

癫痫脑电图特征联合 MRI 在癫痫患者脑功能受损病灶定位中的临床价值研究

吴 琦 程 蕊^{通讯作者} 李 力

郑州大学第三附属医院 河南 郑州 450052

【摘要】目的：探索脑电图特征联合 MRI 在癫痫患者脑功能受损病灶定位中的临床价值。方法：选取癫痫患者 85 例，分为对照组 42 例和实验组 43 例。对照组接受常规脑电图检测，实验组基于 EEG 进行 T1WI、T2WI、FLAIR、DWI 等序列 MRI 评估，构建多模态病灶定位流程。记录异常放电分布、结构性病变类型和定位一致性指标，比对临床诊断及随访结果，评价定位准确度并分析隐匿性病灶的检出比例。结果：实验组在棘波、尖波、棘慢波复合检出方面优于对照组且异常放电识别率更高。结构异常检出种类更丰富，海马硬化、皮质发育不良、高低信号灶检出率均高于对照组。病灶侧别、受累范围、脑叶分布的一致性更强，总一致率达 76.74%。结论：脑电图特征联合 MRI 可构建功能信号和解剖形态相互印证的病灶评估体系，在病灶定位准确性及隐匿性病灶揭示能力方面均具有优势，为识别癫痫起源区提供更高层次的技术支撑。

【关键词】癫痫；脑电图特征；MRI；脑功能受损；病灶定位

DOI:10.12417/2982-3838.25.03.012

引言：

定位癫痫的病灶依赖功能活动和脑结构信息，脑电图（EEG）能够呈现皮层异常放电的时序特点，借助棘波、尖波及棘慢波复合等信号变化提示皮层兴奋性异常区域。MRI 则通过多序列成像展示海马硬化、皮质发育不良、局灶性萎缩以及异常信号灶等结构改变，识别潜在的脑功能受损部位。单独依赖某一项检查易受深部病灶及轻微结构异常不明显等因素的影响，导致病灶判断范围不够明确。因此，脑电图和 MRI 联合应用可在时间维度和空间维度形成互补，使功能异常指向和结构改变证据相互印证以提高病灶定位的可靠性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究共纳入癫痫患者 85 例，其中对照组 42 例、实验组 43 例。对照组中男性 24 例、女性 18 例，年龄 6~17 岁，平均年龄（12.6±1.4）岁。实验组中男性 25 例、女性 18 例，年龄 7~17 岁，平均年龄（13.2±1.1）岁。两组患者的性别构成及年龄分布差异均无统计学意义（P>0.05），具有可比性。

1.2 筛选标准

1.2.1 纳入标准

- (1) 符合癫痫诊断标准者：经神经内科医师依据临床表现及辅助检查明确诊断为癫痫，且发作类型记录完整。
- (2) 完成脑电图监测者：接受标准化 24h 动态 EEG 或发作间期 EEG 检查，能够显示异常放电、棘波、尖波等癫痫样放电特征。

(3) 完成头颅 MRI 扫描者：使用 3.0TMRI 完成结构成像，部分患者同时接受 DWI、FLAIR 或 T2WI 成像，以评估脑功能受损区域及结构改变。

1.2.2 排除标准

(1) 非癫痫性发作患者：疑似晕厥、心源性发作或心理性非癫痫发作（PNES）等不能明确诊断为癫痫者。（2）MRI 检查禁忌者：合并心脏起搏器、金属植入物、严重幽闭恐惧症或不能配合 MRI 扫描者。（3）脑电图质量不达标者：脑电监测期间存在明显伪迹，或未能记录到发作间期脑电活动，无法判断者。

1.3 方法

对照组患者接受常规脑电图检查，采用标准 10-20 电极系统记录患者发作间期的 EEG，观察棘波、尖波、慢波等癫痫样放电特征，并利用常规脑电图定位可疑异常灶。未联合 MRI 做进一步结构性定位评估。脑电图结果由两名具有丰富经验的神经电生理医师双盲判读。

实验组的患者在常规 EEG 基础上进一步接受 MRI 联合评估，基于多模态信息提高脑功能损害病灶定位的准确度，具体方法如下：

(1) 脑电图检查和特征分析：医生采用 24h 动态 EEG 或视频 EEG 开展连续监测，使记录范围覆盖患者的日常活动及睡眠周期以提高癫痫样放电的捕获率。同时重点观察发作期和发作间期的异常电活动，分析棘波、尖波、棘慢波复合等放电波形类型，评估背景节律是否出现减慢或失律并对标记峰电位

