



·综述·

基于立体定向脑电图引导下射频热凝术治疗 难治性癫痫的研究进展

严忠辉¹, 沈云娟², 杨宝慧², 杨文桢², 张新定²

1. 兰州大学第二医院/第二临床医学院, 甘肃 兰州 730000

2. 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, 甘肃 兰州 730000

摘要: 难治性癫痫是指两种或多种适当的抗癫痫药物仍不能控制发作的癫痫, 约占所有癫痫患者的 1/3, 严重影响患者生活质量。随着神经外科微创技术的发展以及术前评估体系的日趋完善, 立体定向脑电图引导下射频热凝术已经逐渐应用于难治性癫痫的外科治疗, 因其可观的疗效和较少的并发症, 已成为难治性癫痫患者一种相对安全有效的替代疗法。该文综合以往研究, 对立体定向脑电图引导下射频热凝术治疗难治性癫痫的发展、治疗过程做一系统阐述, 并对其疗效与并发症做出分析。

[国际神经病学神经外科学杂志, 2021, 48(4): 410-414.]

关键词: 难治性癫痫; 立体定向脑电图; 射频热凝; 适形

中图分类号: R742.1

DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2021.04.019

Research advances in stereotactic electroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation in treatment of refractory epilepsy

YAN Zhong-Hui¹, SHEN Yun-Juan², YANG Bao-Hui², YANG Wen-Zhen², ZHANG Xin-Ding²

1. The Second Clinical Medical College of Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China

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

Corresponding author: ZHANG Xin-Ding, Email: zhangxind@lzu.edu.cn

Abstract: Refractory epilepsy refers to epilepsy that cannot be controlled by two or more types of anti-epileptic drugs and accounts for about 1/3 of all patients with epilepsy, which seriously affects patients' quality of life. With the development of minimally invasive neurosurgery techniques and the gradual perfection of preoperative evaluation, stereotactic electroencephalography (SEEG)-guided radiofrequency thermocoagulation has gradually been used in the surgical treatment of refractory epilepsy and has become a relatively safe and effective substitutive therapy for refractory epilepsy with the advantages of marked clinical effect and few complications. With reference to previous studies, this article elaborates on the development and treatment process of SEEG-guided radiofrequency thermocoagulation in the treatment of refractory epilepsy, with a focus on its clinical effect and complications.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2021, 48(4): 410-414.]

Keywords: refractory epilepsy; stereotactic electroencephalography; radiofrequency thermocoagulation; conformal

基金项目: 兰州大学第二医院“萃英科技创新”临床拔尖技术研究(CY2018-BJ12)

收稿日期: 2021-02-28; 修回日期: 2021-08-01

作者简介: 严忠辉(1995—), 男, 第二临床医学院(兰州大学), 硕士研究生, Email: yanzhh19@lzu.edu.cn。

通信作者: 张新定(1965—), 男, 兰州大学第二医院神经外科主任, 教授、主任医师、硕士生导师, 主要从事功能神经外科研究, Email: zhangxind@lzu.edu.cn。

难治性癫痫(refractory epilepsy, RE)是指在专业抗癫痫诊疗方案指导下服用两种或两种以上的抗癫痫药物仍不能控制发作的癫痫,约占所有癫痫患者的三分之一,严重影响患者的生活质量、社会功能,是一种致残率高,甚至会引起患者死亡的慢性疾病^[1]。目前,外科干预是治疗难治性癫痫首选的方式,主要有开颅切除术和神经调控术。临床证实传统开颅术效果虽好,但相关并发症是我们必须要考虑的问题。近年来随着神经外科技术的发展以及术前评估体系的日渐完善,基于立体定向脑电图(stereoelectroencephalography, SEEG)引导下的射频热凝术(radiofrequency thermocoagulation, RFTC)已经成为一种治疗难治性癫痫的新的微创方法。

SEEG技术在20世纪中叶逐渐发展起来^[2],20世纪70年代BANCAUD和TALAIRACH 2位教授发展完善了SEEG技术,并逐渐形成致痫区的定位应以脑内解剖(代谢)-脑电生理-临床症状同一性为原则的致痫区及致痫网络定位基础^[3-4]。在此基础上SEEG引导下RFTC技术也开始应用于难治性癫痫的外科治疗。2004年GUENOT首次报道了SEEG引导的RFTC治疗难治性癫痫^[5]。此后该技术广泛应用于临床,表现出较好的疗效及安全性^[6]。

