

# 脑电图异常放电检出率影响因素的研究进展

吴肇瀚\*, 孙 震, 孙博谦#

北华大学附属医院神经内科, 吉林 吉林

收稿日期: 2025年1月11日; 录用日期: 2025年2月4日; 发布日期: 2025年2月13日

## 摘 要

脑电图(Electroencephalogram, EEG)可将癫痫患者发作期及发作间期的癫痫样放电准确地记录下来, 从而对癫痫的临床诊断及治疗发挥重要指导作用。本文阐明了脑电图异常放电(Abnormal Discharge)检出率的相关影响因素, 包括脑电图监测时间、癫痫的类型、发作频率、是否合理应用抗癫痫药物、压力及诱发试验, 为脑电图在癫痫诊断中的常规应用提供可靠依据。

## 关键词

癫痫, 发作间期癫痫样放电, 脑电图, 视频脑电图, 影响因素, 异常放电

# Research Progress on Influencing Factors of Detection Rate of Abnormal Discharge in Electroencephalogram

Zhaohan Wu\*, Zhen Sun, Boqian Sun#

Department of Neurology, Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin Jilin

Received: Jan. 11<sup>th</sup>, 2025; accepted: Feb. 4<sup>th</sup>, 2025; published: Feb. 13<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

Electroencephalogram (EEG) can accurately record seizure and interseizure epileptic discharges (IED) of epilepsy patients, thus playing an significant guiding role in the clinical diagnosis and treatment of epilepsy. This article elucidates the relevant influencing factors on the detection rate of abnormal discharge in electroencephalogram (EEG), including EEG monitoring time, type of epilepsy, seizure frequency, rational use of antiepileptic drugs, stress and provocative test, providing

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 吴肇瀚, 孙震, 孙博谦. 脑电图异常放电检出率影响因素的研究进展[J]. 临床个性化医学, 2025, 4(1): 128-134. DOI: 10.12677/jcpm.2025.41020

reliable basis for the routine application of EEG in epilepsy diagnosis.

## Keywords

Epilepsy, Interseizure Epileptic Discharge, Electroencephalogram, Video Electroencephalogram, Influencing Factors, Abnormal Discharge

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

脑电图(Electroencephalogram, EEG)是在头皮表面将来自脑细胞群的自发性、节律性的生物电位放大,并通过精密的电子仪器记录所得到的波形。可将癫痫患者发作期及发作间期的癫痫样放电准确地记录下来,从而对临床诊断及治疗发挥重要指导作用[1]。视频脑电图(Video-Electroencephalogram, VEEG)是在脑电图基础上增加视频设备(白天高清摄像机,夜间红外照明),在病人进行脑电监测的同时对病人进行摄像,通过视频观察病人发作时的主要临床表现,弥补常规脑电图的不足。

发作间期癫痫样放电(Interictal Epileptiform Discharges, IED)是指病人在进行脑电图监测时出现癫痫样放电波(慢波、棘波、棘慢波等放电波),而临床上没有癫痫发作出现[2]。癫痫患者一生中大部分时间处于未发作状态,且癫痫患者多数在未发作状态进行脑电图监测,很少在发作时捕捉到癫痫样放电,有研究发现,约有 1%~2%极少数正常人群可监测到癫痫样放电[3],临床上 IED 有助于诊断癫痫、区分发作类型、评估治疗效果和预测癫痫发作复发的个体风险[4],与癫痫发作频率和严重程度增加有关[5],IED 也会对患者认知功能产生损害[6]。多年来国内外研究发现 IED 的阳性检出率与脑电图监测时间、癫痫的类型、发作频率、是否合理应用抗癫痫药物、压力及诱发实验等多种因素有关。本文将对影响 IED 检出的因素展开综述。

## 2. 脑电图检测时长

临床上脑电图(Electroencephalogram, EEG)检查作为一种常用检查手段,有助于明确癫痫的分类和脑部病灶部位,是诊断癫痫的关键工具。有时候在 EEG 中的唯一异常表现是发作间期癫痫样放电(Interictal Epileptiform Discharges, IED),这是排查疑似癫痫患者的重点发现。EEG 在临床上往往作为癫痫患者的首选检查。在有癫痫病史的患者中,第一次 EEG 可检测到约 10%~50%的患者有癫痫样放电,若进行 4 次 EEG, IED 阳性率也可提高到约 60%~90% [7]。

