

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2019.12.1378

• 短篇论著 •

多模态癫痫评估体系在局灶性脑发育不良相关癫痫中的应用

吴海洋, 史哲, 沈云娟, 史雪峰, 兰正波, 韩彦明, 张新定*

兰州大学第二医院神经外科, 神经外科实验室, 兰州大学神经病学研究所, 兰州 730000

[摘要] **目的** 提出多模态癫痫评估体系, 并应用此体系指导局灶性脑发育不良(FCD)癫痫发作患者的手术治疗, 探讨其对改善FCD癫痫发作患者手术预后的价值。**方法** 选择2016年10月至2018年11月在兰州大学第二医院行手术治疗、术后病理证实为FCD的癫痫发作患者22例, 所有患者在围手术期均采用多模态癫痫评估体系进行评估, 评估手段包括发作症状学评估、结构影像学检查、长程头皮视频脑电图监测、正电子发射计算机断层显像、影像融合分析、磁共振成像(MRI)。采用Engel疗效分级系统判断预后, Engel I级为癫痫控制效果良好, Engel II~IV级为控制不佳。用Fisher确切概率法分析性别、年龄、病理分型、MRI检查、病灶位置、病程和脑电图-症状-解剖学定位一致性等对患者预后的影响。**结果** 22例患者(男13例, 女9例)均行手术切除病灶, 随访4~28个月, Engel I级18例、II级2例、III级1例、IV级1例, 控制良好率为81.8%(18/22)。Fisher确切概率法统计分析显示, 病程、脑电图-症状-解剖学定位一致性是FCD癫痫发作患者手术疗效的影响因素($P=0.045, 0.005$), 而年龄、病灶位置、性别、病理分型、MRI检查结果对预后无明显影响(P 均 >0.05)。**结论** 多模态癫痫评估体系可以更准确地定位FCD癫痫发作患者的致痫灶, 为癫痫外科手术治疗提供了科学依据, 是一种全面准确的致痫灶评估方法。

[关键词] 局灶性脑发育不良; 多模态癫痫评估体系; 难治性癫痫; 预后

[中图分类号] R 742.1

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2019)12-1378-06

Application of multimodal epilepsy assessment system in focal cortical dysplasia-related epilepsy

WU Hai-yang, SHI Zhe, SHEN Yun-juan, SHI Xue-feng, LAN Zheng-bo, HAN Yan-ming, ZHANG Xin-ding*

Department of Neurosurgery, Laboratory of Neurosurgery, Institute of Neurology, Second Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China

[Abstract] **Objective** To propose a multimodal epilepsy assessment system to guide the surgical treatment of patients with focal cortical dysplasia (FCD)-related epilepsy, and to explore its significance in improving the prognosis of patients with FCD-related epilepsy. **Methods** Twenty-two epilepsy patients with FCD confirmed by postoperative pathology, who underwent surgical treatment at Second Hospital of Lanzhou University from Oct. 2016 to Nov. 2018, were enrolled. All patients were evaluated by multimodal epilepsy assessment system during the perioperative period. The assessment techniques included onset symptom assessment, structural imaging, long-term scalp video electroencephalogram monitoring, positron emission tomography-computed tomography, image fusion analysis, and magnetic resonance imaging (MRI). Engel efficacy grading system was used to assess the prognosis. Engel I grade was defined as good control for epilepsy and Engel II to IV as poor control. Fisher exact test was used to explore the influences of gender, age, pathological type, MRI examination, lesion location, duration of disease, and electroencephalogram-clinical characteristic-anatomical localization consistency on the prognosis of patients. **Results** Twenty-two patients (13 males and 9 females) underwent surgical resection of the lesions, and were followed up for 4 to 28 months. There were 18 cases of Engel I grade, 2 cases of Engel II grade, 1 case of Engel III grade, and 1 case of Engel IV grade, with the good control rate being 81.8% (18/22). Fisher exact test analysis showed that disease duration and electroencephalogram-clinical characteristic-anatomical localization consistency were independent factors of efficacy of FCD-related epilepsy ($P=0.045$ and 0.005). While age, lesion location, gender, pathological type and MRI findings had no significant effect on prognosis (all $P>0.05$). **Conclusion** The multimodal epilepsy assessment system can more accurately locate epileptogenic foci of patients with FCD-related epilepsy, providing a theoretical basis for epilepsy surgery. It is a comprehensive and accurate assessment method for epileptogenic foci.

