

# 无框架机器人引导下立体定向脑电图在癫痫患者手术中的应用

闫晓明 张希 高润石 马凯 张国君

100032 首都医科大学宣武医院功能神经外科 北京功能神经外科研究所

通信作者: 张国君, Email: zgj62051@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2018.10.003

**【摘要】目的** 探讨无框架机器人引导下立体定向脑电图植入深部电极在癫痫患者定位中的安全性及有效性。**方法** 2018 年 1—7 月收治的难治性癫痫患者共 26 例, 经过术前无创一期评估, 应用 SINO ROBOT 机器人将电极植入颅内, 然后行长程视频脑电图监测, 记录发作间期和发作期脑电图, 定位致痫区, 最终外科手术治疗。**结果** 26 例患者均成功植入电极, 共植入 205 根。术后 1 例患者出现少量硬膜下血肿, 1 例患者出现配准螺钉松动, 26 例患者中无脑脊液漏、电极断裂、感染等相关并发症发生。**结论** 无框架机器人引导下立体定向脑电图植入深部电极更加微创, 且安全性高。

**【关键词】** 癫痫; 机器人; 立体定向脑电图

**基金项目:** 首都卫生发展科研专项项目(首发 2016-1-2011)

## Application of frameless robot guided stereotactic electroencephalography surgery for epilepsy patients

Yan Xiaoming, Zhang Xi, Gao Runshi, Ma Kai, Zhang Guojun

Department of Functional Neurosurgery, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing Institute of Functional Neurosurgery, Beijing 100053, China

Corresponding author: Zhang Guojun, Email: zgj62051@163.com

**【Abstract】Objective** To investigate the safety and effectiveness of frameless robot guided stereotactic electroencephalography intracranial electrode implantation surgery for epilepsy patients. **Methods** From January to July 2018, a total of 26 patients with refractory epilepsy were preoperatively assessed by first stage evaluation, and then the implantation of intracranial electrode was performed by frameless robot guided stereotactic electroencephalography. Long-term intracranial electroencephalography was recorded and epileptogenic zone was localized. Finally resection surgery was performed. **Results** A total of 205 intracranial electrodes were successfully implanted in all patients. One patient had a small amount of subdural hematoma, and one patient had registration screw loosening. There were no complications such as cerebrospinal fluid leakage, electrode fracture and infection in all patients after the implantation. **Conclusions** The intracranial electrode implantation under the help of frameless robot guided stereotactic electroencephalography is more minimal invasive and safe.

**【Key words】** Epilepsy; Robot; Stereotactic electroencephalography

**Fund program:** Capital Health Research and Development of Special Funds (2016-1-2011)

近十几年来,随着立体定向脑电图(stereotactic electroencephalography, SEEG)技术在我国快速发展,目前部分癫痫中心由原来的埋植硬膜下皮层电极,发展为埋植脑深部电极。而埋植脑深部电极的方法,随着数字化影像、计算机技术的大力发展,也从有框架的立体定向仪,逐渐过渡到无框架机器人引导下埋植颅内电极的方法<sup>[1]</sup>。首都医科大学宣武医院北京功能神经外科研究所自 2001 年起,系

统开展了难治性癫痫的外科治疗工作。目前,本中心充分利用立体定向技术的丰富经验,与北京华科恒生有限公司进行合作,2018 年 1—7 月应用 SINO ROBOT 无框架机器人,辅助进行立体定向脑电图脑深部电极的植入手术,共 26 例患者。并通过长程视频脑电图监测,再结合发作症状学、影像学等相关检查,确定致痫区位置,然后外科手术治疗,取得较好效果。

## 一、资料与方法

1. 临床资料: 26 例难治性癫痫患者, 男性 17 例, 女性 9 例, 平均年龄( $22.2 \pm 9.3$ ) 岁。所有患者术前均接受一期评估, 详细询问病史、既往史, 完善头皮脑电图、MRI、PET-CT 等相关术前检查, 经北京市癫痫诊疗中心讨论, 建议行立体定向脑电图引导下颅内电极埋植术。