若患者行常规脑电图监测没有异常表现,可以进一步行视频脑电图(Video-Electroencephalogram, VEEG)检测,卢美华[8]对入院的 80 例疑似癫痫患者行视频脑电图和常规脑电图检查,发现视频脑电图检查与常规脑电图相比,发作期异常放电率、异常放电率、癫痫样放电检出率及临床发作检出率数据均更高。Faulkner [9]等对 180 例门诊癫痫患者行 96 小时视频脑电图检查,检查期间他们没有停用抗癫痫药(Antiepileptic Drugs, AEDs)或行睡眠剥夺(Sleep Deprivation, PSD),90%的患者都在工作日进行的,在 4 小时、8 小时、24 小时、48 小时内出现 IED 的检出率分别是 44%、58%、85%、95%,随着时间的延长 IED 检出率会增加,48h 视频脑电图有利于绝大多数癫痫患者的 IED 检出。这与 Badry [10]研究相似,对 200 名癫痫患者进行 VEEG 检测,他排除了近 24 小时内有癫痫发作的患者,并且在检测开始 24 小时前停用

AEDs, 大多数患者在最初的 20~30 min 记录期间做过闪光刺激及过度换气诱发实验, 在 20 分钟、1 小时、2 小时、24 小时出现 IED 的检出率分别是 45%、55%、64%、85%, 94.5% 不超过 48 小时。Konrad J Werhahn [11] 等对 210 名患者进行研究发现, 7.3% 的患者 IED 出现在 20 分钟内, 9.7% 出现在 30 分钟内, 74.5% 出现在 24 小时内, 87.9% 出现在 48 小时内, 96.4% 出现在 72 小时内, 仅有 3.6% 的患者在 72 小时内未见到异常发作间期癫痫样放电表现。

这些研究[9]-[11]均为回顾性研究, 在没有考虑癫痫的发作类型、是否应用抗癫痫药物、病灶位置及病灶深度等因素对 IED 影响下得出的结果, 可以看到绝大部分患者已经在前 24 小时内出现 IED, 24 小时以后随着检测时间的延长, 患者 IED 阳性率并不高, 延长监测时间到 48 小时或 72 小时患者并不能完全接受, 检查监测时间长及费用高是其中两个最主要的原因, 还会影响到其他需要行视频脑电图的患者, 所以检测 24 小时仍作为视频脑电图的首选检测时间, 对于高度疑似癫痫的患者 24 小时未发现异常的癫痫患者可以延长脑电图监测时间, 为患者诊断提供依据。

### 3. 癫痫发作类型

癫痫发作类型是影响 IED 潜伏期一个显著的决定因素, 有实验发现局灶性癫痫患者 IED 潜伏期长于全身性癫痫患者。Faulkner [9] 等对 180 名门诊患者进行脑电图监测发现, 全身性癫痫患者出现 IED 的潜伏期明显比局灶性癫痫发作要短。Theitler 等[12]对 245 名癫痫住院患者进行脑电图监测, 197 例患者为局灶性癫痫, 41 例为全身性癫痫, 7 例(2.9%)有复杂的发热性惊厥, 进行统计分析同样得出局灶性癫痫患者出现 IED 的时间较全身性癫痫患者出现 IED 的潜伏期明显延长。Lee [13] 等对 152 名癫痫患者进行 3 小时脑电图检测, 期间患者保持常规剂量的 AEDs, 给予过度通气和光刺激, 并且在没有药物诱导的情况下入睡, 局灶性癫痫患者相比全身性癫痫患者首次出现 IED 的时间更短(平均为 33.9 min vs 22.1 min)。Koc [14] 等人对 29 例全身性癫痫, 55 例局灶性癫痫行长程脑电图检测, 他们排除在检测前一天有癫痫发作的患者, 并且在不导致癫痫发作的情况下逐渐减少 AEDs 的剂量直至停用, 在监测前 20~30 min 行闪光刺激、睁闭眼、过度换气诱发实验, 结果在 10 小时内全身性癫痫患者 100% 出现 IED, 而局灶性癫痫患者在第 3 天仍有 1 人没有出现 IED, 他们也认为全身性癫痫 IED 的潜伏期短于局灶性癫痫潜伏期的结论。在临床实践中局灶性癫痫相比较于广泛性癫痫, 发作间期放电相对少见, 有时只发生在睡眠期间, 最初几次发作间期放电往往在睡眠开始后形成, 不易被识别, 可能需要更长时间的脑电图监测, 才能获得他们的脑电图模式的完整图像[7]。