[收稿日期] 2019-06-19 **[接受日期]** 2019-11-01

[基金项目] 兰州大学第二医院萃英科技创新项目(CY2018-BJ12)。Supported by Cuiying Technology Innovation Program of Second Hospital of Lanzhou University (CY2018-BJ12).

[作者简介] 吴海洋, 硕士, 住院医师。E-mail: 1072086257@qq.com

*通信作者(Corresponding author)。Tel: 0931-8943704, E-mail: zhangxinding@126.com

[Key words] focal cortical dysplasia; multimodal epilepsy assessment system; refractory epilepsy; prognosis

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2019, 40(12): 1378-1383]

在脑皮质发育不良导致的难治性癫痫中, 绝大多数是局灶性脑发育不良 (focal cortical dysplasia, FCD)。既往研究认为异常脑皮质和解剖结构的完整切除是癫痫发作长期缓解的最重要因素, 但是尽可能完全切除病灶则可能会扩大手术切除范围, 不可避免导致神经功能缺损。定位准确是癫痫发作缓解和减少手术并发症的先决条件, 但是它仍然极具挑战, 特别是对于磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 阴性即 MRI 未检出病灶的癫痫患者。多种辅助检查技术结合的多模态评估手段, 包括神经心理学测试和症状学评估、不同序列的 MRI、脑电图、正电子发射计算机断层显像 (positron emission tomography-computed tomography, PET-CT)、发作期和发作间期单光子发射计算机断层成像等, 可增强识别致痫皮质的能力、提高定位致痫灶的准确性, 有助于临床医师更好地把握手术指征, 最大限度地实现术后无发作及减少神经功能和神经心理学缺损^[1]。

基于目前国内外对 FCD 的研究现状, 我们提出了多模态癫痫评估体系, 即在整个围手术期采用多学科讨论、多种影像学方法、多种评估方法建立多学科讨论平台, 就患者的发作症状特征和各项检查结果进行讨论以指导治疗。本研究回顾性分析了在我院行手术治疗并且术后病理证实为 FCD 患者的资料, 为 FCD 患者的评估提供参考。

1 资料和方法

1.1 一般资料 纳入 2016 年 10 月至 2018 年 11 月在兰州大学第二医院功能神经外科接受手术治疗的 FCD 癫痫发作患者。纳入标准: (1) 癫痫发作符合国际抗癫痫联盟 2014 年确定的诊断标准^[2];

(2) 术后病理活组织检查证实为 FCD (根据国际抗癫痫联盟 2011 版^[3]进行诊断及分类); (3) 采用多模态癫痫评估体系评估; (4) 患者临床随访资料完整。本研究通过兰州大学第二医院医学伦理委员会审批 (2019A-177)。

1.2 评估方法 多模态癫痫评估体系包括一期评估和二期评估。

一期评估为非侵袭性评估。所有患者均进行多

模态评估即病例资料讨论、影像学检查并结合多种脑电监测技术共同辅助定位。由功能神经外科、癫痫科、病理科、神经电生理室、核磁共振科、核医学科、小儿神经科组成多学科讨论平台, 分析患者的病史、临床症状及电生理、代谢影像学、功能影像学检查结果, 定位致痫灶的侧别和脑区, 初步确定癫痫发作起始区和传播网络的大体信息。评估手段包括发作症状学评估、结构影像学检查、长程头皮视频脑电图监测、PET-CT、影像融合分析、功能 MRI。