2. 电极植入方法: (1) 术前影像学检查<sup>[2]</sup>: T1 加权像薄扫核磁(场强 3.0 T, 1 mm 层厚, 层间距 0 mm, 扫描范围需包含全脑), 磁共振动脉血管成像(magnetic resonance angiography, MRA), 磁共振静脉血管成像(magnetic resonance venography, MRV)。手术当天患者需在局部麻醉下于颅骨上牢固固定四个配准螺钉, 并且完成 CT 扫描(1 mm 层厚, 层间距 0 mm, 扫描范围需包含配准螺钉和全部颅脑)。(2) 设计电极路径: 上述影像学资料需导入至 SINO ROBOT 计算机工作站中, 设计立体定向电极路径时需躲避动静脉血管(图 1, 见本期封三)。(3) 麻醉: 患者全麻插管后安装 Mayfield 头架, 头架一端固定在手术床头。(4) 配准: 手持机器人手臂探针对四个配准螺钉进行配准, 配准成功后, 可将头架另一端与机器人设备相连(图 2, 见本期封三)。(5) 模拟电极路径: 用机器人臂对每一个电极路径的位置进行模拟, 确保植入电极过程中机械臂不被 Mayfield 头架等设备干扰。(6) 植入电极: 消毒铺单, 准备手术器械, 机械臂对靶点进行定位, 并在 SINO ROBOT 机械臂引导下, 通过适配器进行颅骨钻孔, 单极电凝烧灼硬脑膜止血, 安装导向螺丝, 计算电极从入颅点至靶点距离后使用硬探针穿出隧道, 最后将深部电极(北京华科恒生有限公司, 北京, 中国, 直径 0.8 mm, 每个电极触点长 2 mm, 电极触点间距 1.5 mm, 根据电极的长短, 每一根电极有 8~16 个电极触点) 植入并用导水帽固定。依次植入电极并用无菌防水笔于头皮命名标记电极, 拍照(图 3, 见本期封三)后使用酒精纱布包扎电极。并用大纱布垫在电极周围, 纱布包扎整个头部。(7) 术后复查: 术后 24 h 内复查头颅薄扫 CT(1 mm 层厚, 层间距 0 mm, 扫描范围需包含整个头部), 排除颅内出血等并发症。将术后 CT 与术前 MRI 进行图像融合, 明确电极触点位置(图 4, 见本期封三)。行长程视频脑电图监测, 记录发作间期和发作期脑电图, 再将患者临床资料提交癫痫诊疗中心讨论, 决定下一步治疗方案。

## 二、结果

1. 手术效果: 26 例患者均成功植入电极, 共植

入电极 205 根, 每例患者植入电极 5~10 根, 平均( $7.9 \pm 1.4$ ) 根, 26 例患者均成功定位, 并行切除性手术治疗。由于随访时间较短(1~7 个月), 目前尚无长期随访数据, 短期均未出现癫痫发作。

2. 并发症: 术后有 1 例患者出现少量硬膜下血肿, 第二次开颅时予以硬膜下血肿清除。早期病例中有 1 例患者由于配准螺钉松动, 重新固定配准螺钉并重扫头颅 CT, 26 例患者中无脑脊液漏、电极断裂、感染等相关并发症发生。

**讨论** 癫痫是一种常见的神经系统疾病, WHO 估计, 全球大约有 5 000 万的癫痫患者, 而我国的癫痫患者数量高达 900 万以上。大约三分之一的患者, 即使接受规范的抗癫痫药物治疗, 癫痫发作仍难以控制, 我们称之为药物难治性癫痫。目前, 切除性手术仍是药物难治性癫痫的主要治疗方式。然而, 有相当一部分患者, 由于发作症状学、视频脑电图以及影像学检查结果不能明确定位致痫区位置, 或致痫区与功能区关系密切, 需埋植颅内电极方可确定致痫区位置, 并保护功能区位置。目前, 颅内电极可分为两种, 硬膜下皮层电极和深部电极。在早期的颅内电极植入手术中, 我们通常采用开颅手术的方式将硬膜下皮层电极植入颅内。与 SEEG 深部电极植入相比, 硬膜下皮层电极的优势在于可以较广泛连续地覆盖大脑皮层表面, 易于推测致痫区的范围, 并且利用电刺激技术很好地进行皮层功能区绘图。然而, 硬膜下皮层电极的缺点同样明显: 开颅手术创伤较大, 且术后发生脑脊液漏、感染的风险增加; 皮层电极难以监测脑沟等深部脑区, 比如岛叶、扣带回、辅助运动区、海马等<sup>[3]</sup>。SEEG 技术起源于 20 世纪 50 年代的法国。20 世纪 60 年代, 法国的 Talairach 和 Bancaud<sup>[4]</sup> 逐渐发展了一套以“解剖-电-临床”为依据的定位致痫区的理论体系。当时, 该技术应用 Talairach 立体定向头架, 将多根电极垂直于网格状框架平行插入脑内, 分析脑电图时间和空间的演变。SEEG 技术创伤小, 术后脑脊液漏、感染风险更低, 且可以覆盖到深部脑区。而 SEEG 技术早期传入国内时, 大多数中心采用有框架式植入的方法, 最常见的头架有 Leksell 头架、CRW 头架等。然而, 对于极低龄儿童癫痫的患者, 或者无法耐受安装头架的患者而言, 不适用有框架式的植入方法。随着计算机技术的发展, CT 和 MRI 的三维重建成为现实, 无框架机器人引导下的 SEEG 手术很好地解决了上述问题。无框架式植入的优势在于图像扫描和手术计划可以提前完成, 无

框架式与有框架式相比,两者的安全性和精确度均相当<sup>[5]</sup>,且无框架式的手术时间更短、创伤小、并发症少<sup>[6-7]</sup>。目前,国际上针对SEEG手术的机器人有Rosa、Neuromate、Vertek等<sup>[8-10]</sup>。

