

· 临床研究 ·

Remebot 无框架脑立体定向手术临床分析

卢旺盛, 秦舒森, 刘钰鹏, 刘清, 刘倩倩, 李红玉, 田增民

【摘要】目的 探讨第六代无框架立体定向手术机器人 (Remote Medical Robot, Remebot) 的临床应用价值。方法 回顾性分析 65 例应用 Remebot 实施无框架脑立体定向手术的病例资料, 其中脑深部核团毁损术 47 例 (包括肌张力障碍 26 例、癫痫 15 例、帕金森病 6 例), 脑内病变活检 17 例, 颅咽管瘤腔内 Ommaya 囊植入术 1 例。结果 65 例病人均成功完成无框架定位手术, 定位操作均一次性完成, 无严重手术并发症, 平均用时 (25 ± 5) min, 定位精度 (0.63 ± 0.11) mm。17 例脑内病变活检, 均获得明确病理诊断: 星形细胞瘤 8 例, 淋巴瘤 4 例, 炎性病变 3 例, 转移癌 2 例。26 例肌张力障碍病人行内囊前肢毁损 17 例, 苍白球腹内侧核 (GPi) 毁损 9 例; 15 例癫痫病人, 行海马、杏仁核核团毁损; 6 例帕金森病行 GPi 毁损术。1 例颅咽管瘤腔内 Ommaya 囊植入, 术后症状明显改善。手术有效率 93.75% (45/48)。结论 Remebot 设计结构合理, 集成操作, 实用性强, 定位精确且操作方便, 手术安全可行, 具有广阔的应用前景。

【关键词】 立体定位技术; 机器人; 手术器械

中图分类号: R651.1

文献标志码: A

doi: 10.11850/j.issn.1009-122X.2017.02.007

Clinical analysis of Remote Medical Robot-assisted frameless stereotactic operation

Lu Wangsheng¹, Qing Shusen¹, Liu Yupeng¹, Liu Qing², Liu Qianqian¹, Li Hongyu², Tian Zengmin²

1. Department of Neurosurgery, Beijing Tiantan Puhua Hospital, Beijing 100050, China; 2. Department of Neurosurgery, Navy General Hospital of PLA, Beijing 100048, China

Abstract: Objective To investigate the clinical application value of the sixth generation Remote Medical Robot (Remebot). **Methods** The clinical data of 65 patients undergoing Remebot frameless stereotactic operation were analyzed retrospectively. The deep brain nucleus lesion was seen in 47 cases, including dystonia in 26, epilepsy in 15 and Parkinson's disease in 6. Brain biopsy was performed in 17 cases and Ommaya reservoir was implanted into the craniopharyngioma in 1. **Results** The surgical procedures were successful in all the cases without serious operation-related complications. Positioning operations were all completed once, the average operation time was 25 ± 5 min, and the average accuracy was 0.63 ± 0.11 mm. Seventeen cases of brain lesions were diagnosed by brain biopsy: astrocytoma in 8, lymphoma in 4, inflammatory lesions in 3 and brain metastases in 2. In 26 cases of dystonia patients, anterior limb stereotactic lesioning of the internal capsule was induced in 17 cases, and lesioning of the globus pallidus internus (GPi) in 9. Hippocampus and amygdala nucleus lesioning was performed in 15 patients with epilepsy. Lesioning of the GPi was carried out in 6 patients with Parkinson's disease. The symptoms of patient with craniopharyngioma were obviously improved after Ommaya reservoir implantation. And the surgical success rate was 93.75% (45/48). **Conclusions** The design of Remebot surgical robot is reasonable, the operation is practical and convenient with accurate positioning. The operation is safe and feasible, and has wide application prospect.

Key words: stereotaxic techniques; robotics; surgical instruments

随着现代微创理念快速发展,以达芬奇为代表的手术机器人逐渐应用于外科各个领域。海军总医院与北京航空航天大学专注于神经外科领域,在国家 863 项目支持下,成功开发出无框架立体定向机器人 (Remote Medical Robot, Remebot), 并进行多次技术革新^[1]。Remebot 具有微创、精准、高效、自动化程度高等特点,为神经系统疾病治疗提供新的帮助。在前五代 Remebot 成功应用的基础上,2015 年

5 月-2016 年 12 月,北京天坛普华医院应用第六代 Remebot 成功实施神经外科手术 65 例,取得满意效果,现报告如下。

1 对象与方法

1.1 病例资料 男 35 例,女 30 例;年龄 10 个月~62 岁,平均 33 岁。行脑深部核团毁损术 47 例 (其中肌张力障碍 26 例、癫痫 15 例、帕金森病 6 例),行脑内病变活检 17 例,颅咽管瘤腔内 Ommaya 囊植入术 1 例。