### 4. 癫痫发作事件

有文献报道在癫痫发作后 24 小时内行脑电图监测, 出现 IED 阳性发生率会高于未发作患者[6]。在早期也有研究者表示, 在癫痫患者发作后 24 小时内, IED 的发作频率会升高。Theitler 等[12]对 245 名住院癫痫患者(几乎在发作当天入院并要求行脑电图检测)和 439 名门诊患者(脑电图需要预约 4~8 周)行脑电图检测, 发现住院患者发生 IED 的平均时间分别为 14 分钟和 21.3 分钟, 作者推测门诊患者较住院患者 IED 出现时间会延长, 可能与近期发作有关。而 Badawy [15] 的对 58 名癫痫患者(期间及在此之前均没有服用过 AEDs), 在癫痫发作前后 72 小时做经颅磁刺激, 检查皮层兴奋性, 发现在癫痫发作前的 24 小时(平均 19 小时), 皮质兴奋性进一步显著增加, 而在发作后 24 小时(平均 17 小时)内, 皮质兴奋性显著降低, 其下降程度接近无癫痫患者的水平。刘晓燕[16]研究也发现癫痫发作后有一段抑制期, IED 的出现时间会延长, 但延长时间不会超过 24~48 小时。目前癫痫发作后 IED 发生频率是否会升高, 尚未得出明确结论, 且结论不一, 目前有关癫痫发作后 IED 发生频率是否会升高相关研究较少, 研究相关因素分散, 研究样本数量相对小, 缺乏全面系统的分析, 在今后有关研究中有待相关学者进行全

面系统的研究。

## 5. 诱发实验对 IED 的影响

### ① 睡眠剥夺诱导试验

国内外研究表明,睡眠剥夺是诱发癫痫发作的一种常用方法[17]。对于大多数类型的癫痫患者,睡眠剥夺诱导试验对 IED 的检出率具有重要意义。剥夺睡眠诱发实验可明显提高癫痫脑电图 IED 检出率,是一种有效活化实验,但睡眠剥夺可引起的癫痫发作加重[18],对癫痫患者给予睡眠剥夺的方式不会刺激病灶放电,使患者在睡眠时可以更接近自身的生理特征[19],Navas [20]等对 500 名患者进行睡眠剥夺脑电图与清醒时脑电图进行对比,44%患者在清醒状态出现 IED,而睡眠剥夺患者脑电图将测试检测 IED 阳性率提高了 35%,在全身性癫痫中这种差异更为显著,分别为 27.2%和 77.2%。Ferlisi 等[21]研究显示,局灶性发作患者相对于全面性发作患者在进行脑电图检测时不易受到睡眠和睡眠剥夺等诱发因素的影响。另研究发现,行睡眠剥夺诱导入睡的患者 IED 阳性检出率高于应用药物诱导入睡的患者 IED 阳性检出率[22]。一些学者将睡眠剥夺诱发癫痫样放电的效用归因于仅仅是诱导睡眠。而有学者认为,睡眠剥夺所引起效应可能大于诱导睡眠所引起的作用[23]。目前已有临床研究证实,睡眠能增加 IED 的发生率,并且与不同睡眠时相有显著的相关性,觉醒期和非快速动眼睡眠 IED 发生较为多见,尤其在非动眼睡眠的 I、II 期较为常见[13],而异相睡眠则具有抑制作用[24]。有研究发现大脑中的腺苷水平在睡眠剥夺期间呈现下降状态,在睡眠恢复期间腺苷水平呈现上升状态[25],入睡后腺苷激酶水平会显著升高引发腺苷水平也会下降,在一定程度导致非动眼睡眠 I、II 期阶段癫痫发作阈值降低,从而导致 IED 发生率的升高[26]-[28]。