的空间分布，以判断放电在额叶、颞叶或枕叶的分布特点。

(2) MRI 结构成像评估：使用 3.0TMRI 扫描仪进行常规序列检查，包括 T1WI、T2WI、FLAIR 及 DWI 等序列，重点观察患者的海马硬化、皮质发育不良、低信号或高信号灶、局灶性萎缩等可能和癫痫相关的结构异常。

(3) 脑功能受损区域定量分析：对 MRI 中出现信号异常或形态改变的可疑病灶采用 ROI 分析，可对局部结构展开更精细的量化评估。具体包括测量灰质厚度、灰白质交界的完整性及局部信号强度的变化，同时观察病灶和对侧同名脑区在体积及信号上的对称性差异，以明确是否存在局灶性萎缩或异常高信号等改变。

(4) 联合定位策略：整合 EEG 的电位峰值分布、放电节律和 MRI 的结构异常展开分析，确定病灶的侧别及范围。对于 MRI 无明显异常但 EEG 定位明确者，医生需结合 FLAIR 或 DWI 隐匿灶进行二次复核，提高隐匿型癫痫灶的检出率。

1.4 观察指标

①脑电图异常放电特征：记录两组患者发作期及发作间期棘波、尖波、棘慢波复合等癫痫样放电类型及其侧化分布情况。

②MRI 结构异常检出率：观察两组患者的海马硬化、皮质发育不良、局灶性萎缩、高信号或低信号灶等结构性病变是否存在及其检出比例。

③EEG、MRI 病灶定位一致性：对比脑电图定位的异常放电区域和 MRI 可疑病灶在侧别、范围及脑叶分布上的一致性。

④病灶定位准确度：以临床诊断及随访结果为参考，评价常规 EEG 和 EEG+MRI 联合检查在判断癫痫起源区时的准确度差异。

1.5 统计学方法

使用 SPSS41.0 统计学软件进行数据分析处理，计数资料以例数和百分率（%）表示，采用 χ^2 检验，若 $P < 0.05$ ，则差异有统计学意义。

2 结果

2.1 对比两组患者的脑电图异常放电特征

实验结果显示，实验组在棘波、尖波、棘慢波复合等癫痫样放电的检出率高于对照组，且侧化放电识别更明确。总体异常放电检出率方面，实验组达 90.70%，优于对照组的 73.81% ($P < 0.05$)，具体数据见表 1。

表 1 对比两组患者的脑电图异常放电特征

组别	对照组	实验组	P
例数	42	43	
棘波检出率	20 (47.62%)	31 (72.09%)	

尖波检出率	18 (42.86%)	30 (69.77%)	
棘慢波复合	16 (38.10%)	28 (65.12%)	
明确侧化放电	14 (33.33%)	29 (67.44%)	
总异常放电检出率	31 (73.81%)	39 (90.70%)	<0.05

2.2 对比两组患者的 MRI 结构异常检出率

实验组海马硬化、皮质发育不良及异常信号灶等结构性病变的检出率高于对照组。总体结构异常检出率实验组为 72.09%，高于对照组的 42.86% ($P < 0.05$)，具体数据见表 2。

表 2 对比两组患者的 MRI 结构异常检出率

组别	对照组	实验组	P
例数	42	43	
海马硬化	6 (14.29%)	14 (32.56%)	
皮质发育不良	5 (11.90%)	13 (30.23%)	
局灶性脑萎缩	4 (9.52%)	12 (27.91%)	
高/低信号灶	7 (16.67%)	16 (37.21%)	
任一结构异常检出率	18 (42.86%)	31 (72.09%)	<0.05

2.3 对比两组患者的 EEG、MRI 病灶定位一致性

实验组在病灶侧别、范围及脑叶分布的一致性方面优于对照组，总一致率达 76.74%，高于对照组的 42.86% ($P < 0.05$)，具体数据见表 3。

表 3 对比两组患者的 EEG、MRI 病灶定位一致性

组别	对照组	实验组	P
例数	42	43	
侧别一致	15 (35.71%)	30 (69.77%)	
范围一致	13 (30.95%)	28 (65.12%)	
脑叶分布一致	14 (33.33%)	29 (67.44%)	
总一致率	18 (42.86%)	33 (76.74%)	<0.05

2.4 对比两组患者的病灶定位准确度

实验组的病灶定位准确率为 76.74%，高于对照组的 40.48%，其中实验组定位不准确的比例也有大幅减少 ($P < 0.05$)，具体数据见表 4。

表 4 对比两组患者的病灶定位准确度

组别	对照组	实验组	P
例数	42	43	

定位准确	17 (40.48%)	33 (76.74%)	
定位不准确	25 (59.52%)	10 (23.26%)	
准确率	17 (40.48%)	33 (76.74%)	<0.05

