doi:10.11659/jjssx.06E025152

·临床研究·

神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗脑脓肿的疗效分析

冉 旭,刘景鹏,彭菊红,张作鑫,谢 源,向 琰,杨 林,阴金波,刘国龙,吕胜青 (陆军军医大学第二附属医院神经外科,重庆 400037)

[摘 要] **目的** 评估神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗脑脓肿的临床疗效。**方法** 回顾性分析2018年1月至2024年12月我院收治的53例脑脓肿患者的临床资料,其中29例接受开颅脓肿切除术(开颅手术组),24例采用神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术(机器人辅助组)。比较2组患者手术时间、术中出血量、去骨瓣手术率、术后抗生素方案调整比例、术后住院时间、术后并发症发生率、病死率及术后6个月格拉斯哥预后评分(GOS)等指标。**结果** 与开颅手术组相比,机器人辅助组患者手术时间显著缩短,术中出血量显著减少,术后并发症发生率显著降低,差异均有统计学意义($P<0.05$);但2组患者在去骨瓣手术率、术后住院时间、病死率、术后6个月GOS及术后抗生素方案调整比例方面差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 对于脑脓肿患者,神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术作为一种精准、微创术式,能有效提升手术操作效率、缩短手术时间、减少术中创伤、降低术后并发症风险,具有较高的临床应用价值及推广潜力。

[关键词] 机器人辅助手术;脑脓肿;立体定向穿刺引流;微创手术;临床疗效
[中图分类号] R742.7 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-06-30

Therapeutic effect of neurosurgical robot-assisted stereotactic puncture and drainage for brain abscess

RAN Xu, LIU Jing-peng, PENG Ju-hong, ZHANG Zuo-xin, XIE Yuan, XIANG Yan, YANG Lin, YIN Jin-bo, LIU Guo-long, LYU Sheng-qing (Department of Neurosurgery, the Second Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400037, China)

Abstract: Objective To evaluate the clinical outcome of neurosurgical robot-assisted stereotactic puncture and drainage for brain abscess. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 53 patients with brain abscess admitted to our hospital from January 2018 to December 2024. Among them, 29 cases underwent craniotomy for abscess resection (craniotomy group), while 24 cases received neurosurgical robot-assisted stereotactic puncture and drainage (robot-assisted group). The operation time, intraoperative blood loss, decompressive craniectomy rate, proportion of postoperative antibiotic regimen adjustment, postoperative hospital stay, incidence of postoperative complications, mortality rate and Glasgow outcome scale (GOS) scores 6 months after surgery of patients were compared between the two groups. **Results** Compared with the craniotomy group, the robot-assisted group demonstrated significantly shorter operation time, less intraoperative blood loss, and lower incidence of postoperative complication, the differences were all statistically significant ($P<0.05$). However, there were no statistically significant differences in terms of decompressive craniectomy rate, postoperative hospital stay, mortality rate, GOS score, or proportion of the postoperative antibiotic regimen adjustment between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** As a precise and minimally invasive surgical method, neurosurgical robot-assisted stereotactic puncture and drainage for patients with brain abscess can effectively improve the operational efficiency, shorten the operation time, reduce intraoperative injury, and lower the risk of postoperative complications. It has high clinical application value and potential for widespread adoption.

Keywords: robot-assisted surgery; brain abscess; stereotactic puncture and drainage; minimally invasive surgery; clinical efficacy

脑脓肿是由化脓性病原体(细菌、真菌或寄生虫等)引起的严重颅内感染性疾病[1]。其临床表现具有多样性,典型症状涵盖头痛头晕、畏寒发热、局灶性神经功能障碍、恶心、频繁呕吐、谵妄及继发性癫痫发作等[2]。该疾病具有明确的病理分期,即急性脑炎期、化脓期及包膜形成期,早期诊断与干预对改善患者预后至关重要,延误治疗可能导致严重神经功能缺损甚至死亡[3-4]。根据欧洲脑脓肿诊疗指南的建议,除弓形虫感染病例外,所有具备手术指征的患者均应尽早接受脑脓肿抽吸术或切除术治疗[5]。对于体积较大或位置表浅的脑脓肿,常采用开颅脓肿切除术进行根治性处理。然而开颅脓肿切除术创伤大,恢复时间长,功能区、多发性及深部脑脓肿处理难度大、风险高,远隔部位(特别是双侧大脑半球)脑脓肿无法同期处理;立体定向穿刺引流术则因其微创和精准的优势,成为更佳的选择。相比之下,神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术兼备传统立体定向穿刺引流术的上述优势,同时还可避免传统立体定向穿刺引流术中流程繁琐

