

ROSA 机器人辅助下脑深部电极植入术研究

毛之奇 余新光 凌至培 潘隆盛 崔志强 徐欣 孙璐

【摘要】 目的 探讨机器人无框架立体定向手术辅助系统(ROSA)辅助下脑深部电极植入术的准确性和安全性。**方法** 共 6 例未能准确定位致痫灶的癫痫患者均行 ROSA 机器人辅助下脑深部电极植入术,术后复查 CT 和 MRI,记录电极偏差的最大距离和最小距离,计算平均值,以评价手术准确性;术中记录电极相关出血事件,术后随访时复查 CT 或 MRI 记录电极相关出血或缺血事件及并发症发生情况,以评价手术安全性。**结果** 6 例患者术前计划植入电极 37 根,术中实际植入 37 根,成功率达 100%。植入电极主要分布于颞叶内侧、海马和岛叶(5 例)、顶枕叶(1 例)。电极尖端最大偏差距离为 8.79 mm、最小偏差距离为 1.14 mm,平均(3.65 ± 1.82) mm。术中无一例发生电极相关出血事件,术后复查头部 CT 和 MRI 均未见电极相关出血或缺血事件。术后随访 3~5 个月(平均 3.67 个月),均未发生颅内感染、电极折断、头皮愈合不良、伤口感染等并发症。**结论** ROSA 机器人辅助下脑深部电极植入术简便、快捷,电极植入准确性高、安全性佳。

【关键词】 癫痫; 电极,植入; 立体定位技术

Clinical study on deep brain electrode implantation assisted by ROSA system

MAO Zhi-qi, YU Xin-guang, LING Zhi-pei, PAN Long-sheng, CUI Zhi-qiang, XU Xin, SUN Lu

Department of Neurosurgery, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: LING Zhi-pei (Email: zhipeilxx@163.com)

【Abstract】 Objective To evaluate the accuracy and safety of deep brain electrode implantation assisted by robotized stereotactic assistant (ROSA) system. **Methods** A total of 6 epileptic patients who had difficulty in positioning of epileptogenic focus underwent deep brain electrode implantation assisted by ROSA system. Record the maximum and minimum distance of electrode deviation according to postoperative CT and MRI and calculate the average distance, so as to evaluate the accuracy of operation. Record intraoperative electrode related bleeding events, postoperative electrode related bleeding or ischemic events and complications during the follow-up period, so as to evaluate the safety of operation. **Results** A total of 37 electrodes were successfully implanted in all 6 cases, with a success rate of 100%. Implanted electrodes were mainly located in medial temporal lobe, hippocampus and insular lobe (5 cases) and parieto-occipital lobe (one case). The maximum deviation distance was 8.79 mm, and minimum was 1.14 mm, with an average of (3.65 ± 1.82) mm. Neither intraoperative electrode related bleeding event nor postoperative electrode related bleeding or ischemic event was found. No patient suffered from severe complications, such as intracranial infection, electrode disjunction, undesirable healing of scalp and wound infection, during the follow-up period from 3 to 5 months (mean 3.67 months). **Conclusions** Deep brain electrode implantation assisted by ROSA system is safe and accurate.

【Key words】 Epilepsy; Electrodes, implanted; Stereotaxic techniques

This study was supported by Beijing Science and Technology Plan Project (No. Z151100004015219).

1962 年, Talairach 等^[1]提出“立体定向脑电图(SEEG)”理念,即立体定向植入脑深部电极,进行脑

深部电活动记录,从时间和空间上对痫样放电进行评价,鉴别痫样放电起源灶、传播形式和所涉及的皮质结构,从而精确定位致痫灶。随着无框架立体定向技术的发展,机器人无框架立体定向手术辅助系统(ROSA)辅助下脑深部电极植入术逐渐被临床医师接受。ROSA 机器人是法国 Medtech 公司研发的第 1 代立体定向机器人,将手术计划系统、神经导航