二期评估: 对于一期评估不能定侧、定位或电生理-临床-解剖一致性证据不足的患者, 需要进行术前颅内脑电图监测。植入电极的数量及位置均通过多学科讨论平台讨论后确定。手术患者在评估过程中共接受 2 次多学科讨论。第 1 次讨论确定治疗方案, 如可进行颅内电极植入, 则进入下一步评估。第 2 次讨论主要就患者的立体定向脑电图 (stereoelectroencephalography, SEEG) 特点及发作症状学进行讨论, 确定手术方案。术前颅内脑电图监测包括 SEEG、皮质脑电图、中央沟定位等。二期评估中根据颅内电极植入行脑电图监测, 由此确定癫痫异常放电的起始、传播、终止区域, 构建癫痫网络, 推测致痫区。

1.3 手术策略 主要手术方式包括单纯病灶切除术、病灶切除+皮质下横行纤维离断术、颞叶前部+海马切除术、颞叶内侧+海马切除术。具体病例在多模态分析后选择合适的手术方式, 根据病灶位置及其与功能区关系选择单纯病灶切除术或切断异常放电传播途径如皮质下横行纤维离断术或颞叶+海马切除术。病灶切除术后反复行皮质脑电图监测, 以确定是否仍存在异常放电。

1.4 病理分型 手术切除的组织常规送我院病理科进行分析, FCD 分型依据国际抗癫痫联盟发布的新分类^[3]分为 I、II、III 3 型。

1.5 预后及随访 通过电话或门诊复查的形式对所有患者进行随访, 记录患者的病灶位置、影像学检查结果、病理分型、脑电图检查结果、并发症等资料。以最后 1 次随访结果为最终结果。患者癫痫控制效果的评价采用 Engel 疗效分级系统^[4], Engel I 级为癫痫控制效果良好, Engel II~IV 级

为控制不佳。

1.6 统计学处理 应用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示; 计数资料以例数和百分数表示, 组间比较采用 Fisher 确切概率法。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 一般资料 22 例癫痫患者的临床资料见表 1。男 13 例、女 9 例, 手术年龄为 6~48 岁, 平均(22.6±10.14) 岁, 病程为 0.02~23 年, 平均(9.56±7.89) 年。FCD I 型 7 例, II 型 5 例, III 型 10 例。4 例

患者未口服过抗癫痫药物, 1 例服用 1 种抗癫痫药物, 其余均服用 2 种及以上抗癫痫药物。1 例患者出现颅内感染, 经对症治疗后恢复; 1 例患者病灶确定在左枕叶, 在充分征求患者家属意愿基础上进行手术切除左侧枕叶, 患者术后视力为仅有光感; 1 例患者术后脑肿胀明显, 行去骨瓣减压术, 预后尚可; 无死亡及其他持久性神经功能缺损患者。随访时间为 4~28 个月, 平均(16.36±9.03) 个月。Engel I 级 18 例、II 级 2 例、III 级 1 例、IV 级 1 例, 控制良好率为 81.8% (18/22)。