1.2 手术设备 (图 1) Remebot (国家创新器械审批受理号:械特 2015-087,北京柏惠维康科技有限公司) 包括 3 个平台:计算机手术规划平台、视觉手

基金项目: 国家 863 计划资助项目 (编号:2007AA04Z246)
作者单位: 100050 北京天坛普华医院神经外科 (卢旺盛、秦舒森、刘钰鹏、刘倩倩); 100048 北京,海军总医院神经外科 (刘清、李红玉、田增民)
通讯作者: 田增民, Email: tianzengmin@vip.sina.com

术导航平台和手术操作平台。计算机手术规划平台利用 CT 或 MRI 图像,重建颅内组织与病灶三维图像,便于手术医师确定手术路径,进行术前规划和手术模拟。视觉手术导航平台利用 Remebot 和视觉摄像头完成空间映射,统一医学图像空间与机器人手术空间的坐标关系。手术操作平台通过控制 Remebot 智能机器臂完成手术定位和操作。

1.3 手术步骤 (图 2)

1.3.1 术前定位准备: 将 3 枚定位标记点贴于病人头部,然后行头部 CT 或 MRI 扫描。注意将病灶及定位标记点显现于影像中,再将定位影像传输到机器人计算机系统 (图 2A)。

1.3.2 手术规划设计: 利用计算机手术规划软件,医生勾勒病灶,确定手术靶点,设计入颅点及穿刺路径 (图 2B)。

1.3.3 机器人定位: 手术视病人能否配合,选用局部麻醉或全身麻醉。塑形枕固定病人头部后,机

器人扫描定位标记点,确定安全手术范围。明确手术路径及靶点位置后,Remebot 机械臂在定位摄像监测下,自动移行至设计穿刺位置,手术医生确认机械臂位置与设计位置是否一致 (图 2C)。

1.3.4 手术实施: 常规消毒铺单,颅骨钻孔,穿刺进针,根据病情应用 Remebot 进行相应手术操作 (图 2D)。

1.4 临床观察与统计分析 重点观察靶点定位的准确性 (对靶点术前、术后进行影像学测量与对比),同时记录手术全程时间。对不同疾病采用不同评价标准:肌张力障碍应用 Ashworth 痉挛分级,运动功能评分按照 BFMDRS 量表评分;帕金森病应用 UPDRS 评分 (开时相和关时相);癫痫按国际抗癫痫联盟疗效评定标准 (Engel 分级)。对功能性疾病,术后随访 1~14 个月,平均 10 个月,观察症状改善情况。应用 SPSS16.0 统计软件行方差分析, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。



图 1 Remebot 设备外观 图 2 Remebot 手术过程 2A 头部贴标记点,供 CT 或 MRI 扫描 2B 计算机平台规划手术方案 2C Remebot 在视觉识别下进行自动定位 2D Remebot 进行立体定位手术

2 结果

65 例病人均应用 Remebot 实施手术,手术过程顺利,无相关严重手术并发症。从扫描定位开始至手术结束,平均用时 (25 ± 5) min。

47 例病人行脑深部核团毁损术,术后症状均有所改善;其中 26 例肌张力障碍病人中,行内囊前肢毁损术 17 例,苍白球腹内侧核 (GPi) 毁损 9 例;15

例癫痫病人均行海马、杏仁核核团毁损;6 例帕金森病人行 GPi 毁损。1 例颅咽管瘤病人进行囊液抽吸及 Ommaya 囊植入术,进行不定期抽吸囊液,术后病人症状明显改善。17 例病人行脑内病变活检,均获得明确病理诊断:星形细胞瘤 8 例,淋巴瘤 4 例,炎性病变 3 例,转移癌 2 例。

采用局部麻醉 28 例,病人术后 2~4 h 可进流

食,次日可下床活动;全身麻醉 37 例,病人术后 6 h 清醒后可进食,次日下床可行轻微活动。本研究病人术后当日均复查头部 CT,2 例病人发现术区有少量出血(分别为 2 ml 和 3 ml),经保守治疗而愈,未留永久后遗症;未发现手术造成颅内大量出血。

通过对比术前、术后影像靶点,定位误差为 (0.63 ± 0.11) mm。本研究病人平均住院时间 4 d,17 例活检病人均获得阳性结果(100%,17/17);其余病人术后随访 1~14 个月,平均 10 个月,手术有效率 93.75% (45/48)。15 例癫痫病人,术前均频繁发作,术后 Engel 分级: 级(术后癫痫发作完全消失或仅有先兆)8 例, 级(发作次数 ≤ 3 次/年)5 例, 级(发作明显改善,减少 $\geq 90\%$)2 例。