对于无框架机器人的操作,熟练掌握手术操作技巧对提高埋植电极精确度和缩短手术时间、减少相关并发症至关重要,我们的体会是:(1)手术前1~2 d提前将患者MRI、MRA、MRV等影像资料导入,并根据患者发作症状学、影像学检查、视频脑电图等检查结果,提出癫痫发作可能的传导通路,设计电极植入计划,以节省患者术前等待时间。设计电极路径时尽量躲避动静脉血管,针道位路径离血管直线距离至少4 mm。(2)需牢固固定4个配准螺钉,避免螺钉松动导致机器人配准失败,如出现该情况,需重新固定并重扫头颅CT。在扫描头颅CT时,需告知影像科扫描整个颅脑及螺钉,避免扫描不全造成的无法配准。(3)术前尽量对每一个电极路径的位置进行模拟,排除头架等手术器械对植入过程的干扰。(4)单极烧灼硬脑膜时,若有一明显突破感,则说明烧灼完全,过度烧灼会损伤大脑皮层。(5)固定导向螺丝时,勿过度将螺纹过深地拧进颅骨内,以免电极位置不准;亦勿过浅,以防止术后螺丝松动,从而造成电极脱落,甚至出血等情况出现。(6)植入电极时注意操作轻柔,勿暴力插入电极,尤其在植入岛叶部位的电极时,由于岛叶血管较丰富,植入时操作轻柔可减少损伤血管的概率,避免颅内出血的发生。(7)全部电极植入完成后,建议术中实时监测脑电图,若术中个别电极未记录到发作间期异常脑电图,排除设备、电极等原因后,有可能为电极偏离靶点位置,比如计划植入海马的电极,术中未记录到异常放电,而是一条直线,则可判断电极位置有可能偏离海马,偏离至颞角的脑脊液中。若术间有条件,可以于术中以O臂扫描并重新融合判断电极位置,若电极偏离靶点,可于术中重新规划电极路径并重新植入电极。(8)术毕需在每一根电极周围缠绕酒精纱条,并用较厚的纱布垫在电极周围,降低压疮和感染的发生率。

综上所述,无框架机器人引导下立体定向脑电图植入深部电极更加微创,且安全性高,是未来癫痫外科颅内电极植入的发展趋势。

**利益冲突** 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

**作者贡献声明** 构思与设计、论文撰写为闫晓明,提供案例、文献调研与整理为张希、马凯,数据搜集、数据整理为高润石,获取资助、论文修订为张国君

## 参 考 文 献

- [1] 赵清爽,王守森,章翔.手术机器人在神经外科的应用及发展[J].中华神经医学杂志,2013,12(7):752-755. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2013.07.026.  
Zhao QS, Wang SS, Zhang X. Surgical robot in neurosurgery: current application and progress[J]. Chinese Journal of Neuromedicine, 2013, 12(7): 752-755.
- [2] Liu C, Yu T, Ren ZW, et al. Properties of afterdischarges from electrical stimulation in patients with epilepsy[J]. Epilepsy Res, 2017, 137: 39-44. DOI: 10.1016/j.epilepsyres.2017.09.002.
- [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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2012.03.027.
- [4] Talairach J, Bancaud J. Lesion, "irritative" zone and epileptogenic focus[J]. Confin Neurol, 1966, 27(1): 91-94.
- [5] Abel TJ, Varela Osorio R, Amorim-Leite R, et al. Frameless robot-assisted stereoelectroencephalography in children: technical aspects and comparison with Talairach frame technique[J]. J Neurosurg Pediatr, 2018, 22(1): 37-46. DOI: 10.3171/2018.1.PEDS17435.
- [6] Cossu M, Cardinale F, Castana L, et al. Stereoelectroencephalography in the presurgical evaluation of focal epilepsy: a retrospective analysis of 215 procedures[J]. Neurosurgery, 2005, 57(4): 706-718.
- [7] McGonigal A, Bartolomei F, Régis J, et al. Stereoelectroencephalography in presurgical assessment of MRI-negative epilepsy[J]. Brain, 2007, 130(Pt 12): 3169-3183. DOI: 10.1093/brain/awm218.
- [8] Lefranc M, Capel C, Pruvot AS, et al. The impact of the reference imaging modality, registration method and intraoperative flat-panel computed tomography on the accuracy of the ROSA® stereotactic robot[J]. Stereotact Funct Neurosurg, 2014, 92(4): 242-250. DOI: 10.1159/000362936.
- [9] Cardinale F, Cossu M, Castana L, et al. Stereoelectroencephalography: surgical methodology, safety, and stereotactic application accuracy in 500 procedures[J]. Neurosurgery, 2013, 72(3): 353-366. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31827d1161.
- [10] Narváez-Martínez Y, García S, Roldán P, et al. Stereoelectroencephalography by using O-Arm® and Vertek® passive articulated arm: Technical note and experience of an epilepsy referral centre[J]. Neurocirugia (Astur), 2016, 27(6): 277-284. DOI: 10.1016/j.neucir.2016.05.002.

(收稿日期:2018-09-04)

(本文编辑:戚红丹)