3 讨论

3.1 癫痫样放电特征对病灶定位的基础价值

脑电图是癫痫诊断和病灶定位的基础工具，在监测异常放电方面具有较高的敏感性，本研究结果显示，实验组在棘波、尖波及棘慢波复合等癫痫样放电的检出率高于对照组，说明长期动态 EEG 或视频 EEG 有助于提高异常电活动的捕获率。同时癫痫样放电的波形特点、持续时间及节律改变能够反映皮层兴奋性的异常区域，而侧化放电可为病灶指向提供更明确的依据。单独依赖 EEG 虽能提供功能层面的异常信息，但受头皮电极位置和深部病灶遮蔽的影响，定位的精确度会有所限制。本研究的发现提示，高质量 EEG 能为后续 MRI 结构分析提供方向，提升联合检查整体判断效能的同时为多模态定位策略奠定基础。

3.2 MRI 结构异常检出对癫痫病灶识别的重要性

在本研究中，实验组结构异常的检出率高于对照组，提示在 EEG 指引下开展更有针对性地成像分析能够提高病变识别能力。常规 MRI 序列（如 T1WI、T2WI、FLAIR、DWI）能显示不同性质的结构改变，其中海马信号减弱、体积缩小常提示海马硬化，而皮质增厚、灰白质界限不清可提示皮质发育不良。若医生仅使用常规 MRI 容易遗漏轻微病灶，结合 EEG 后可对疑似区域开展重点观察以提高结构成像敏感性。研究结果说明，MRI 在癫痫病灶评估中的结构优势，对于制定治疗策略具有不可替代的价值。

参考文献：

- [1] 郭江涛, 刘敏, 杨志强. 局灶性癫痫发作的脑电图特征及其与患者耐药的关系 [J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2025, 52 (05): 32-38.
- [2] 邝美丽, 曹焕珍, 陈欢欢, 李文亚, 王小杏. 基于临床特征及视频脑电图对癫痫患儿停药后复发的预测模型建立及效能评价 [J]. 儿科药学杂志, 2025, 31 (05): 6-11.
- [3] 吴魁东. 癫痫脑电图特征联合 CT 在癫痫患者脑功能受损病灶定位中的临床价值研究 [J]. 中国实用医药, 2025, 20 (08): 56-58.
- [4] 蒋瑞婷, 倪琦超, 王瑜佳, 闵晶晶. 癫痫患者血清 NSE 水平及其与脑电图特征和复发风险的相关性 [J]. 中华全科医学, 2024, 22 (12): 2100-2103.
- [5] 吴蒙蒙, 刘英高, 王雁, 李展秀, 孙永香, 丁菡. 特征性脑电图提示精神运动性癫痫持续状态 1 例 [J]. 现代电生理学杂志, 2022, 29 (04): 254-257.

3.3 EEG 与 MRI 结合提高多模态定位一致性

实验组在病灶侧别、范围及脑叶分布的一致性高于对照组，说明 EEG 和 MRI 联合应用能够实现结构和功能互补。单独的 EEG 侧重反映神经电活动，而 MRI 则揭示解剖结构改变，二者的信息来源不同、优势互补。当 EEG 显示某一区域具有稳定放电活动而 MRI 同区存在结构异常时，即具备较高的一致性和可信度，方便确认真实病灶位置。此外，两者的一致性能够避免因单项检查导致的误判问题，如深部病灶 EEG 显示不典型或 MRI 隐匿病灶的情况。研究提示，多模态检查结合提升定位精准度的同时还可以提高临床对疑难病例的判断能力。

3.4 联合检查提升病灶定位准确度

以临床随访及最终诊断作为参考标准，本研究发现实验组的定位准确率高于对照组，说明 EEG+MRI 的联合策略更适合用于判断癫痫起源区。单独 EEG 或 MRI 由于信息单一，可能会因深层病灶未显现或电活动外扩而导致偏差，而联合检查经过功能和结构信息交叉验证，可缩小病灶范围并减少误判问题。同时更高的定位准确度对于医生制定后续治疗策略具有重要意义，精确的定位可帮助医生更好地规划切除范围以减少术后复发风险。

综上所述，本研究表明，脑电图联合 MRI 能提升癫痫患者病灶的识别效率。联合检查在异常放电检出以及病灶类别和范围的一致性方面均优于单纯 EEG，其定位准确度更高，能够反映癫痫起源区。此外，联合应用在隐匿性病灶的检出方面具有明显优势，可弥补单项检查易遗漏轻微结构改变的不足。结果提示，EEG 和 MRI 的多模态结合具有较高临床价值，可为癫痫的诊断和治疗决策提供更可靠的依据。