表 1 肌张力障碍与帕金森病手术前后功能评分对比 ($\bar{x} \pm s$)

项 目	术前	术后	F	P 值
肌张力障碍 ^①				
肌张力	2.5 ± 0.3	1.8 ± 0.6	0.53	>0.05
运动功能评分	56.7 ± 17.4	40.4 ± 12.8	29.11	<0.05
帕金森病 ^②				
开时相	51.3 ± 8.4	31.7 ± 7.6	83.47	<0.05
关时相	75.9 ± 10.3	35.4 ± 9.3	63.31	<0.05

注:①肌张力采用 Ashworth 痉挛分级,运动功能评分按照 BFMDRS 量表评分;②采用 UPDRS 评分,分开时相和关时相

3 讨 论

无框架立体定向手术是从有框架立体定向技术发展而来,国外 ROSA 和 iSys1 是重要代表^[2-3]。国内田增民教授团队历时 15 年完成无框架立体定向手术 6000 余例,建立了技术成熟、操作规范的一系列无框架立体定向手术程序^[4-5],前期应用于临床主要是第二代立体定向手术系统(被动式机械臂),后期开发的一系列立体定向机器人在网络传输及智能化方面更突出,但应用不够广泛。2014 年,在保证手术精度和手术效率前提下,自动化程度更高的第六代 Remebot 被开发应用。

3.1 无框架立体定向技术与神经导航技术的比较 无框架立体定向技术,与神经外科手术广泛应用的神经导航技术,有相近之处,其中计算机辅助定位是二者的共同基础,但二者也有明显区别^[6]: ①平台不同。神经导航设备主要提供开颅术中病灶的实时定位,而无框架立体定向技术可直接提供手术操作平台。②应用不同。神经导航设备主要满足开颅手术需求,引导术者应用显微外科器械切除病变,也能够辅助进行精度要求不高的立体定向手

术。无框架立体定向手术系统主要进行立体定向手术,目标靶点精确。由于 Remebot 操作简便,也可作为导航设备应用于神经外科手术;而神经导航也可用于立体定向手术。二者各有侧重,互相补充,但二者融合的趋势将越来越明显。

3.2 Remebot 与前期无框架立体定向手术系统的比较 Remebot 与前期无框架立体定向手术系统的区别:①机械臂操作由被动运动改为主动运动。②靶点定位从人为识别标记点升级为计算机视觉自动跟踪方式。③无框架立体定向机器人 Remebot 由“脑”、“眼”和“手”三部分组成,手术定向和操作功能合二为一,最终实现定位准确性、操作易用、自动化程度高等多个优势。Remebot 简化了手术操作步骤,提高使用简便性与手术精确度,同时明显提高工作效率。

本研究对比 Remebot 术前、术后靶点影像,定位误差为 (0.63 ± 0.11) mm。对于功能性疾病,如肌张力障碍、癫痫、帕金森病等,均可准确地到达预期靶点,实施射频毁损后可达到预期效果,整体有效率达 93.75% (45/48)。对于脑内病变活检,靶点定位精确,其中 17 例活检病人均获得阳性结果(100%,17/17)。临床应用结果表明:Remebot 操作方便,同时定位精确性高,满足各种立体定向手术要求。同时 Remebot 可搭载多功能操作平台,能够进行活检、抽吸、毁损、移植、内放疗等操作,治疗疾病范畴包括功能性脑疾病,如肌张力障碍、癫痫、帕金森病,扭转痉挛等,同时涵盖脑出血、脑囊肿、脑脓肿等颅内占位病变。

3.3 Remebot 与 ROSA 的比较 立体定向手术机器人(Robot Of Stereotactic Assistant, ROSA),为法国 Medtech 公司目前研发较成熟的一款立体定向机器人,在功能神经外科手术(如立体脑电图深部电极植入术)中,其功能展现尤为突出,克服了传统框架式立体定向仪和导航系统应用的局限性^[7]。ROSA 在国内多应用于癫痫治疗和深部脑刺激电极植入术^[8]。Remebot 的硬件与 ROSA 相近,二者异同点如下:①相同点,均是无框架立体定向设备,在提供定位功能同时提供操作平台,克服了传统框架式立体定向仪应用的局限性,实现操作自动化,在简便操作同时,保证了高精度完成功能神经外科手术。②不同点,二者在软件功能上各有特点,注册方式上 ROSA 采用自动面部轮廓识别,而 Remebot 采用头部标记方式,因此使用简便性略有不同。ROSA 在癫痫电极定向植入方面较突出,而 Remebot 采用三维重建、CT 或 MRI 图像融合,医生可观察病灶位置,自