[基金项目] 重庆英才计划项目(CQYC20200303149)
[通信作者] 吕胜青,E-mail:lvsq0518@tmmu.edu.cn;刘国龙,E-mail:long9807@163.com

和定位偏差的问题,凭借其精准的空间定位能力和稳定的机械操控性能,为功能区、多发性及深部脑脓肿的微创治疗提供了新的方式,尤其适用于远隔部位脑脓肿的同期处理。为系统分析这些技术优势所带来的临床效益,本文拟通过回顾性队列研究分析神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗脑脓肿的疗效,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2018年1月至2024年12月在陆军军医大学第二附属医院诊治的53例脑脓肿患者的基线资料,按照手术方式将患者分成机器人辅助组(24例)及开颅手术组(29例)。机器人辅助组:男19例,女5例;年龄18~73岁;CT或MRI提示多发性脓肿5例;临床表现为头痛13例,发热8例,局灶性神经功能缺损14例,癫痫2例,临床表现隐匿2例;合并基础疾病12例。开颅手术组:男18例,女11例;年龄19~72岁;CT或MRI提示多发性脓肿4例;临床表现为头痛19例,发热6例,局灶性神经功能缺损16例,头晕恶心10例,癫痫6例;合并基础疾病18例。2组患者临床资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。本研究获陆军军医大学第二附属医院伦理委员会批准(批准号:2025-研第253-03)。

1.2 手术方法

机器人辅助组:患者术前在局部麻醉下安装颅骨定位标志钉,随后行薄层CT(层厚1 mm)扫描定位,将影像数据(薄层CT、MRI平扫增强及DTI)导入睿米®RM-100神经外科机器人(北京柏惠维康科技股份有限公司),然后进行多模态影像融合和三维重建,选择脓肿的中心点作为靶点,明确脓肿与周围重要神经纤维束的解剖关系。基于DTI纤维束示踪技术,可清晰显示皮质脊髓束、弓状纤维等关键白质纤维束的解剖结构,据此规划最优穿刺路径以避开重要功能区,并尽量沿脓肿长轴设计穿刺通道。全身麻醉成功后,患者取仰卧位,头架固定。静脉注射荧光素钠2.5 mg以备手术,按照术前手术计划,确定入颅标志点。切开头皮,以机器人专用开颅器械开颅骨孔1枚,直径约5 mm,电凝止血后切开硬脑膜,按术前计划,手动操作活检针到达病灶位置,见大量脓液涌出,遂退出活检针,置入直径4 mm的硅胶引流管,留取脓液标本送微生物培养以及微生物基因检测,随后将脓肿腔冲洗干净,留置引流管,自切口引出。术后预防性给予美罗培南+万古霉素或头孢曲松+甲硝唑抗感染治疗,后续根据病原学结果调整抗感染方案。复查颅脑CT提示脓液基本完全引流后拔除引流管并缝合引流管口。

开颅手术组:全身麻醉成功后,患者取仰卧位,头架固定。静脉注射荧光素钠2.5 mg以备手术,术前根据神经导航系统(美敦力)明确脓肿头皮表面投影,设计最佳骨瓣切口。常规骨瓣开颅,术中再次导航明确脓肿脑表面投影,湿棉片和纱布保护术区周围,然后脑穿刺针在神经导航系统引导下到达脓肿位置,抽吸脓液,荧光显微镜下彻底切除脓肿壁,随后彻底止血,冲洗术区,根据术中情况于脓肿腔或皮下留置引流管,逐层关颅,术后处理同机器人辅助组。

1.3 观察指标

比较2组患者手术时间、术中出血量、去骨瓣手术率、术后抗生素方案调整比例、术后住院时间、术后并发症(主要包括局灶性神经功能障碍、术区或远隔部位出血、继发性脑梗死、继发性癫痫、肢体静脉血栓形成、肺部感染)发生率、病死率等指标。

术后6个月门诊随访或通过电话随访,记录并比较2组患者格拉斯哥预后评分(Glasgow outcome scale,GOS),其中,1分:死亡,患者因脑损伤直接或间接导致死亡;2分:持续植物状态,患者无意识,可能有睡眠-觉醒周期,但不能与外界交流或做出有意义的反应;3分:严重残疾,患者有意识,但日常生活需要他人帮助(如穿衣、进食、行走等),无法独立生活;4分:中度残疾,患者可以独立生活,但存在神经或认知功能障碍(如记忆力下降、语言障碍、轻度偏瘫等),影响工作或社交能力;5分:恢复良好,患者基本恢复正常生活,可能仍有轻微神经或心理症状,但不影响日常功能。