### ② 间断闪光刺激(Intermittent Photic Stimulation, IPS)

IPS 类似睁闭眼试验时的睁眼反应,在光敏性癫痫的诊断中具有重要意义,间断闪光刺激对于筛查光敏性癫痫是一种经典诱发手段,光敏感性是大脑皮层对于来自视觉刺激反应出现的异常敏感表现[29],可以通过视觉传导通路刺激大脑表面的视觉皮层,可使  $\alpha$  节律受到阻滞,从而导致视觉皮层的过度兴奋[30],诱导神经元产生兴奋同步化,进而出现癫痫样放电[31]。在不同的眼状态情况下诱发率不同,陈蓓蓓[32]等学者研究认为患者合眼状态下(闭眼状态的前 3 秒)对比于睁眼状态和闭眼状态诱发率得到显著升高。Panayiotopoulos [33]学者认为在睁眼状态下诱发率最高,但在闭眼状态下发生率低,可能由于闭眼时光刺激视网膜的强度减少,光觉感受器细胞通过光转换产生的刺激信号减弱,传递到大脑视觉皮层的电信号减弱,对于诱发癫痫放电不利[34]。闪光刺激在不同强度和不同频率的刺激下出现 IPS 的频率不同,IPS 阳性次数出现最多的闪光频率在 8~25 Hz [35]。因此加强在睁眼与合眼状态及闪光频率在 8~25 Hz 时监测有利于增加 IED 的检出,但同时也有诱发癫痫发作的风险。

### ③ 过度换气(Hyperventilation, HV)

HV 可使血浆中  $\text{CO}_2$  降低,引起轻度呼吸性碱中毒,反射性引起血管收缩痉挛,导致脑组织血流减少,造成缺血缺氧[36],同时还可引起低碳酸血症,血浆 pH 值升高,使血浆游离钙离子减少,在缺血缺氧、低钙等情况下,可使神经元兴奋性增高,容易引起癫痫样放电甚至诱发癫痫发作[37]。HV 对典型全面性失神癫痫发作有很高的诊断价值[38],金晓青[39]等人对 1680 例患者研究得出,在自然状态下监测脑电图 IED 阳性率为 20.3% (341 例),给予患者行 HV 实验可使 EEG 阳性率提高到 64.2% (1078 例),同时也得出全面失神发作的阳性率高于其它类型。与其它诱发试验相比需要注意的是,IPS 诱发试验可以随时停止闪光刺激避免癫痫发作,但给予患者 HV 诱发实验时,脑电图上若出现异常波发放,即便让患者及时停止做深呼吸运动,患者癫痫的发作也无法得到阻止。所以在给予患者行 HV 诱发实验时应密切观察患者,避免诱发癫痫发作导致误吸、舌咬伤、骨折、颅脑损伤等受伤意外发生。



## 6. 抗癫痫药物应用

癫痫患者确诊后将给予 AEDs 进行长期治疗。目前治疗癫痫病的药物众多, 根据不同病情患者所应用具体药物及具体药物剂量也不完全相同。AEDs 的主要作用机制是调节电压门控离子通道、增强突触抑制和抑制突触兴奋[40]。例如卡马西平及奥卡西平等可使运动皮层兴奋性升高[41]; 苯二氮卓类 GABA 抗癫痫药使皮质内兴奋降低, 皮质内抑制升高[42]。有研究表明, 未服用 AEDs 的患者, 患者的皮质神经兴奋性增高, 而服用 AEDs 的患者, 皮质神经兴奋性降低[43]。叶健[44]将 150 例癫痫患者随机分为两组, 每组 75 人, 分别采用奥卡西平和左乙拉西坦单药治疗, 经治疗 6 个月后发作期间癫痫样放电均有显著减少, 奥卡西平组减少 41.33%、左乙拉西坦组减少 25.33%。罗迟宝等人研究[45]应用奥卡西平、左乙拉西坦抗癫痫药物对 100 例儿童治疗 16 周后, 奥卡西平, 左乙拉西坦治疗儿童癫痫能够取得更好的临床效果, 有助于进一步改善其认知功能。Shiozaki K [46]等对 50 例老年癫痫患者使用 AEDs 后, 其中 41 例 (82%) 癫痫样放电减少甚至消失。综上, AEDs 治疗可减少大脑痫性放电。