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2015.09.006

基金项目:北京市科技计划项目(项目编号: Z151100004015219)

作者单位:100853 北京,解放军总医院神经外科

通讯作者:凌至培(Email:zhipeilxx@163.com)

功能、器械定位和操作系统整合于一体,可以进行快捷、便利的脑深部电极植入术。解放军总医院神经外科于 2010 年开展立体定向脑深部电极植入术,自 2014 年引进 ROSA 机器人后即开始采用无框架导航机器人进行脑深部电极植入术,现对 ROSA 机器人辅助下脑深部电极植入术的准确性和安全性进行研究。

对象与方法

一、研究对象

选择 2014 年 12 月-2015 年 1 月解放军总医院明确诊断的癫痫患者共 6 例,男性 5 例,女性 1 例;年龄 14~35 岁,平均为 25.50 岁;病程 5~20 年,平均为 11.67 年;部分性发作 2 例,全面性发作 4 例;其中局灶性皮质发育不良(FCD)致癫痫发作 3 例、颅脑创伤致癫痫发作 2 例、海马硬化(HS)致癫痫发作 1 例。经临床病史询问,头部 CT、MRI 和视频脑电图(VEEG)检查,均未能准确定位致痫灶。长期 2 种或 2 种以上联合抗癫痫药物治疗,癫痫发作难以控制,遂采用 ROSA 机器人辅助下脑深部电极植入术。

二、研究方法

1. ROSA 机器人辅助下脑深部电极植入术 所有患者均于术前 1 d 行 1.25 mm 薄层 CT(德国 Siemens 公司)和 1.5T MRI(美国 GE 公司)扫描,扫描序列包括三维 T₁WI(3D-T₁WI)、T₂WI 平扫和增强扫描、FLAIR 成像,所获得的图像数据传输至 ROSA 计算机工作站计划系统,根据临床症状、影像学表现和视频脑电图提示的致痫灶可疑区域设计致痫灶及相关区域脑深部电极植入位置(设计刺激靶点),并计算颅内电极长度,设计所需电极数目和颅内触点数目。患者仰卧位,于气管插管全身麻醉下,采用 Mayfield 立体定位头架(瑞士 Schaefer Mayfield 公司)固定头部,并连接 ROSA 机器人机械臂,进行头面部激光扫描注册。注册完毕后常规消毒铺巾,机械臂套无菌塑料套,启动机械臂进行靶点定位,并在 ROSA 机器人机械臂的引导下,经皮颅骨钻孔、单极电凝烧灼硬脑膜、电极螺钉固定,引导针穿刺,将预先设计相应长度的脑深部电极植入至靶点,电极逐一植入后,缝合固定于头皮,最后撤离头架(<http://www.cjenn.org/index.php/cjenn/pages/view/v15091>)。手术结束后将患者送入重症监护病房。

2. 准确性和安全性评价 (1)准确性评价:所有患者均于术后第 2 天复查 CT,观察是否发生颅内出

血等并发症;术后 1 周内复查 MRI(3D-T₁WI)和 CT,所获得的融合图像传输至术前 ROSA 计算机工作站计划系统,逐个测量并计算植入电极尖端与原靶点的距离,记录电极偏差的最大距离和最小距离,计算平均值。(2)安全性评价:术中记录患者电极相关出血事件,术后随访时经 CT 或 MRI 记录电极相关出血或缺血事件,以及颅内感染、电极折断、头皮愈合不良、伤口感染等并发症。

结 果

6 例患者的一般资料和电极植入情况参见表 1。术前计划植入电极 37 根,术中实际植入 37 根,成功率达 100%。植入电极主要分布于颞叶内侧、海马和岛叶(5 例)、顶枕叶(1 例),亦有少数电极植入额叶、顶叶和扣带回。植入的 37 根电极中尖端最大偏差距离为 8.79 mm、最小偏差距离为 1.14 mm,平均(3.65±1.82) mm。术中无一例发生电极相关出血事件,术后复查头部 CT 和 MRI 均未见电极相关出血或缺血事件。术后随访 3~5 个月,平均 3.67 个月,均未发生颅内感染、电极折断、头皮愈合不良、伤口感染等并发症。

