

## Remebot 无框架脑立体定向手术系统的临床应用研究

刘钰鹏 田增民 惠瑞 刘清 李红玉

随着机器人技术的发展和微创外科理念的提升, 医疗外科机器人已成熟应用到外科手术的各个领域。海军总医院与北京航空航天大学在国家 863 项目的支持下, 已完成五代机器人的研发, 并成功完成了较大量的无框架立体定向手术<sup>[1]</sup>。近年随着国家对机器人技术及数字化手术设备研发的高度重视及大力支持, 我们在原有五代机器人成功应用的基础上, 于 2014 年 12 月至 2015 年 5 月, 临床应用自动化的第六代机器人系统 (Remebot 无框架脑立体定向手术系统, 简称 Remebot) 成功实施手术 30 例, 取得满意效果。

## 资料与方法

## 一、一般资料

回顾性分析 2014 年 12 月至 2015 年 5 月利用 Remebot 进行神经外科手术的 30 例患者。男性 17 例, 女性 13 例, 年龄 1~72 岁, 平均年龄 35 岁。手术种类包括颅内病变活检 8 例、三叉神经痛周围神经射频治疗 6 例、脑深部肿瘤内放疗 6 例 (颅咽管瘤 5 例、星形细胞瘤 1 例)、帕金森病脑深部核团毁损 4 例、颅内血肿排空 4 例、脑囊肿抽吸 2 例。

## 二、手术设备

Remebot (神经外科机器人导航定位系统, 北京柏惠维康科技有限公司) 包括三个平台: 计算机手术规划平台、视觉手术导航平台和机器人手术操作平台 (图 1)。计算机手术规划平台利用 CT 或 MRI 医学图像重建颅内组织与病灶的三维图像, 便于医师确定穿刺路径, 进行术前规划和手术模拟 (图 2)。视觉手术导航平台利用机器人和视觉摄像头完成空间映射 (图 3), 实现医学图像空间与机器人手术空间的坐标关系统一。机器人手术操作平台通过控制智能机器人臂完成手术定位和操作。

## 三、手术步骤

1. 术前定位准备: 将 3 枚定位标记点贴于患者头部, 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中 (图 4)。

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, 设计入颅方向及穿刺路径。

3. 机器人定位准备: 手术视患者能否配合选用局部麻醉或全身麻醉。塑形枕固定患者头部后, 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, 机器人

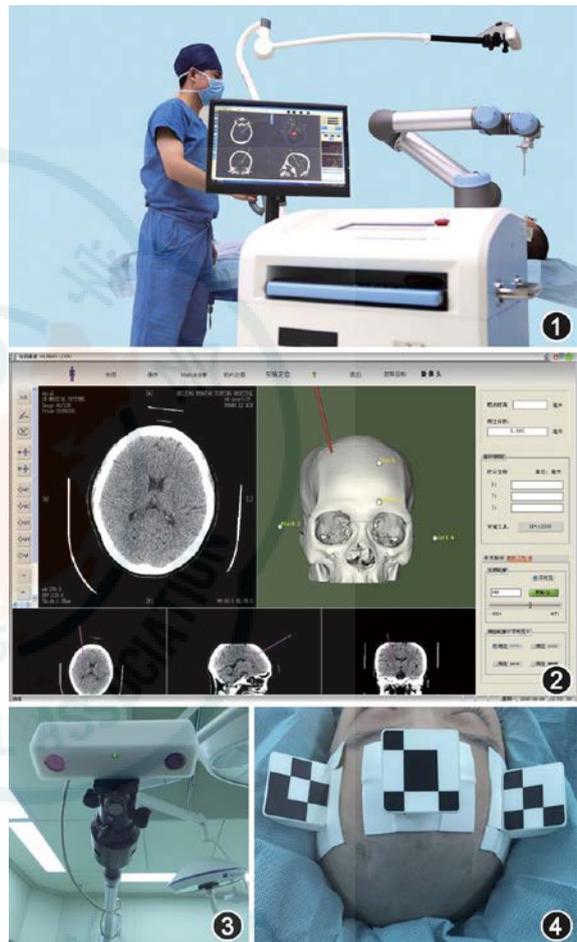


图 1 Remebot 无框架脑立体定向手术系统 Remebot 外观  
图 2 利用 Remebot 计算机规划平台设计规划手术入路  
图 3 Remebot 术中定位数据采集摄像头 图 4 Remebot 自动视觉识别的定位标志

机械臂在定位摄像下自动移动到设计穿刺位置, 手术医生再次确认机械臂位置与设计是否一致。

4. 手术实施: 常规消毒铺单, 颅骨钻孔, 穿刺进针, 根据病情需要应用 Remebot 进行相应手术操作。

## 结 果

本组 30 例患者应用 Remebot 实施手术, 手术过程顺利, 无手术并发症发生。从扫描定位开始到手术结束, 平均用时 (27 ± 6) min。5 例颅咽管瘤患者进行了囊液抽吸及 <sup>32</sup>P 注入内放疗, 1 例星形细胞瘤患者行 <sup>125</sup>I 籽粒植入。2 例四叠体囊肿患者进行了囊液抽吸 (分别吸出囊液 8 ml、12 ml, 术后