## 7. 其他

Tan [47]等学者通过对癫痫患者的前瞻性研究, 发现压力、情绪、AEDs 依从性差, 都可以导致癫痫的发作增加。也有学者提出, 对于局灶性癫痫患者, 不同的病灶部位 IED 好发于不同的时间段, 如颞叶癫痫发作有 2 个高峰, 分别在上午 6 点至 9 点和中午 12 点至下午 3 点; 额叶癫痫发作的发作高峰在凌晨 3 点至 6 点; 顶叶癫痫的发作高峰在上午 6 点至上午 9 点; 多脑叶性癫痫发作在上午 9 点至 12 点达到高峰; 不同部位起源的癫痫发作显示出特定的发作时间偏好, 在对患者进行脑电图监测时如果在 IED 好发时段前进行监测, 可能有助于捕捉到 IED 的出现[48]。

## 8. 总结与展望

随着科技不断进步, 目前癫痫的确诊仍需要临床症状结合脑电图发作期及发作间期癫痫样放电表现, 但并不是所有患者行脑电图监测时可以及时发现异常表现, 临床工作中仍需要结合每个癫痫患者的具体情况, 合理选用各种检查方法以提高对癫痫患者 IED 检出率, 避免误诊、漏诊率和假阴性率, 从而指导患者临床诊断和治疗, 改善患者日后的生活质量, 减轻疾病给予患者家庭及社会带来的负担。

## 参考文献

- [1] McGraw, C.M., Rao, S., Manjunath, S., Jing, J. and Brandon Westover, M. (2024) Automated Quantification of Periodic Discharges in Human Electroencephalogram. *Biomedical Physics & Engineering Express*, **10**, Article 065003. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ad6c53>
- [2] Kural, M.A., Duez, L., Sejer Hansen, V., Larsson, P.G., Rampp, S., Schulz, R., et al. (2020) Criteria for Defining Interictal Epileptiform Discharges in EEG: A Clinical Validation Study. *Neurology*, **94**, e2139-e2147. <https://doi.org/10.1212/wnl.00000000000009439>
- [3] Chen, H. and Koubeissi, M.Z. (2019) Electroencephalography in Epilepsy Evaluation. *CONTINUUM: Lifelong Learning in Neurology*, **25**, 431-453. <https://doi.org/10.1212/con.0000000000000705>
- [4] Nazish, S., Shariff, E., Zafar, A., Aljaafari, D., Alshamrani, F., Alkhaldi, N.A., et al. (2024) Utility of Various Activation Procedures in Provoking Ictal and Interictal Patterns, during Routine Electroencephalogram (rEEG) Recording. *Annals of African Medicine*, **23**, 688-696. [https://doi.org/10.4103/aam.aam\\_64\\_24](https://doi.org/10.4103/aam.aam_64_24)
- [5] Kashyap, A., Müller, P., Miron, G. and Meisel, C. (2024) Critical Dynamics and Interictal Epileptiform Discharge: A Comparative Analysis with Respect to Tracking Seizure Risk Cycles. *Frontiers in Network Physiology*, **4**, Article 1420217. <https://doi.org/10.3389/fnetp.2024.1420217>
- [6] Pirgit, M.L. and Beniczky, S. (2024) EEG and Semiology in the Elderly: A Systematic Review. *Seizure: European Journal of Epilepsy*, in Press. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2024.09.003>
- [7] Rosenow, F., Klein, K.M. and Hamer, H.M. (2015) Non-Invasive EEG Evaluation in Epilepsy Diagnosis. *Expert Review of Neurotherapeutics*, **15**, 425-444. <https://doi.org/10.1586/14737175.2015.1025382>