1 SEEG引导的RFTC的治疗过程

1.1 术前评估

手术能否取得良好的效果以及如何减少术后并发症的发生,很大程度上依赖于术前评估体系的完整和可靠。多模态术前评估体系需要详细而完整地采集患者病史资料,询问发作先兆,结合患者影像学资料及头皮长程视频脑电图(video electroencephalogram, VEEG)监测,遵循解剖(代谢)-电-临床同一性原则,定位致痫区,此过程为一期评估。经一期评估不能精准定位或解剖(代谢)-电-临床不一致时需要进入二期评估,即SEEG电极植入。SEEG是微创治疗的关键,通过SEEG监测进一步确定致痫区^[7]。二期评估同样遵循解剖(代谢)-电-临床同一性的定位原则。

SEEG电极的优势在于可以找到或更加接近癫痫发作最为起始的异常电活动部位。因为在出现症状之前,最先出现异常电活动节律的部位最有价值,该部位可能就是癫痫起始区或者最接近起始区的部位^[8]。除此之外通过SEEG电极可以进行皮层电刺激以辅助定位。

总结SEEG植入的选择标准有:①核磁表现阴性的患者;②解剖(代谢)-电-临床不一致;③脑深部病变或病变毗邻功能区;④局限性、多灶性的病变;⑤症状或脑电图表明致痫区范围大于致痫病灶;⑥常规手术切除失败,致痫组织未切除,导致癫痫复发的患者。

1.2 手术过程

1.2.1 植入过程 经多学科讨论确定是否需要植入SEEG电极。手术当天安装Leksell立体定向头架,行头颅

薄层CT扫描。将扫描后的图像与之前的头颅MRI进行融合配准,在计划系统中确定植入靶点坐标。在避开血管的基础上靶点应选择在尽量达到目标解剖结构或者怀疑的关键节点。植入过程在手术室进行。手术时需要全身麻醉,麻醉恢复后返回病房。术后复查头颅CT,明确术后是否出血,并与之前的核磁图像融合配准,明确电极放置的具体情况。关于SEEG电极植入,有很多研究^[9-10]证实了其安全性,一项Meta分析^[11]统计的SEEG相关并发症发生率:出血1.0%,感染0.8%,电极错位0.6%,硬件故障0.4%,死亡0.3%^[11]。虽然很少有文献描述SEEG植入技术之间的比较,但正确使用立体定向框架、手术机器人、术前血管造影似乎与更好的疗效相关^[2]。

1.2.2 皮层电刺激 皮层电刺激(Mapping)对癫痫手术计划至关重要。Mapping的目的是清楚地显示皮层在癫痫起始区的功能意义,以最大限度地减少皮质切除过程中的神经并发症^[12]。通常在一对相邻的触点之间行双极刺激,参数包括脉冲宽度0.2 ms,频率50 Hz,持续时间3 s,强度从0.5 mA逐渐增加到4.0 mA,患者在清醒状态下接受刺激^[13],操作者在刺激过程中不断询问患者有无异常感觉、观察肢体异常活动,并及时记录。如果电刺激出现肢体运动或者感觉的异常变化,则说明刺激部位位于功能区;如果电刺激可以诱发癫痫惯常发作,可以帮助定位癫痫区及传播网络。