表 1 22 例局灶性脑发育不良患者的临床资料

编号	性别	手术年龄(岁)	病程(年)	服药种类	发作类型 ^a	先兆	评估手段	电极植入根数	病理分型	随访时间 t/月	Engel 分级
1	女	48	12	3	进展型	无	5	8	III	16	III
2	男	28	8	4	强直性	恐惧感	5	8	II	17	I
3	男	28	13	2	自动症	无	4	6	III	23	I
4	男	14	10	3	阵挛性	凝视	5	8	I	7	I
5	女	22	21	3	阵挛性	无	5	7	III	5	I
6	男	28	18	2	强直性	视物模糊	4	6	I	27	I
7	女	6	1	1	强直性	恐惧感	4	7	I	26	I
8	女	15	1	0	失张力性	无	3	0	III	8	I
9	男	35	18	2	认知性	无	3	0	III	8	I
10	男	21	20	3	进展型	无	6	9	I	25	II
11	女	22	9	4	进展型	恐惧感	6	7	I	21	I
12	男	22	17	2	进展型	无	5	7	II	28	I
13	男	34	16	2	进展型	无	4	4	I	26	IV
14	男	16	0.3	2	进展型	无	3	0	II	28	I
15	女	13	3	2	进展型	头晕恶心	4	8	II	12	I
16	男	30	23	4	失张力性	心慌紧张	4	7	III	19	I
17	女	30	11	2	进展型	无	4	6	II	27	II
18	男	7	0.02	0	肌阵挛性	无	3	0	III	5	I
19	女	30	8	3	进展型	无	3	0	III	8	I
20	男	16	0.08	0	阵挛性	无	4	0	III	16	I
21	女	10	0.67	0	阵挛性	无	6	8	I	4	I
22	男	25	0.17	2	感觉性	无	5	5	III	4	I

^a: 进展型定义为局灶性进展为双侧强直阵挛性癫痫发作

2.2 症状学评估结果 按照 2017 年国际抗癫痫联盟癫痫分类系统, 22 例患者均为局灶性起源发作, 其中 1 例为自动症, 1 例为感觉性发作, 1 例为认知性发作, 2 例为失张力性发作, 4 例为阵挛性发作, 1 例为肌阵挛性发作, 3 例为强直性发作, 9 例为进展型(由局灶性进展为双侧强直阵挛性癫痫发作)。

2.3 MRI 检查结果 14 例患者存在 MRI 异常表现, 主要表现为灰白质界限模糊, 以及 T2 加权成像和液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR) 序列皮质下高信号, 脑沟增宽、形态异常, 脑萎缩, 海马异常。

2.4 PET-CT 检查结果 12 例患者在发作间期行

PET-CT 检查, 均有异常表现。10 例患者存在低代谢区域, 其中额叶 1 例, 颞叶 4 例, 顶叶 1 例, 涉及多脑叶者 4 例; 2 例发现高代谢区域, 其中 1 例位于枕叶, 1 例位于颞叶。

2.5 影像融合分析结果 使用 Matlab 软件进行 MRI 和 PET-CT 数据融合, 12 例行 PET-CT 检查的患者均成功融合。4 例 MRI 阴性患者进行图像融合后, PET/MRI 检出了单独使用 PET-CT 未检出的其他代谢减低区域。

2.6 长程头皮视频脑电图检查结果 全部患者入院后均行长程头皮视频脑电图监测, 监测时间为 1~5 d。12 例患者在监测过程中发生惯常发作。4 例患者发作间期脑电图正常, 其中 2 例在监测过程中出现发作, 脑电图异常以棘-慢波为主; 其余 18 例患者发作间期脑电图均显示癫痫样放电, 其中 6 例为局灶性放电, 主要表现为慢波、多棘-慢波。

2.7 SEEG 检查结果 16 例患者行 SEEG 检查。共植入电极 111 根, 平均 (6.9 ± 1.3) 根。颅内电极植入后患者均未出现颅内感染与出血、脑脊液漏、电极断裂等并发症。

2.8 皮质脑电图检查结果和致痫灶定位 22 例患者均行术中短程皮质脑电图监测, 结果显示致痫灶位于颞叶 14 例, 额叶 3 例, 顶叶 1 例, 枕叶 3 例, 多脑叶 1 例。22 例患者均在结合解剖结构、术中皮质脑电图确认致痫灶位置后行手术治疗。单纯致痫灶切除术 9 例, 病灶切除+皮质下横行纤维离断术 2 例, 颞叶前部+海马切除术 4 例, 颞叶内侧+海马切除术 7 例。