- [8] 卢美华. 癫痫诊断与病灶分析中视频脑电图和常规脑电图检查的作用[J]. 中国医疗器械信息, 2024, 30(14): 145-147.
- [9] Faulkner, H.J., Arima, H. and Mohamed, A. (2012) Latency to First Interictal Epileptiform Discharge in Epilepsy with Outpatient Ambulatory EEG. *Clinical Neurophysiology*, **123**, 1732-1735. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2012.01.023>
- [10] Badry, R. (2013) Latency to the First Epileptiform Activity in the EEG of Epileptic Patients. *International Journal of Neuroscience*, **123**, 646-649. <https://doi.org/10.3109/00207454.2013.785543>
- [11] Werhahn, K.J., Hartl, E., Hamann, K., Breimhorst, M. and Noachtar, S. (2015) Latency of Interictal Epileptiform Discharges in Long-Term EEG Recordings in Epilepsy Patients. *Seizure*, **29**, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2015.03.012>
- [12] Theitler, J., Dassa, D., Gelernter, I. and Gandelman-Martón, R. (2016) Is It Time for Individualized Testing in the Electroencephalogram (EEG) Laboratory? *European Journal of Neurology*, **23**, 1477-1481. <https://doi.org/10.1111/ene.13065>
- [13] Lee, C., Lim, S., Lien, F. and Wu, T. (2013) Duration of Electroencephalographic Recordings in Patients with Epilepsy. *Seizure*, **22**, 438-442. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2013.02.016>
- [14] Koc, G., Morkavuk, G., Akkaya, E., Karadas, O., Leventoglu, A., Unay, B., *et al.* (2019) Latencies to First Interictal Epileptiform Discharges in Different Seizure Types during Video-EEG Monitoring. *Seizure*, **69**, 235-240. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2019.05.013>
- [15] Badawy, R., Macdonnell, R., Jackson, G. and Berkovic, S. (2009) The Peri-Ictal State: Cortical Excitability Changes within 24 H of a Seizure. *Brain*, **132**, 1013-1021. <https://doi.org/10.1093/brain/awp017>
- [16] 刘晓燕. 临床脑电图学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 241.
- [17] 刘晨慧, 宿长军. 睡眠障碍与癫痫[J]. 中国临床医生杂志, 2018, 46(2): 134-137.
- [18] Konduru, S.S., Pan, Y., Wallace, E., Pfammatter, J.A., Jones, M.V. and Maganti, R.K. (2021) Sleep Deprivation Exacerbates Seizures and Diminishes GABAergic Tonic Inhibition. *Annals of Neurology*, **90**, 840-844. <https://doi.org/10.1002/ana.26208>
- [19] 朱艳. 癫痫诊断中睡眠剥夺和药物诱导睡眠脑电图的临床价值[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(10): 216-217.
- [20] Navas Sánchez, P., Rodríguez Santos, L., Bauzano Poley, E., Lara Muñoz, J.P. and Barbancho Fernández, M.Á. (2016) Importancia de la privación de sueño como mecanismo activador de paroxismos epileptiformes intercríticos. *Revista de Neurología*, **62**, 289-295. <https://doi.org/10.33588/rn.6207.2015484>
- [21] Ferlisi, M. and Shorvon, S. (2014) Seizure Precipitants (Triggering Factors) in Patients with Epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, **33**, 101-105. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2014.02.019>
- [22] 杨丽. 癫痫诊断中睡眠剥夺和药物诱导睡眠脑电图的临床应用价值探析[J]. 临床研究, 2018, 26(2): 85-87.
- [23] 刘小慧, 卢敏文. 睡眠剥夺在癫痫患儿视频脑电图监测中的应用价值[J]. 智慧健康, 2021, 7(33): 10-12.
- [24] Díaz-Negrillo, A. (2013) Influence of Sleep and Sleep Deprivation on Ictal and Interictal Epileptiform Activity. *Epilepsy Research and Treatment*, **2013**, Article ID: 492524. <https://doi.org/10.1155/2013/492524>
- [25] 李敏, 张建军. 腺苷及其受体与睡眠调节[J]. 中华临床医师杂志(电子版) [J]. 2012, 6(21): 6868-6870.
- [26] 吴艳芝. 血清腺苷酸酶活性与癫痫发作的相关性研究[D]: [博士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2016.
- [27] 陈宇亮, 张亚楠, 张智瑞, 张婷, 李润平. 腺苷在癫痫发病机制中的作用以及腺苷相关癫痫治疗的研究进展[J]. 现代生物医学进展, 2014, 14(26): 5180-5183, 5188.
- [28] 邹冬琴, 柴文, 谢旭芳. 日间睡眠诱发试验在癫痫诊断中的应用[J]. 江西医药, 2017, 52(11): 1172-1173.
- [29] Quadrato, G., Nguyen, T., Macosko, E.Z., Sherwood, J.L., Min Yang, S., Berger, D.R., *et al.* (2017) Cell Diversity and Network Dynamics in Photosensitive Human Brain Organoids. *Nature*, **545**, 48-53. <https://doi.org/10.1038/nature22047>
- [30] 殷全喜. 临床脑电图常用术语[J]. 现代电生理学杂志, 2019, 26(4): 234-248.
- [31] 李德生, 黄旭升, 于生元, 等. 癫痫患者减停抗癫痫药物后发作间期癫痫样放电对复发风险的研究[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2018, 20(5): 508-511.
- [32] 陈蓓蓓, 张文娟, 刘永红. 伴有光敏感性的青少年肌阵挛癫痫的电临床研究[J]. 中风与神经疾病杂志, 2019, 36(11): 1004-1007.
- [33] Panayiotopoulos, C.P. (1974) Effectiveness of Photic Stimulation on Various Eye-States in Photosensitive Epilepsy. *Journal of the Neurological Sciences*, **23**, 165-173. [https://doi.org/10.1016/0022-510x\(74\)90220-2](https://doi.org/10.1016/0022-510x(74)90220-2)
- [34] 施新泽, 许琪. 一种改良的癫痫放电脑电图监测方法[J]. 中国医学科学院学报, 2019, 41(1): 53-56.
- [35] Topalkara, K., Alarcón, G. and Binnie, C.D. (1998) Effects of Flash Frequency and Repetition of Intermittent Photic