1.3 热凝过程

SEEG引导的RFTC的原理就是利用SEEG电极的触点(同一电极相邻触点、非相邻触点、电极间触点),在记录脑电的同时实现热凝毁损^[14]。目前认为的RFTC的作用机制是:①利用射频产生的高热效应,使周围组织凝固变性,直接毁损致痫区,阻止异常放电;②破坏癫痫相关传播网络关键节点,起到离断作用^[14-15]。RFTC在病床旁、患者清醒状态下进行,无需麻醉。射频毁损发生器系统连接颅内电极,对需要热凝的靶点进行双极热凝。治疗靶点的选择标准一般包括以下几点:①位于术前影像可见的病灶内的电极触点;②发作期低波幅快节律或间期明显癫痫样放电(棘波);③低强度电刺激可引起惯常癫痫发作的部位,且电刺激提示并非重要的运动或语言功能区;④距离大血管>2 mm^[16-17]。治疗参数上选择30~50 V,75~120 mA的电流持续10~60 s,电极上相邻触点之间的温度上升到78~82℃,产生85.4~100.0 mm³(直径5~7 mm)范围大小的毁损灶^[15,18-19]。在进行热凝过程中实时监测阻抗的变化,阻抗的急剧变化表明热凝已经达到最大体积^[2,15]。热凝完成后一般还需要继续颅内电极监测,以评估热凝疗效。如果热凝后部分电极仍能监测到异常放电,可对该触点再次热凝。热凝全部完成后,拔除电极,观察无电极拔除后并发症,则可安排患者出院,定期随访。

2 SEEG引导的RFTC疗效与并发症

2004年Guenot等^[5]首次报道SEEG引导下RFTC治疗难治性癫痫。该研究共纳入了19名难治性癫痫患者,平均随访时间为19个月,11例(57%)患者发作减少达到80%,并发症极少。随后多中心开始尝试该技术。

BOURDILLON等的一项研究^[19]分析SEEG引导RFTC治疗162名难治性癫痫患者的临床资料,结果显示在术后2个月时无癫痫发作率为25%,术后1年无癫痫发作率为7%,48%的患者发作减少50%以上;术后仅有1.1%的永久性并发症,2.4%的短暂并发症。在另一项Meta分析^[6]中,共纳入6项研究,总共描述296例患者的疗效及安全性数据,结果显示:合并后的术后1年无癫痫发作的患者23%,发作减少50%以上的患者有58%,合并后的永久性神经功能并发症为2.5%。该Meta分析发现各研究疗效有较大的异质性,并发症无明显异质性,同时发现在脑室周围结节状灰质异位(periventricular nodular heterotopia, PNH)患者中疗效最好,在磁共振成像(MRI)结果正常的患者中疗效最低。同样的另外一项Meta分析^[20]也报道了相同的结果,纳入的10项研究,总共390例患者,无癫痫发作率在0%~76%之间,表现出较高的异质性,但各研究术后并发症发生率都很低,无明显异质性。猜想疗效异质性大的原因可能是病因(病理选择)、电极植入差异、热凝参数的不同以及癫痫患者的管理可能都是导致疗效异质性高的原因。

既往研究显示SEEG引导的RFTC在局灶性癫痫患者有较好疗效,因为此类患者脑内有独立致痫灶,或虽有广泛的癫痫网络,但具有明确的关键节点,所以RFTC也逐渐改变了局灶性皮质发育不良(focal cortical dysplasias, FCD)、PNH、下丘脑错构瘤(hypothalamic hamartomas, HH)等相关癫痫的诊断和治疗^[21-22]。在FCD相关癫痫的治疗中,国内最新报道的数据^[23]显示RFTC后有85%的患者达到Engle I级,虽然9例在热凝毁损术中出现不同程度的肢体偏瘫,但出院时均已恢复,未遗留任何神经功能障碍。但是意大利米兰癫痫中心的11例为FCD患者^[24],长期随访后仅有1例有明显的改善,其余10例预后不理想。国内外疗效之间的差异,可能的原因包括选择病理不同、立体交叉热凝毁损扩大了毁损范围等。相比FCD I型和III型,FCD IIb可能更适合进行RFTC,因为IIb范围更局限^[25]。虽然有些FCD患者在RFTC后疗效不佳,但可以为以后的手术切除提供了较高的定位参考价值^[26]。对于PNH相关的癫痫患者,由于PNH的致痫灶为可能为结节,也可能是结节表面覆盖的皮层,且PNH位置较深,难以手术切除,因此RFTC是首选。BOURDILLON等的Meta分析^[6]报告了PNH患者RFTC后有38%的患者达到无癫痫发作,81%的患者发作减少50%以上,仅有0.3%的并发症。KHOO等的研究^[27]也报告了70%的患者