讨 论

1962 年, Talairach 等^[1]提出致痫灶“解剖-电-临床”的概念,并以此作为癫痫外科手术依据,同时建立早期“立体定向脑电图”理念。在立体定位仪辅助下,能够把电极准确植入脑组织并描记脑电波,克服硬膜下皮质电极仅能定位大脑皮质致痫灶的缺陷,故逐渐被世界各国神经外科医师广泛应用^[2]。此外, Song 等^[3]在神经内镜辅助下成功进行双侧杏仁核和海马脑深部电极植入术。2008 年, Spire 等^[4]通过连接于手术显微镜系统的机械臂对 4 例癫痫患者行脑深部电极植入术。2013 年, Cardinale 等^[5]采用 Neuromate 机器人成功进行脑深部电极植入术。国内田增民研究团队采用自主研发的 CRAS-HB2 型无框架立体定向系统行立体定向脑深部电极植入术,亦获得很好疗效^[6]。解放军总医院神经外科多年来一直采用 Leksell 立体定位头架(瑞典 Elekta 公司)进行立体定向脑深部电极植入术,自 2014 年引进 ROSA 机器人后,采用无框架导航机器人对 6 例癫痫患者行脑深部电极植入术,共植入电极 37 根,植入成功率达 100%,并通过术前和术后头部 CT 和 MRI 图像重建、融合,对比电极位置,结果显示,电极

表 1 6 例患者的一般资料及电极植入情况

Table 1. General data and electrode implantation of 6 patients

Case	Sex	Age (year)	Duration (year)	Diagnosis	No. of electrodes	Location of electrodes
1	Male	28	15	Encephalomalacia after traumatic injury of right temporal lobe	5	Right temporal and insular lobe
2	Male	35	6	Right hippocampal sclerosis with FCD	6	Right hippocampus, right temporal and insular lobe
3	Male	20	20	FCD of left temporal lobe	5	Left parietal, temporal and insular lobe, cingulate gyrus
4	Male	21	12	Subdural hematoma and ossification of left frontal and parietal lobe, left hippocampal sclerosis, cicatrization after traumatic injury of left temporal lobe	9	Left frontal, temporal, parietal lobe and hippocampus
5	Male	14	5	FCD of right occipital lobe	8	Right occipital and parietal lobe
6	Female	35	12	Right hippocampal sclerosis	4	Right hippocampus, right temporal and insular lobe

FCD, focal cortical dysplasia, 局灶性皮质发育不良

尖端靶点最大偏差距离为 8.79 mm、最小偏差距离为 1.14 mm, 平均 (3.65 ± 1.82) mm。Cardinale 等^[5]在 Neuromate 机器人辅助下对 118 例癫痫患者行脑深部电极植入术, 共植入电极 1567 根, 植入靶点的偏差 0.08 ~ 15.40 mm, 平均 2.02 mm。Lefranc 等^[7]报告 ROSA 机器人辅助下采用表面注册法植入 31 根电极, 平均偏差距离为 1.22 mm, 最大偏差距离为 2.70 mm; 其中皮肤基准点注册法植入的 24 根电极, 准确度为 0.94 mm, 最大偏差距离 1.46 mm、最小偏差距离 0.50 mm; 颅骨基准点注册法植入的 7 根电极, 准确度为 0.42 mm, 最大偏差距离 0.72 mm、最小偏差距离 0.30 mm。本研究偏差距离偏大可能是由于我们刚开始使用 ROSA 机器人, 尚缺少经验, 对各种细节把握欠佳, 使准确性略差。

在本研究中, 我们对 6 例癫痫患者植入 37 根电极, 无一例出现电极植入相关颅内出血、脑缺血、感染、脑脊液漏、电极折断和伤口愈合不良等并发症。表明 ROSA 机器人辅助下立体定向脑深部电极植入术是定位准确和安全的。