- Stimulation on Photoparoxysmal Responses. *Seizure*, **7**, 249-255. [https://doi.org/10.1016/s1059-1311\(98\)80044-7](https://doi.org/10.1016/s1059-1311(98)80044-7)
- [36] Webb, A.J.S., Paolucci, M., Mazzucco, S., Li, L. and Rothwell, P.M. (2020) Confounding of Cerebral Blood Flow Velocity by Blood Pressure during Breath Holding or Hyperventilation in Transient Ischemic Attack or Stroke. *Stroke*, **51**, 468-474. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.119.027829>
- [37] 张文娟, 陈蓓蓓, 沈晨曦, 等. 过度换气在局灶性癫痫患者中临床及电生理研究[J]. 神经损伤与功能重建, 2019, 14(10): 527-528, 540.
- [38] 王字举. 失神发作相关的特发性全面性癫痫综合征临床分析[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [39] 金晓青, 孙宏斌, 莫文胜. 脑电图检查中过度换气诱发试验对癫痫诊断的影响[J]. 中国实验诊断学, 2012, 16(9): 1667-1668.
- [40] Sankaraneni, R. and Lachhwani, D. (2015) Antiepileptic Drugs—A Review. *Pediatric Annals*, **44**, e36-e42. <https://doi.org/10.3928/00904481-20150203-10>
- [41] Tassinari, C.A., Cincotta, M., Zaccara, G. and Michelucci, R. (2003) Transcranial Magnetic Stimulation and Epilepsy. *Clinical Neurophysiology*, **114**, 777-798. [https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(03\)00004-x](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(03)00004-x)
- [42] Ziemann, U. (2013) Pharmac-Transcranial Magnetic Stimulation Studies of Motor Excitability. *Handbook of Clinical Neurology*, **116**, 387-397. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53497-2.00032-2>
- [43] Ziemann, U. (2004) TMS and Drugs. *Clinical Neurophysiology*, **115**, 1717-1729. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.03.006>
- [44] 叶健. 抗精神病药物对癫痫性精神病患者脑电图癫痫样放电的影响[J]. 海峡药学, 2019, 31(9): 143-145.
- [45] 罗迟宝, 徐小萌, 王皓. 左乙拉西坦与奥卡西平治疗儿童癫痫的效果[J]. 中国城乡企业卫生, 2024, 39(9): 28-30.
- [46] Shiozaki, K. and Kajihara, S. (2018) Anti-Epileptic Drugs Improved Serial 7s Scores on the Mini-Mental State Examination in Elderly with Cognitive Impairment and Epileptiform Discharge on Electroencephalography. *Psychogeriatrics*, **19**, 38-45. <https://doi.org/10.1111/psyg.12362>
- [47] Tan, J., Wilder-Smith, E., Lim, E.C.H. and Ong, B.K.C. (2005) Frequency of Provocative Factors in Epileptic Patients Admitted for Seizures: A Prospective Study in Singapore. *Seizure*, **14**, 464-469. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2005.07.010>
- [48] 李荣姬. 局灶性癫痫发作的生物节律[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西医科大学, 2022.