1.4 统计学方法

数据采用SPSS 26.0软件进行统计学处理。符合正态分布的连续变量以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间差异比较使用两独立样本t检验;分类数据以率(%)表示,组间比较采用χ^2检验或*Fisher*精确检验。所有检验均采用双侧检验,显著性阈值设定为$\alpha=0.05$,$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者围术期及预后情况比较

与开颅手术组相比,机器人辅助组患者手术时间显著缩短,术中出血量显著减少,术后并发症发生率显著降低,差异均有统计学意义($P<0.05$);但2组患者在去骨瓣手术率、术后住院时间、病死率、术后6个月GOS及术后抗生素方案调整比例方面差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。

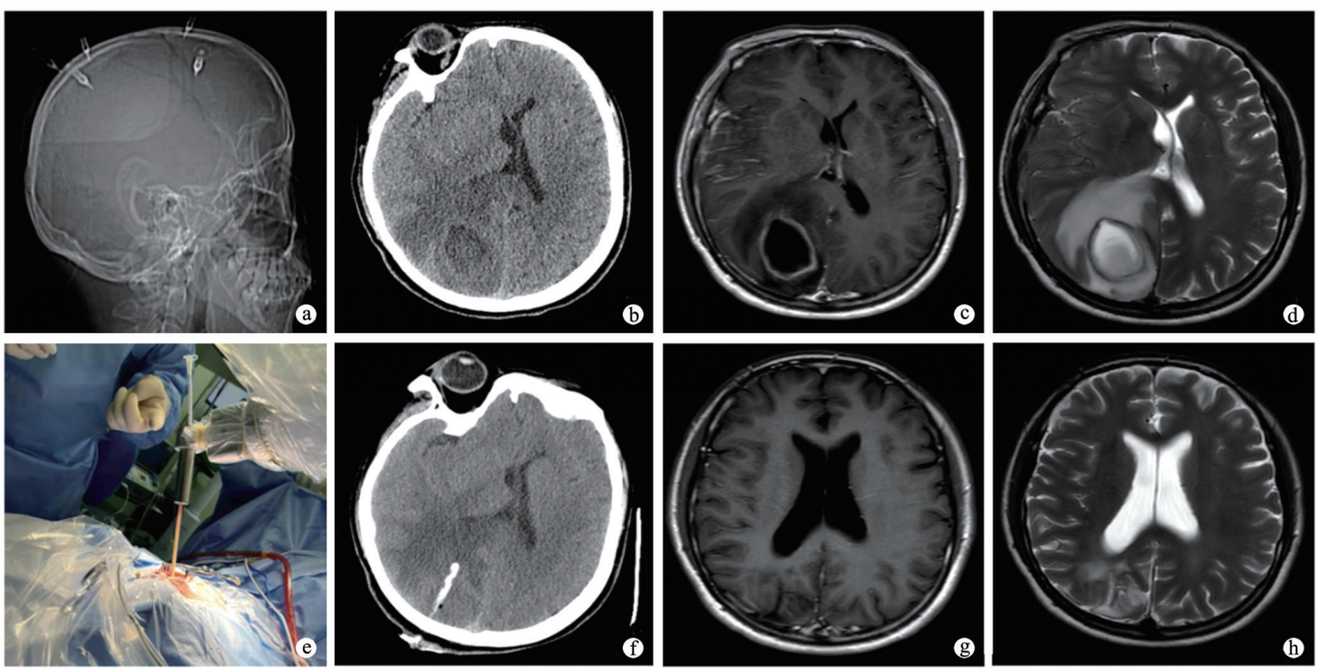
表1 机器人辅助组与开颅手术组患者围术期及预后情况比较

组别	n	手术时间(min)	术中出血量(mL)	术后住院时间(d)	术后6个月GOS(分)	病死[例(%)]	去骨瓣手术[例(%)]	术后并发症[例(%)]	术后抗生素方案调整[例(%)]
机器人辅助组	24	79.8±40.2	41.9±12.0	15.4±9.0	4.7±0.9	1(4.2)	0(0)	3(12.5)	11(45.8)
开颅手术组	29	217.2±71.0	276.6±22.4	19.4±8.2	4.5±1.0	1(3.4)	4(13.8)	15(51.7)	11(37.9)
t/χ^2		−8.843	−9.242	−1.699	0.878	-	-	9.008	0.338
P		0.000	0.000	0.095	0.384	1.000	0.118	0.003	0.561