目前, 采用 ROSA 机器人辅助下脑深部电极植入术探索脑深部电活动特征、定位脑深部致痫灶在我国才刚刚起步, 较头皮脑电图、视频脑电图、皮质脑电图 (ECoG) 更准确, 可快速、准确定位致痫灶, 为手术提供安全和准确保障^[8]。此外, 机器人机械臂可以自由摆动, 定位范围大, 手术入路不受限制, 且无需调整坐标和角度, 减少多次操作引起的失误和误差, 减少工作量, 具有其他方法 (如立体定位仪、无框架神经导航系统脑深部电极植入术) 无法比拟的优越性。

值得注意的是, 在实际工作中, 我们须遵循机器人临床应用手术准则。凡可以采用立体定向术治疗的患者, 均适宜应用 ROSA 机器人。适应证主要包括: (1) 脑深部血肿、囊肿、脓肿定向排空术。(2) 脑深部病变组织活检术。(3) 颅内病变局部药物注射。(4) 神经核团毁损术和脑深部电极植入术。(5) 立体定向脑电图定位致痫灶。禁忌证相对较少。我们完全可以相信, 机器人辅助神经外科医师手术的前景十分广阔。

参 考 文 献

- [1] Talairach J, Bancaud J, Bonis A, Szikla G, Tournoux P. Functional stereotaxic exploration of epilepsy. *Confin Neurol*, 1962, 22:328-331.
- [2] Serletis D, Bulacio J, Bingaman W, Najm I, González-Martínez J. The stereotactic approach for mapping epileptic networks: a prospective study of 200 patients. *J Neurosurg*, 2014, 121:1239-1246.
- [3] Song JK, Abou - Khalil B, Konrad PE. Intraventricular monitoring for temporal lobe epilepsy: report on technique and initial results in eight patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2003, 74:561-565.
- [4] Spire WJ, Jobst BC, Thadani VM, Williamson PD, Darcey TM, Roberts DW. Robotic image - guided depth electrode implantation in the evaluation of medically intractable epilepsy. *Neurosurg Focus*, 2008, 25:19.
- [5] Cardinale F, Cossu M, Castana L, Casaceli G, Schiariti MP, Misericocchi A, Fuschillo D, Moscato A, Caborni C, Arnulfo G, Lo Russo G. Stereoelectroencephalography: surgical methodology, safety, and stereotactic application accuracy in 500 procedures. *Neurosurgery*, 2013, 72:353-366.
- [6] Wu ZH, Tian ZM, Zhao QJ, Zhang JN, Xiao X, Wang H, Lin H, Wang FL. To locate the epileptic onset zone and treat the intractable epilepsy by robot assistant frameless system. *Zhuan Hua Yi Xue Za Zhi*, 2013, 2:30-34. [吴朝晖, 田增民, 赵全军, 张剑宁, 肖霞, 王红, 林鸿, 王福莉. 机器人无框架立体定向仪在顽固性癫痫定位和治疗方面的应用. *转化医学杂志*, 2013,

2:30-34.]

- [7] Lefranc M, Capel C, Pruvot AS, Fichten A, Desenclos C, Toussaint P, Le Gars D, Peltier J. The impact of the reference imaging modality, registration method and intraoperative flat-panel computed tomography on the accuracy of the ROSA® stereotactic robot. *Stereotact Funct Neurosurg*, 2014, 92:242-

250.

- [8] Zhang JG. Ten-year development of functional neurosurgery. *Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2010, 10:117-122.[张建国. 功能神经外科发展十年. 中国现代神经疾病杂志, 2010, 10:117-122.]