主规划手术路径。对于二者的优缺点,尚需较大规模应用,而后进行总结分析。

微创外科的 21 世纪必将是手术机器人主导的时代^[9-10]。以微创伤为主要目标的现代立体定向神经外科,正朝着精细化、程序化方向发展。无框架脑立体定向手术代表了这一发展趋势,以 Remebot 和 ROSA 为代表的神经外科机器人已经进入一个崭新阶段。Remebot 设计结构合理,集成操作,实用性强,定位精确且操作方便,实施无框架立体定向手术安全可行,具有十分广阔应用前景。

【参考文献】

- [1] 田增民,卢旺盛,赵全军,等.无框架脑立体定向手术 1434 例临床分析[J].中华外科杂志,2007,45(10):702-704.
- [2] LEFRANC M, CAPEL C, PRUVOT A S, 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.
- [3] DORFER C, MINCHEV G, CZECH T, et al. A novel mini-

ature robotic device for frameless implantation of depth electrodes in refractory epilepsy [J]. J Neurosurg, 2016, 5: 1-7.

- [4] 尹丰,田增民,王田苗,等.第五代立体定向机器人系统的临床应用研究[J].中国微侵袭神经外科杂志,2008,13(8):355-357.
- [5] 田增民,卢旺盛,王田苗,等.遥操作脑立体定向手术的临床初步应用[J].中华外科杂志,2007,45(24):1679-1681.
- [6] 田增民.神经导航与无框架脑立体定向手术在神经外科中的应用[J].中华医学杂志,2001,81(17):1028-1029.
- [7] 周健,关宇光,鲍民,等.立体定向辅助系统引导颅内电极置入术在致痫灶定位中的作用[J].中华神经外科杂志,2015,31(2):173-176.
- [8] BRANDMEIR N, ACHARYA V, SATHER M. Robot assisted stereotactic laser ablation for a radiosurgery resistant hypothalamic hamartoma [J]. Cureus, 2016, 8(4): 581.
- [9] TIAN Z, LU W, WANG T, et al. Application of a robotic telemanipulation system in stereotactic surgery [J]. Stereotact Funct Neurosurg, 2008, 86(1): 54-61.
- [10] 刘钰鹏,田增民,惠瑞,等. Remebot 无框架脑立体定向手术系统的临床应用研究[J].中华外科杂志,2016,54(5):389-390.

(收稿日期:2017-01-10; 修回日期:2017-01-23)

《中国微侵袭神经外科杂志》投稿要求及注意事项

- 1 来稿应具科学性、先进性、逻辑性和实用性,要求资料真实、数据可靠、论点鲜明、结构严谨、文通字顺。论著、综述等一般不超过 4000 字(不包括图表和参考文献),经验类文稿、短篇及病例报告等不超过 2000 字。
- 2 来稿需附单位推荐信,推荐信应注明无一稿二投、不涉及保密及署名无争议。使用其他医院资料者需提供该医院的投稿证明。
- 3 基金项目: 论文所涉及的课题如获得国家或部、省级基金或属攻关项目,请在文稿首页脚注中注明,如“基金项目:××基金资助项目(基金编号:××××)”,并附基金证书复印件。如已获专利,请注明专利号。论文刊登后获奖者,请及时通知编辑部,并将获奖证书复印件邮寄本部。本刊赠送全年杂志一套。
- 4 本刊对稿件的处理权限: 根据《著作权法》,并结合本刊具体情况,凡在接到本刊收稿回复后 3 个月内未接到稿件处理意见者,系论文仍在审阅中。作者如欲投他刊,请与本刊联系,切勿一稿多投。按照《著作权法》有关规定,本刊可对来稿做文字修改、删节,凡有涉及原意的修改,则提请作者考虑。修改稿逾期 3 个月不寄回者,按自动撤稿处理。
- 5 版权: 来件一经接受刊登,第一作者需征得全部作者同意并在《著作权专有许可使用和独家代理授权书》上签名,该论文的专有使用权即归本刊编辑部所有。本刊编辑部有权以电子期刊、光盘版等其他方式出版已刊登的论文,未经本刊编辑部同意,该论文的任何部分不得转载他处。
- 6 请在投稿的同时将稿件审理费(60 元/篇)通过邮局(在汇款单附言中注明第一作者姓名或稿件编号及“审稿费”字样)汇至广州市流花路 111 号《中国微侵袭神经外科杂志》编辑部;邮政编码:510010;电话:(020 88654596);请勿汇给个人。刊用稿件另外收取发表费,附有彩图的稿件另收彩图印制工本费,款到后编辑部出具发票,并尽快安排论文发表。
- 7 请作者登录本刊网站(<http://www.cminsj.com/>),注册后提交稿件。为便于及时审稿、退修,不再接受 Email 或纸质投稿。