发作减少50%以上,其中48%的患者达到无癫痫发作。对于HH患者,因为绝大多数HH患者致痫灶为HH本身,而且HH位置深、毗邻重要结构,手术切除容易残余,因此毁损可能达到癫痫控制。一项研究^[28]报告了100例HH患者经过140次热凝毁损后71%的患者得到完全控制。国内最新研究^[29]显示也有55.56%达到Engel I级,44.44%达到Engel II级。在一项Meta分析^[20]中,对比了RFTC与激光间质热疗(laser interstitial thermal therapy, LiTT)治疗HH的效果差异(62% vs 99%),虽然LiTT要优于RFTC,但LiTT受限于技术和较高的设备要求,目前国内开展较少。

对于颞叶癫痫(temporal lobe epilepsy, TLE),研究发现SEEG引导的RFTC在TLE治疗中不如前颞叶切除术(anterior temporal lobectomy, ATL)^[17,30],但是在SEEG引导下的RFTC没有发现记忆损伤等相关并发症,因此主要累及内侧尤其是涉及到海马区域的颞叶癫痫患者不仅可以应用此技术而且可以从中获益。在颞叶内侧癫痫合并海马硬化(mesial temporal lobe epilepsy with hippocampal sclerosis, MTL-HS)的研究^[31]中,经过12个月的随访,95.2%(20/21)患者发作频率降低90%,76.2%(16/21)达到Engle I级,疗效接近标准外科切除^[32-33]。

3 RFTC的优缺点

相比传统手术切除及其他立体定向技术(LiTT^[34-35]、放射手术^[36]、高强度聚焦超声^[37]),SEEG引导的RFTC优点体现在:①RFTC是通过用于SEEG记录的同电极进行,避免了重新植入热凝电极的额外风险;②热凝靶点的选择不仅考虑病灶,还要依靠SEEG提供的可靠的异常脑电证据制定;③通过皮质电刺激获得功能区定位,避免对功能性皮质和皮质下区域造成损伤;④热凝过程不需要麻醉,并且可以监测患者的临床状态和生理指标;⑤在RFTC后仍未能控制癫痫发作的情况,可以行再次RFTC或手术切除,且RFTC也能很好的预测预后,患者癫痫状态的改善,即使是短时间、部分性的,也对常规手术切除有较高的阳性预测价值^[19,38],如果RFTC后癫痫无发作,则可免去二期开颅手术。

同时RFTC也有一些缺点:首先该技术不能做到大范围覆盖,有采样率低的缺点;其次,该技术在手术过程中缺乏对病变消融进展的术中监测。目前虽然有电极实现了局部温度监测及反馈,但对比MRgLiTT可以通过任意平面和方位的扫描提供三维信息帮助估计消融体积从而减少正常组织的损伤,该技术仍然在“可视化”方面存在缺陷,术中凝固区域的大小只能粗略预测。

为了提高RFTC疗效,目前有学者在电极植入时提出适形理念,即根据病灶形状去植入电极进行毁损。适形原属于放疗领域,根据肿瘤的形状进行照射治疗。将适形理念引入癫痫外科领域,就是根据病变的形状和大小

设置靶点和植入计划,再用SEEG电极进行立体交叉多靶点毁损,提高疗效。该理念符合射频热凝治疗癫痫的理论,即毁损或离断,适形植入电极进行毁损不仅能扩大毁损体积,还能更好地离断癫痫灶与周围组织的联系,从而达到更好的癫痫控制效果。

4 展望

SEEG引导的RFTC是治疗难治性癫痫的一种新的微创方法。当致痫区小到足以被热凝覆盖时,RFTC具有较好的效果,足以治愈。对于无明确局限性的致病病变或致痫网络广泛时,RFTC疗效不确切,但可以对以后的手术切除有较高的定位价值。总之,SEEG引导的RFTC应该充分贯彻解剖(代谢)-电-临床同一性原则,避免电极盲目植入与热凝,最大限度发挥微创优势。