(收稿日期:2015-08-25)

· 小词典 ·

中英文对照名词词汇(四)

汉密尔顿抑郁量表

Hamilton Depression Rating Scale(HAMD)

亨廷顿病 Huntington's disease(HD)

横纹肌肉瘤 rhabdomyosarcoma(RMS)

红细胞沉降率 erythrocyte sedimentation rate(ESR)

花生四烯酸 arachidonic acid(AA)

环腺苷酸 cyclic adenosine monophosphate(cAMP)

黄体生成素 luteinizing hormone(LH)

回波时间 echo time(TE)

活动运动阈值 active motor threshold(AMT)

活化部分凝血活酶时间

activated partial thromboplastin time(APTT)

活化凝血时间 activated clotting time(ACT)

活性氧 reactive oxygen species(ROS)

获得性免疫缺陷综合征

acquired immunodeficiency syndrome(AIDS)

机器人无框架立体定向手术辅助系统

robotized stereotactic assistant(ROSA)

肌红蛋白 myoglobin(Mb)

肌酸激酶 creatine kinase(CK)

肌特异性肌动蛋白 muscle-specific actin(MSA)

激励次数 number of excitation(NEX)

急性炎性脱髓鞘性多发性神经根神经病

acute inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy (AIDP)

脊髓电刺激术 spinal cord stimulation(SCS)

脊索样脑膜瘤 chordoid meningioma(CM)

计算机辅助立体定向导航系统

computer-assisted stereotactic system(CASS)

N-甲基-D-天冬氨酸受体

N-methyl-D-aspartate receptor(NMDAR)

僵人综合征 stiffman syndrome(SPS)

降钙素基因相关肽 calcitonin gene-related peptide(CGRP)

交感皮肤反应 sympathetic skin response(SSR)

胶质纤维酸性蛋白 glial fibrillary acidic protein(GFAP)

接触蛋白相关蛋白-2 contactin-associated protein 2(Caspr2)

结蛋白 desmin(Des)

荆豆凝集素-1 ulex europaeus agglutinin-1(UEA-1)

静脉注射免疫球蛋白 intravenous immunoglobulin(IVIg)

静息运动阈值 resting motor threshold(RMT)

局灶性皮质发育不良 focal cortical dysplasia(FCD)

聚合酶链反应-限制性片段长度多态性

polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism(PCR-RFLP)

卡马西平 carbamazepine(CBZ)

抗癫痫药物 antiepileptic drugs(AEDs)

抗干燥综合征 A 型抗体

A type Sjögren's syndrome antibody(SSA)

抗核抗体 anti-nuclear antibody(ANA)

抗溶血性链球菌素 O anti-streptolysin O(ASO)

抗心磷脂抗体 anti-cardiolipin antibody(ACA)

抗中性粒细胞胞质抗体

anti-neutrophil cytoplasmic antibody(ANCA)

可提取性核抗原 extractable nuclear antigen(ENA)

空腹血糖 fasting blood glucose(FBG)

扩散张量成像 diffusion tensor imaging(DTI)

扩散张量纤维束示踪成像

diffusion tensor tractography(DTT)

狼疮抗凝物 lupus anticoagulant(LA)

立体定向脑电图 stereo-electroencephalogram(SEEG)

磷脂酶 C β phospholipase C β (PLC β)

磷脂酰肌醇 4,5-二磷酸

phosphatidylinositol 4, 5-bisphosphate [PI (4, 5) P₂]

磷脂酰肌醇 3-激酶 phosphatidylinositol 3-kinase(PI3-K)

卵泡刺激素 follicle stimulating hormone(FSH)

慢性炎性脱髓鞘性多发性神经根神经病

chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy (CIDP)

美国国立癌症数据库 National Cancer Data Base(NCDB)

美国国立医学图书馆 National Library of Medicine(NLM)

美国国立综合癌症网

National Comprehensive Cancer Network(NCCN)

美国精神病学学会 American Psychiatric Association(APA)

美国脑肿瘤登记数据库

Central Brain Tumor Registry of the United States (CBTRUS)

美国神经病学学会 American Academy of Neurology(AAN)

美国食品与药品管理局

Food and Drug Administration(FDA)