2.9 影响 FCD 预后的危险因素分析 分析不同临床特征患者预后情况, 结果显示 11 例病程 < 10 年的患者均预后良好, 优于病程 ≥ 10 年的患者 (7/11); 15 例脑电图-症状-解剖学定位一致的患者均预后良好, 亦优于三者定位不一致的患者 (3/7), 差异均有统计学意义 (Fisher 确切概率法, $P=0.045$ 、 0.005)。而不同性别 (男女分别为 11/13、7/9)、年龄 (年龄 ≤ 18 岁、 > 18 岁分别为 8/8、10/14)、病理分型 [单纯型 (I 型和 II 型) 和结合型 (III 型) 分别为 9/12、9/10]、MRI 检查结果 (MRI 阳性和阴性分别为 12/14 和 6/8)、致痫灶位置 (颞叶和颞叶外分别为 10/14 和 8/8)

的患者, 预后良好率差异均无统计学意义 (Fisher 确切概率法, $P=0.550$ 、 0.137 、 0.368 、 0.465 、 0.137)。

3 讨论

3.1 手术治疗 FCD 所致癫痫可发生在任何年龄段, 尤其常见于儿童期^[5]。在一项多中心队列研究中发现, FCD 在男性中的比例更高 (73%)^[6]。本研究中, 男性患者占比 59.1% (13/22), 与既往研究一致。FCD 是儿童癫痫手术最常见的病理类型, 也是成人癫痫手术第三大病因^[7]。尽管癫痫外科手术的成功率已达到 40%~90%^[8], 但是在 FCD 的治疗上, 患者手术成功率不一。本研究中, Engel I 级 18 例、II 级 2 例、III 级 1 例、IV 级 1 例, 术后癫痫控制良好率为 81.8% (18/22); 如果根据既往文献将 Engel I 级和 Engel II 级归为预后良好, 那么良好率高达 90.9% (20/22)。

绝大多数研究认为, 手术切除异常脑皮质是治疗 FCD 所致癫痫的有效手段^[9-10]。为了在术前提供有价值、有针对性的评估手段, 很多研究提出了影响预后的相关因素。手术年龄对预后的影响目前尚存争议^[11]。一项 meta 分析发现患者手术年龄并不影响术后癫痫控制效果^[12]。本组病例中也发现手术年龄与预后没有明显关系 ($P=0.137$)。但也有研究认为早期手术可以改善患者的认知功能和生活质量^[13]。因此, 我们也建议 FCD 所致癫痫患者如无手术禁忌证, 可尽早进行手术。另外本研究显示病程与预后有关。早期癫痫发作容易导致异常组织范围的扩大, 而癫痫发作病程较短时不易产生异常组织范围的扩大, 基本上能够完整切除病灶^[14]。

还有研究表明预后主要取决于组织学结果, 即 FCD I 型患者预后比 FCD II 型更好^[15]。在 2011 年国际抗癫痫联盟对其分型进行重新定义后, 有研究得出 FCD 分型与预后没有关系的结论^[16]。本研究也未发现病理分型与预后有关 ($P=0.368$)。

既往研究认为 MRI 阳性患者预后更好^[17]。但是本研究中 MRI 上是否有病灶与预后没有明显相关性, 可能原因是多模态评估弥补了单一结构影像学检查的不足, 使手术完全切除病灶的可能性增大。

即使 FCD 患者 MRI 图像中病灶被完整切除, 但患者的手术治疗效果并不及其他病理学类型如海

马硬化的手术成功率高,可能是因为致痫灶会延伸到病灶边界外^[18]。为了避免单纯手术切除 MRI 病灶后仍有癫痫发作,我们对患者进行了 SEEG 监测,排除阳性病灶周围存在异常放电的情况。

3.2 多模态评估 对难治性癫痫患者手术评估的主要目的是确定致痫区的解剖-脑电图-临床症状关系,评估致痫灶与重要功能区之间的关系,从而指导手术策略。联合使用包括 MRI、视频脑电图、电生理技术及皮质脑电图等手段可以更准确地定位致痫灶,有助于改善患者预后^[19-20]。当癫痫灶定位不确定时,PET-CT、单光子发射计算机断层成像、功能 MRI 等其他技术可以显著改善常规检查定位的准确性。