DOI: 10.3760/Icma.J.issn.0529-5815.2016.05.015

作者单位: 100048 北京, 海军总医院全军神经外科研究所 通信作者: 田增民; Email: tianzengmin@vip.sina.com

患者症状均有明显改善。4 例基底节区脑出血患者手术抽出积血 18 ~ 25 ml (占血肿总量的 70% ~ 80%), 术后置管引流 3 d。8 例患者行脑内病变活检, 均获得明确病理诊断: 星形细胞瘤 3 例、淋巴瘤 3 例、转移癌 1 例、炎性病变 1 例。4 例帕金森病患者, 给予 vim 和 GPi 核团毁损各 2 例, 术后患者肢体颤抖及僵硬均有所改善。6 例三叉神经痛患者行圆孔或卵圆孔入路三叉神经周围支射频热凝毁损, 4 例疼痛消失, 2 例疼痛明显改善。

局部麻醉患者 21 例, 术后 2 ~ 4 h 可进流食, 次日可下床活动; 全身麻醉患者 9 例, 术后 6 h 清醒后可进食, 次日下床轻微活动。本组患者术后次日均复查头部 CT 或 MRI, 未发现手术造成的颅内出血。通过靶点对比, 定位误差为  $(0.65 \pm 0.13)$  mm。本组患者平均住院时间 6 d, 术后随访 1 ~ 3 个月, 治疗患者手术有效率 95.4% (21/22), 8 例活检患者均获得阳性结果。

## 讨 论

我所历时 15 年完成无框架立体定向手术 6 000 余例, 建立了技术成熟、操作规范的一整套立体定向手术程序<sup>[2,3]</sup>。在以往开发的五代立体定向机器人中, 主要应用于临床的是第二代立体定向手术系统(被动式机械臂)。为提高手术精度和手术效率, 同时也与国际先进机器人技术接轨, 我们开发了自动化的第六代机器人系统 Remebot, 将机器人被动运动改为主动运动; 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。上述特点成为 Remebot 的技术核心所在, 也是与前期立体定向手术系统的本质区别。

Remebot 将三个平台合为一体。(1) 计算机手术规划平台: 一些原来需要手工完成的操作改由计算机自动完成, 提高了手术精度, 简化了系统操作流程。(2) 视觉手术跟踪平台: 采用计算机视觉跟踪方式和探测目标, 通过自动识别头部的特定标志点, 确定目标物体的位置, 从而解决了目标识别和动态跟踪的精度问题, 提高了计算机视觉跟踪范围和定位精度。(3) 机器人操作平台: 将手术定向和操作功能合二为一, 机器人既能在计算机视觉的引导下完成对手术器械的定位和跟踪, 又能作为实际定向手术的操作平台。

现代神经外科的目标是最大限度地去除病灶, 同时将手术创伤降到最低程度。如今, 神经外科微创手术的手段较多, 如 ROSA 机器人和开颅显微外科的神经导航系统等。ROSA 机器人在国内多用于癫痫治疗和深部脑刺激植入, 因价格昂贵, 应用较为局限。神经导航手术和无框架立体定向手术系统均属于微侵袭神经外科的分支, 计算机定位技术是二者的共同基础, 但二者有如下的明显区别<sup>[4]</sup>。(1) 起源不同: 神经导航起源于显微手术外科, 术中除了具有导航定位外, 其他操作与显微外科手术相仿; 无框架立体定向手术系统起源于有框架立体定向手术系统, 除了摆脱传统的框架外, 手术操作和治疗范围与后者相似。(2) 应用不同: 神经

导航设备主要满足开颅手术的需求, 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, 目标精确。(3) 手术精准性: Remebot 手术误差 < 1 mm, 而神经导航手术误差通常 > 2 mm。(4) 自动化程度: Remebot 能够动态跟踪患者, 并发出报警提示, 医师输入指令, 机械臂即可进行位姿调整, 并自动识别靶点, 无需重新进行手术规划, 更加稳定方便快捷。(5) 互联网远程手术: 新型立体定向机器人可以通过互联网实现远程手术规划, 遥操作手术机器人进行手术。但是, Remebot 尚存在以下缺点: (1) 不能代替术中 CT 或 MRI 实时引导。(2) 对局部麻醉患者配合要求较高, 塑形枕固定头部后, 患者头部不能移动, 对不能配合患者需选用全身麻醉。

Remebot 的应用简化了手术操作步骤, 提高手术精确度, 同时在定位过程中取消了传统立体定向框架, 减轻了患者痛苦。在打钻过程中应轻托患者下颌给予反作用力以避免打钻震动导致患者头部位移。对于术中需要进行靶点验证及功能监护的局部麻醉患者, 如患者不自主震颤严重可能影响手术精确度, 不应强行应用塑形枕而改用头架固定。

立体定向神经外科是现代微创神经外科的一个重要分支, 机器人辅助手术更是微创外科新的技术革命浪潮。随着现代医学影像技术、计算机技术和互联网技术的飞速发展, 机器人辅助的神经外科手术已经进入了一个崭新的阶段, 微创外科的 21 世纪必将是手术机器人主导的时代<sup>[5,6]</sup>。



扫描二维码  
观看本文相关视频

## 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] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Atluri P, Woo YJ. Minimally invasive robotic mitral valve surgery [J]. Expert Rev Med Devices, 2011, 8(1): 115-120.
- [6] 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.

(收稿日期: 2015-07-01)

(本文编辑: 夏爽)