参 考 文 献

- [1] PIAO YS, LU DH, CHEN L, et al. Neuropathological findings in intractable epilepsy: 435 Chinese cases[J]. *Brain Pathol*, 2010, 20(5): 902-908.
- [2] BOURDILLON P, RHEIMS S, CATENOIX H, et al. Surgical techniques: stereoelectroencephalography-guided radiofrequency-thermocoagulation (SEEG-guided RF-TC)[J]. *Seizure*, 2020, 77: 64-68.
- [3] 赵国光, 凌锋. 立体定向脑电图[J]. *中华神经外科杂志*, 2012, 28(3): 313-315.
- [4] GUENOT M, ISNARD J, RYVLIN P, et al. Neurophysiological monitoring for epilepsy surgery: the talairach SEEG method. *StereoElectroEncephaloGraphy*. Indications, results, complications and therapeutic applications in a series of 100 consecutive cases [J]. *Stereotact Funct Neurosurg*, 2001, 77(1-4): 29-32.
- [5] GUÉNOT M, ISNARD J, RYVLIN P, et al. SEEG-guided RF thermocoagulation of epileptic foci: feasibility, safety, and preliminary results[J]. *Epilepsia*, 2004, 45(11): 1368-1374.
- [6] BOURDILLON P, CUCHERAT M, ISNARD J, et al. Stereo-electroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation in patients with focal epilepsy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Epilepsia*, 2018, 59(12): 2296-2304.
- [7] TOMLINSON SB, BUCH VP, ARMSTRONG D, et al. Stereo-electroencephalography in pediatric epilepsy surgery[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2019, 62(3): 302-312.
- [8] 蔡立新, 陈佳, 陈倩, 等. 癫痫外科治疗术前评估规范(草案)[J]. *癫痫杂志*, 2020, 6(4): 273-295.
- [9] VAN DER LOO LE, OEMGSCHIJNS, HOOGLAND G, et al. Methodology, outcome, safety and *in vivo* accuracy in traditional frame-based stereoelectroencephalography[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2017, 159(9): 1733-1746.
- [10] GONZÁLEZ-MARTÍNEZ J, BULACIO J, THOMPSON S, et al. Technique, results, and complications related to robot-assisted stereoelectroencephalography[J]. *Neurosurgery*, 2016, 78(2): 169-180.
- [11] MULLIN JP, SHRIVER M, ALOMAR S, et al. Is SEEG safe? A systematic review and meta-analysis of stereo-electroencephalography-related complications[J]. *Epilepsia*, 2016, 57(3): 386-401.
- [12] BRITTON JW. Electrical stimulation mapping with stereo-EEG electrodes[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2018, 35(2): 110-114.
- [13] GAO RS, YU T, XU CP, et al. The value of magnetoencephalography for stereo-EEG-guided radiofrequency thermocoagulation in MRI-negative epilepsy[J]. *Epilepsy Res*, 2020, 163: 106322.
- [14] WANG D, WEI PH, SHAN YZ, et al. Optimized stereoelectroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation in the treatment of patients with focal epilepsy[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(1): 15.
- [15] BOURDILLON P, ISNARD J, CATENOIX H, et al. Stereo-electro-encephalography-guided radiofrequency thermocoagulation: from in vitro and in vivo data to technical guidelines[J]. *World Neurosurg*, 2016, 94: 73-79.
- [16] 张华强, 李沐阳, 杜佳琳, 等. 立体脑电图引导多电极立体交叉射频热凝治疗药物难治性癫痫[J]. *中华神经外科杂志*, 2018, 34(12): 1197-1201.
- [17] ISNARD J, TAUSSIG D, BARTOLOMEI F, et al. French guidelines on stereoelectroencephalography (SEEG)[J]. *Neurophysiol Clin*, 2018, 48(1): 5-13.
- [18] DIMOVA P, DE PALMA L, JOB-CHAPRON AS, et al. Radiofrequency thermocoagulation of the seizure-onset zone during stereoelectroencephalography[J]. *Epilepsia*, 2017, 58(3): 381-392.
- [19] BOURDILLON P, ISNARD J, CATENOIX H, et al. Stereo electroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation (SEEG-guided RF-TC) in drug-resistant focal epilepsy: results from a 10-year experience[J]. *Epilepsia*, 2017, 58(1): 85-93.
- [20] WANG YS, XU JS, LIU TH, et al. Magnetic resonance-guided laser interstitial thermal therapy versus stereoelectroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation for drug-resistant epilepsy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Epilepsy Res*, 2020, 166: 106397.
- [21] BOURDILLON P, RHEIMS S, CATENOIX H, et al. Malformations of cortical development: new surgical advances[J]. *Rev Neurol (Paris)*, 2019, 175(3): 183-188.
- [22] LIU YO, ZHOU WJ, HONG B, et al. Multiple stereoelectroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulations for polymicrogyria with startle seizures: a case report[J]. *Front Neurol*, 2019, 10: 1095.
- [23] 陈森彬, 谭红平, 唐晓伟, 等. 立体定向脑电图引导射频热凝毁损治疗局灶性皮质发育不良所致癫痫的疗效分析[A]//第七届 CAAE 脑电图与神经电生理大会会刊[C]. 南京, 2020: 135.
- [24] COSSU M, FUSCHILLO D, CASACELI G, et al. Stereoelectroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation in the epileptogenic zone: a retrospective study on 89 cases[J]. *J Neurosurg*, 2015, 123(6): 1358-1367.
- [25] WELLMER J. Lesion focused radiofrequency thermocoagulation of bottom-of-sulcus focal cortical dysplasia type IIb: conceptional considerations with regard to the epileptogenic zone[J]. *Epi-*