每种辅助检查技术在其各自的应用中都具有固有的弱点,因此可以通过将各项数据资料结合以克服系统误差。本研究根据 FCD 患者的个体情况,将各项检查技术综合应用于评估体系。需要指出的是,本研究中评估体系是由多学科讨论平台讨论决定的,不是各种检查技术的简单叠加。在本组病例中,除了 MRI 和脑电图是常规检查外,11 例患者另加 1 项其他检查,11 例另加 2 种或 2 种以上其他检查。

在合理慎重应用各项评估方法的基础上,多模态评估可以改善 FCD 患者的预后。多模态评估方法通过累积数据增强定侧、定位能力,如果各项数据一致,将更加证实定位致痫灶的准确性,可以直接进行手术。因此,这种方法可以减少手术暴露的程度,并且在某些情况下,甚至可以放弃有创监测^[21]。本研究也对脑电图-症状-解剖学定位一致性进行了分析,发现脑电图、症状、MRI 及其他评估手段均指向同一病灶时,患者的预后往往较好。本组病例中,16 例患者在无创检查基础上不能定位病灶,最后经讨论决定行 SEEG 检查,但均未发生出血、感染等并发症,也证明了有创检查 SEEG 的安全性尚可^[22]。

综上所述,基于症状学、结构代谢影像学、电生理技术等多模态癫痫评估体系为癫痫外科手术提供了科学依据,有助于改善患者预后;多模态、多参数评估可以相互补充,取长补短,在定位致痫灶及认识构建癫痫传播网络中为我们提供了一种新方法。多模态评估存在耗时长、经济投入大等缺点,

但就患者长期多模态评估经济投入与受益的比例来说,患者获益可能更大,这也需要多中心大宗数据进一步验证。

[参 考 文 献]

- [1] FAUSER S, ZENTNER J. Management of cortical dysplasia in epilepsy[J]. *Adv Tech Stand Neurosurg*, 2012, 38: 137-163.
- [2] FISHER R S, ACEVEDO C, ARZIMANOGLU A, BOGACZ A, CROSS J H, ELGER C E, et al. ILAE official report: a practical clinical definition of epilepsy[J]. *Epilepsia*, 2014, 55: 475-482.
- [3] BLÜMCKE I, THOM M, ARONICA E, ARMSTRONG D D, VINTERS H V, PALMINI A, et al. The clinicopathologic spectrum of focal cortical dysplasias: a consensus classification proposed by an *ad hoc* Task Force of the ILAE Diagnostic Methods Commission[J]. *Epilepsia*, 2011, 52: 158-174.
- [4] KRSEK P, MATON B, JAYAKAR P, DEAN P, KORMAN B, REY G, et al. Incomplete resection of focal cortical dysplasia is the main predictor of poor postsurgical outcome[J]. *Neurology*, 2009, 72: 217-223.
- [5] LERNER J T, SALAMON N, HAUPTMAN J S, VELASCO T R, HEMB M, WU J Y, et al. Assessment and surgical outcomes for mild type I and severe type II cortical dysplasia: a critical review and the UCLA experience[J]. *Epilepsia*, 2009, 50: 1310-1335.
- [6] ORTIZ-GONZÁLEZ X R, PODURI A, ROBERTS C M, SULLIVAN J E, MARSH E D, PORTER B E. Focal cortical dysplasia is more common in boys than in girls[J]. *Epilepsy Behav*, 2013, 27: 121-123.
- [7] HAUPTMAN J S, MATHERN G W. Surgical treatment of epilepsy associated with cortical dysplasia: 2012 update[J]. *Epilepsia*, 2012, 53(Suppl 4): 98-104.
- [8] TÉLLEZ-ZENTENO J F, DHAR R, WIEBE S. Long-term seizure outcomes following epilepsy surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Brain*, 2005, 128(Pt 5): 1188-1198.
- [9] FAUSER S, SCHULZE-BONHAGE A. In response: long-term seizure outcome in 211 patients with focal cortical dysplasia[J]. *Epilepsia*, 2015, 56: 1177-1178.
- [10] KIMURA N, TAKAHASHI Y, SHIGEMATSU H, IMAI K, IKEDA H, OOTANI H, et al. Developmental outcome after surgery in focal cortical dysplasia patients with early-