-:采用*Fisher*精确检验

2.2 典型病例

典型病例1:患者,女,50岁,持续头痛半个月,头痛加重伴左侧肢体无力1周;神志清楚,左侧视野缺损,左侧上肢近端肌力Ⅱ级、前臂肌力Ⅲ级,下肢肌力Ⅲ级,其他检查未见异常;术前MRI提示右侧顶枕叶脑脓肿;采用神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗,出院时患者左侧视野缺损基本好转,四肢肌力Ⅴ级,见图1。



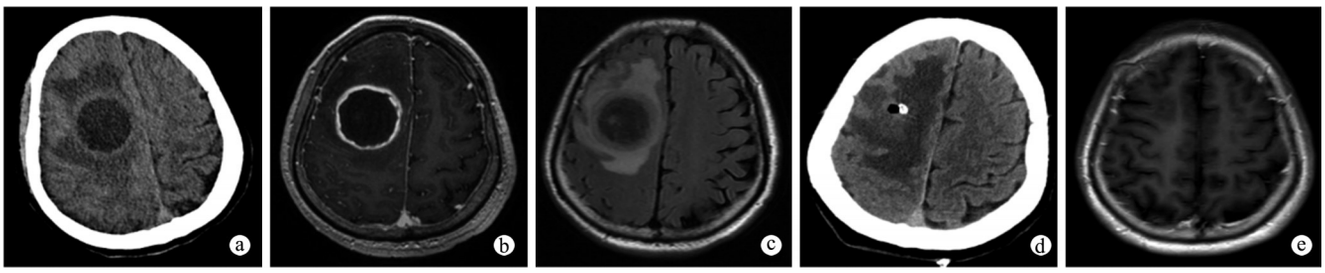
a:术前CT定位可见颅骨定位标志钉;b:术前CT可见顶枕叶影;c~d:术前MRI提示右侧顶枕叶脑脓肿;e:术中机器人辅助下抽吸脑脓肿;f:术后第1天复查CT提示引流管位于脓肿腔;g~h:术后6个月余复查MRI提示脑脓肿已完全吸收

图1 典型病例1

典型病例2:患者,男,61岁;头痛头晕9 d,加重伴左侧肢体乏力6 d;神志清楚,言语欠流利,左侧肢体肌力Ⅰ级,右侧肢体肌力Ⅴ级,其他检查未见异常;术前CT及MRI提示右侧额叶巨大脑脓肿。采用神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗,出院时查体:神志清楚,能下床自主活动,右侧肢体肌力Ⅴ级,左侧肢体肌力Ⅳ级;术后6个月余复查增强MRI提示脓肿完全吸收(图2)。

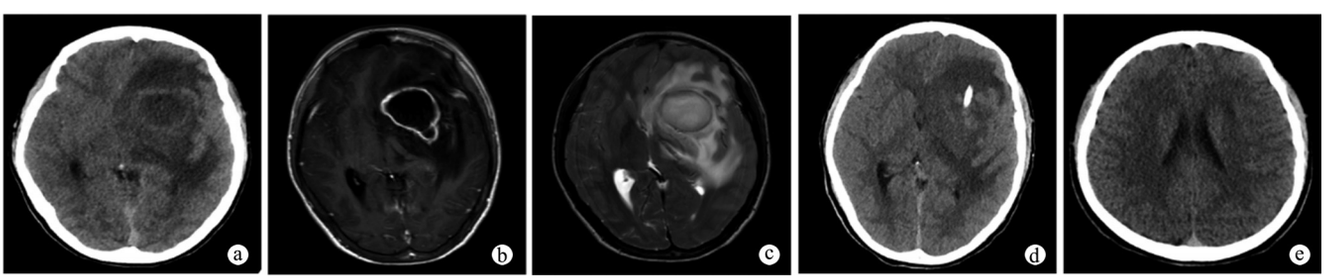
典型病例3:患者,男,18岁;头痛14 d,既往先天性心脏病史,否认高血压等其他病史;嗜睡状,主动脉瓣第二听诊区闻及隆隆样杂音,四肢肌力Ⅴ级,其他检查未见异常;术前CT及MRI提示左侧额颞叶巨大脑脓肿。采用神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗,出院时查体:神志清楚,主动脉瓣第二听诊区闻及隆隆样杂音,四肢肌力Ⅴ级;术后6个月余复查CT提示脓肿完全吸收(图3)。