- lepsy Res, 2018, 142: 143-148.
- [26] CATENOIX H, BOURDILLON P, GUÉNOT M, et al. The combination of stereo-EEG and radiofrequency ablation[J]. Epilepsy Res, 2018, 142: 117-120.
- [27] KHOO HM, GOTMAN J, HALL JA, et al. Treatment of epilepsy associated with periventricular nodular heterotopia[J]. Curr Neurol Neurosci Rep, 2020, 20(12): 59.
- [28] KAMEYAMA S, SHIROZU H, MASUDA H, et al. MRI-guided stereotactic radiofrequency thermocoagulation for 100 hypothalamic hamartomas[J]. J Neurosurg, 2016, 124(5): 1503-1512.
- [29] WEI PH, AN Y, FAN XT, et al. Stereoelectroencephalography-guided radiofrequency thermocoagulation for hypothalamic hamartomas: preliminary evidence[J]. World Neurosurg, 2018, 114: e1073-e1078.
- [30] MOLES A, GUÉNOT M, RHEIMS S, et al. SEEG-guided radiofrequency coagulation (SEEG-guided RF-TC) versus anterior temporal lobectomy (ATL) in temporal lobe epilepsy[J]. J Neurol, 2018, 265(9): 1998-2004.
- [31] FAN XT, SHAN YZ, LU C, et al. Optimized SEEG-guided radiofrequency thermocoagulation for mesial temporal lobe epilepsy with hippocampal sclerosis[J]. Seizure, 2019, 71: 304-311.
- [32] LISCAK R, MALIKOVA H, KALINA M, et al. Stereotactic radiofrequency amygdalohippocampectomy in the treatment of mesial temporal lobe epilepsy[J]. Acta Neurochir (Wien), 2010, 152(8): 1291-1298.
- [33] VOJTĚCH Z, MALÍKOVÁ H, KRÁMSKÁ L, et al. MRI-guided stereotactic amygdalohippocampectomy: a single center experience[J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2015, 11: 359-374.
- [34] REMICK M, MCDOWELL MM, GUPTA K, et al. Emerging indications for stereotactic laser interstitial thermal therapy in pediatric neurosurgery[J]. Int J Hyperthermia, 2020, 37(2): 84-93.
- [35] DONOS C, BREIER J, FRIEDMAN E, et al. Laser ablation for mesial temporal lobe epilepsy: surgical and cognitive outcomes with and without mesial temporal sclerosis[J]. Epilepsia, 2018, 59(7): 1421-1432.
- [36] MCGONIGAL A, SAHGAL A, DE SALLES A, et al. Radiosurgery for epilepsy: systematic review and international stereotactic radiosurgery society (ISRS) practice guideline[J]. Epilepsy Res, 2017, 137: 123-131.
- [37] QUADRI SA, WAQAS M, KHAN I, et al. High-intensity focused ultrasound: past, present, and future in neurosurgery[J]. Neurosurg Focus, 2018, 44(2): E16.
- [38] COSSU M, CARDINALE F, CASACELI G, et al. Stereo-EEG-guided radiofrequency thermocoagulations[J]. Epilepsia, 2017, 58(Suppl 1): 66-72.

责任编辑:王荣兵