛症患儿发作间期 EEG 呈高度失律,表现为不规则高波幅慢波背景上夹杂弥散性多灶性棘波、尖波,放电不规则且双侧非同步。

LGS 患者 EEG 特征为全脑广泛性 1-2.5 Hz 慢棘慢波,睡眠期放电增强,可出现睡眠中癫痫性电持续状态 (ESES),

即睡眠中癫痫样放电指数达85%以上。

正确识别不同综合征的放电模式，有助于早期精准诊断。

4.2 脑电背景活动变化的意义

4.2.1 正常儿童 EEG 的背景特征

正常儿童 EEG 的背景活动随年龄增长呈现规律性变化：出生时以低波幅、不规则慢波为主；婴幼儿期枕区先出现节律性 delta 波、theta 波，随后逐步发育出 alpha 波；随年龄增长，alpha 波出现频率逐渐增加，10~12 岁逐渐接近成人模式。脑区差异表现为：枕区 alpha 波最显著，额、颞叶皮层 theta 波活动较活跃。掌握正常背景特征有助于识别异常改变。

4.2.2 癫痫综合征的背景活动异常及意义

儿童癫痫综合征患者的 EEG 背景活动常存在异常：婴幼儿痉挛症除高度失律外，背景电位紊乱、节律消失，电极间放电同步性差，反映脑内广泛神经元损伤及功能紊乱，与重度神经发育障碍密切相关。结构性脑损伤所致癫痫可表现为局部或弥漫性背景慢波，提示相关脑区功能异常。代谢性脑病、遗传性疾病等可导致弥漫性慢波增多。背景活动异常对病因鉴别（如脑发育异常、代谢性脑病）及病情严重程度评估具有重要参考价值。

4.3 睡眠脑电图的应用价值

4.3.1 睡眠对癫痫样放电的影响机制

研究表明，睡眠可显著激活癫痫样放电，其机制可能与神经递质变化相关：睡眠期 GABA 等抑制性神经递质活性降低，兴奋性递质作用增强，易诱发异常放电。此外，睡眠期脑网络连接及功能状态改变，部分觉醒时受抑制的神经环路活化，促进癫痫样放电的产生与扩散。不同睡眠阶段放电差异显著：浅睡眠期（N1、N2 期）因脑区局部去极化及同步化活动增强，更易出现癫痫样放电；深睡眠期（N3 期）及快速眼动睡眠（REM 期）放电较少（LGS 等特殊类型除外）。

4.3.2 不同综合征的睡眠 EEG 特征

不同癫痫综合征的睡眠 EEG 具有特异性：BECTS 患者睡眠期脑电异常显著增加，尤其浅睡眠期放电检出率可达 50%~90%。研究显示，95% 的 BECTS 儿童睡眠期可记录到典型癫痫样放电，而清醒期仅 60%。婴幼儿痉挛症睡眠期除高度失律外，常伴随阵发性痉挛发作。LGS 患者睡眠期易出现 ESES 现象，放电频次显著增高，与认知障碍程度直接相关。

利用睡眠 EEG 可提高癫痫样放电检出率，为精准诊断奠定基础。

5 脑电图在儿童癫痫综合征中的应用新进展

5.1 EEG 量化分析方法的临床应用

5.1.1 功率谱密度分析

功率谱密度（PSD）分析通过频谱特征提取，揭示 EEG 各频段能量分布规律。前期研究对婴幼儿癫痫综合征

（IESS）与健康婴幼儿的 EEG 数据进行 PSD 检测，发现患者组 PSD 随频率增加的下降趋势与对照组不同，缺乏 sigma 频段（12-16 Hz）峰值，电极间 PSD 分布更离散；4-30 Hz 频段 PSD 显著高于对照组，其中 theta（4-7 Hz）、alpha（8-13 Hz）、beta（14-30 Hz）频段差异明显。提示 PSD 检测可识别 IESS 的 EEG 异常特征。对 BECTS 患者的研究显示，中心颞部 theta 及 beta 频段能量显著增高，且与疾病严重程度正相关，可能成为病情评价的生物标志物。

5.1.2 脑功能网络研究

基于脑网络的研究手段可通过脑区功能连接、网络拓扑特征揭示癫痫发病机制。目前主要采用一致性、相位同步等方法表征脑区电活动协同性。研究发现，LGS 儿童脑区功能连接显著增强（尤其慢波频段），提示异常网络活动与癫痫发作及认知损害密切相关。正常大脑网络具有“小世界”属性（簇系数大、特征路径长度短），可实现高效信息传输。而癫痫患儿存在“小世界”属性破坏：BECTS 儿童发作期脑功能网络表现为簇系数降低、特征路径长度增加等异常改变。这些发现为癫痫综合征的发病机制研究及鉴别诊断提供了新思路。

5.2 智能化 EEG 辅助诊断方法进展

基于机器学习的 EEG 特征提取方法已用于儿童癫痫早期诊断，常用方法包括支持向量机（SVM）、人工神经网络（ANN）、随机森林等。这些方法可实现 EEG 信号自动化处理与分类，识别癫痫样放电特征^[1]。深度学习作为新兴机器学习方向，在儿童癫痫诊疗中优势显著。卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）等方法无需手工特征提取，可直接处理原始 EEG 数据：CNN 善于分析二维结构化数据，能高效提取脑区电活动空间关联特征；RNN 适合时序分析，可捕捉脑电信号的动态变化规律。

6 结语

EEG 在儿童癫痫综合征的早期识别中发挥关键作用，多种 EEG 技术可从不同维度为临床诊断提供依据。EEG 特征不仅能鉴别癫痫类型，还可评估病情进展（如通过量化指标预测发作风险）。但 EEG 应用仍存在局限性，需进一步优化。未来，随着技术发展，EEG 设备将更便携精准，量化分析将向标准化、智能化发展，为癫痫精准诊断及预警提供新方案。这对儿童癫痫早期诊断、个体化诊疗及改善预后、提高生存质量具有重要意义。

参考文献

- [1] 王晨星,周丹丹.复方氨基酸维E胶囊联合卡马西平对癫痫患儿认知功能和神经功能的影响[J].中国妇幼保健,2024,39(24):4887-4890.
- [2] 郭静.康复治疗与丙戊酸钠联合治疗对癫痫患儿疗效及其认知功能的影响[J].黑龙江医药科学,2024,47(06):127-129.
- [3] 吕海生,蒋晓媛,吕少剑.丙戊酸钠联合卡马西平治疗小儿癫痫临床观察[J].中国药业,2024,33(22):134-136.