- onset epilepsy[J]. *Epilepsy Res*, 2014, 108: 1845-1852.
- [11] MRELASHVILI A, WITTE R J, WIRRELL E C, NICKELS K C, WONG-KISIEL L C. Seizure freedom in children with pathology-confirmed focal cortical dysplasia[J]. *Pediatr Neurol*, 2015, 53: 513-518.
- [12] ROWLAND N C, ENGLLOT D J, CAGE T A, SUGHRUE M E, BARBARO N M, CHANG E F. A meta-analysis of predictors of seizure freedom in the surgical management of focal cortical dysplasia[J]. *J Neurosurg*, 2012, 116: 1035-1041.
- [13] CHEN H H, CHEN C, HUNG S C, LIANG S Y, LIN S C, HSU T R, et al. Cognitive and epilepsy outcomes after epilepsy surgery caused by focal cortical dysplasia in children: early intervention maybe better[J]. *Childs Nerv Syst*, 2014, 30: 1885-1895.
- [14] SIEGEL A M, CASCINO G D, ELGER C E, DEVINSKY O, LAFF R, NAJJAR S, et al. Adult-onset epilepsy in focal cortical dysplasia of Taylor type[J]. *Neurology*, 2005, 64: 1771-1774.
- [15] KIM D W, LEE S K, CHU K, PARK K I, LEE S Y, LEE C H, et al. Predictors of surgical outcome and pathologic considerations in focal cortical dysplasia[J]. *Neurology*, 2009, 72: 211-216.
- [16] FAUSER S, ESSANG C, ALTENMÜLLER D M, STAACK A M, STEINHOFF B J, STROBL K, et al. Long-term seizure outcome in 211 patients with focal cortical dysplasia[J]. *Epilepsia*, 2015, 56: 66-76.
- [17] 林元相,林堃,康德智,林章雅,黄小芬,王丰,等. 局灶性皮质发育不良相关性难治性癫痫的手术预后及其相关影响因素分析[J]. *中华医学杂志*, 2012,92:1763-1766.
- [18] SALAMON N, KUNG J, SHAW S J, KOO J, KOH S, WU J Y, et al. FDG-PET/MRI coregistration improves detection of cortical dysplasia in patients with epilepsy[J]. *Neurology*, 2008, 71: 1594-1601.
- [19] 郭韬,杜亚丽,梁传栋,吴育锦. 视频脑电图联合弥散张量成像诊断和定位影像表现阴性额叶局灶性皮质发育不良[J]. *中华神经医学杂志*,2014,13:1056-1058.
- [20] 朱海涛,刘永,杨坤,刘宏毅,邹元杰,吴婷,等. 脑磁图对非病灶性新皮质癫痫术前评估的价值[J]. *中华神经外科杂志*,2012,28:1150-1153.
- [21] JAYAKAR P, DUNOYER C, DEAN P, RAGHEB J, RESNICK T, MORRISON G, et al. Epilepsy surgery in patients with normal or nonfocal MRI scans: integrative strategies offer long-term seizure relief[J]. *Epilepsia*, 2008, 49: 758-764.
- [22] MULLIN J P, SHRIVER M, ALOMAR S, NAJM I, BULACIO J, CHAUVEL P, et al. Is SEEG safe? A systematic review and meta-analysis of stereo-electroencephalography-related complications[J]. *Epilepsia*, 2016, 57: 386-401.

[本文编辑] 杨亚红