典型病例4:患者,男,43岁,突发短暂意识丧失、四肢抽搐6 d;神志清楚,四肢肌力Ⅴ级,其他检查未见异常;术前MRI提示左侧额顶叶脑脓肿,采用开颅脓肿切除术。术后第5天患者意识障碍加重,复查CT提示脑水肿及中线偏移明显,急诊行去骨瓣减压术;出院时患者呈嗜睡状态,呼之睁眼,失语,查体不配合,刺痛右侧肢体回缩,左侧肢体自主活动,其他检查未见异常。术后6个月余复查MRI及CT提示左侧额顶部颅骨缺损,局部脑组织膨出,遂行颅骨修补术,术后1 d复查CT提示术区脑组织肿胀明显,钛网完全覆盖颅骨缺损处,出院时患者语言欠流利,对答基本切题,右侧上肢肌力Ⅲ级,右下肢肌力Ⅳ级,见图4。



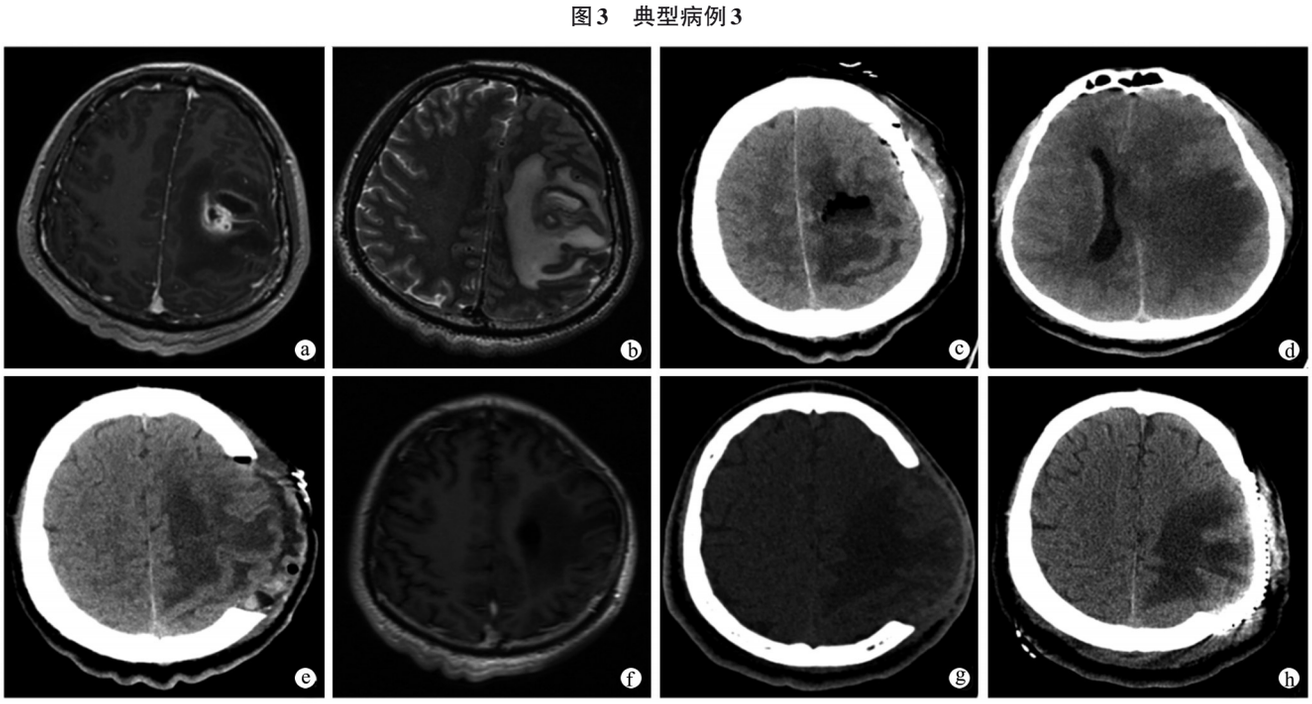
a~c:术前CT及MRI提示右侧额叶巨大脑脓肿;d:术后第1天复查CT提示引流管位于脓肿腔;e:术后6个月余复查增强MRI提示脓肿完全吸收

图2 典型病例2



a~c:术前CT及MRI提示左侧额颞叶巨大脑脓肿;d:术后第1天复查CT提示引流管位于脓肿腔;e:术后6个月余复查CT提示脓肿完全吸收

图3 典型病例3



a~b:术前MRI提示左侧额顶叶脑脓肿;c:脓肿开颅术后第1天复查CT;d:术后第5天复查CT提示脑水肿及中线偏移明显;e:去骨瓣减压术后第1天复查CT;f~g:术后6个月余复查MRI及CT提示左侧额顶部颅骨缺损,局部脑组织膨出;h:行颅骨修补术后1 d复查CT

图4 典型病例4

3 讨论

脑脓肿是一种脑实质内局灶性化脓性病变,该病临床表现多样,诊疗难度大,处理不当可导致不可逆的神经功能损害,甚至导致患者死亡。随着医学技术的进步,脑脓肿患者的致残率和病死率明显下降。研究显示,脑脓肿病死率已从上世纪的50%以上降至目前的3.1%[2,6-7]。先前脑脓肿的治疗主要依赖开颅切除或小骨窗穿刺引流,然而这些方法存在明显的局限性,如手术创伤大,持续时间久,出血量多,术后康复周期长,并发症发生风险高,功能区、多发性及深部脑脓肿手术处理难度大,尤其是无法同期处理远隔部位

(特别是双侧大脑半球)的多发性脑脓肿。近年来,脑脓肿的外科治疗策略发生了重大转变,由传统的病灶切除术逐渐过渡到微创的穿刺抽吸术。其中,传统立体定向穿刺引流术因操作安全性高、术后并发症少等优势[8],已成为临床优先考虑的治疗方案之一。神经外科机器人辅助手术技术在神经外科领域取得了重大进展,该技术为无框架立体定向技术,通过取消传统立体定向框架,不仅显著减少了患者的术中创伤和不适感,还优化了手术操作流程,缩短了手术持续时间。在国内外临床实践中,该技术已逐步推广应用,并在脑脓肿的诊疗过程中展现出显著优势,逐渐成为临床优先考虑方案。国内有研究表明,机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗脑脓肿临床效果显著,可实现安全快速引流,优化神经功能,改善患者预后及长期生存质量[9]。

我院引入神经外科机器人后,已将其成功应用于脑脓肿、脑肿瘤活检、三叉神经痛、脑出血(尤其是脑干出血)、药物难治性癫痫及帕金森等疾病的治疗,效果良好,其诊断准确性与传统立体定向技术相当,且更具微创、精准及高效优势[10-13]。脑脓肿治疗的原则是抗生素联合手术治疗,经验性应用广谱抗生素治疗的同时积极完善手术准备,根据脑脓肿位置选择合适的手术方式(开颅脓肿切除术或立体定向穿刺引流术),术中获取脓液送检,尽早明确致病微生物后针对性用药。但手术方式选择因人而异,部分学者主张开颅脓肿切除术,认为其病灶清除更彻底、复发率低;而另一些学者倾向于立体定向穿刺引流术,强调其微创和恢复快的优势,是治疗脑脓肿的有效方法,总体预后良好,且脑脓肿致死率与手术方式及操作技术无直接关联[14-17]。

目前,国内外关于神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗脑脓肿的临床研究较少。本研究初步证实了机器人辅助手术技术在治疗多发性脑脓肿中一次性处理全部脓肿的方式,相较于传统开颅脓肿切除术更具优势。本研究中,开颅手术组4例多发性脑脓肿患者仅处理了体积较大或位置相邻的脓肿,无法同期处理远隔部位(特别是双侧大脑半球)的其他脑脓肿;而机器人辅助组5例患者中,除个别微小脓肿外,对其他位置(包括远隔部位)的脑脓肿均成功实施了同期穿刺引流,且术后疗效显著。神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术通过高精度影像导航和机械臂定位系统实现了亚毫米级操作精度,能够规避皮质脊髓束等重要神经解剖传导通路、关键功能区及血管密集区(如中央前回、基底节等),显著降低术后神经功能缺损风险,适用于功能区、多发性及深部脑脓肿的处理,特别是位于双侧大脑半球的多发性脑脓肿,可一次性规划并完成多个脓肿的精准穿刺引流,避免传统开颅脓肿切除术的大范围暴露及脑组织牵拉[18-20]。

本研究中机器人辅助组在手术时间和术中出血量方面显著优于开颅手术组,与神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术的精准性、微创性相关,该术式通过精准的术前规划,实现微创小切口入路,有助于缩短手术时间并减少术中出血量。有研究显示,穿刺抽吸术的平均病死率为6.6%,低于开颅脓肿切除术(12.7%),且预后更佳[21];在住院时间和再手术率方面,开颅脓肿切除术优于穿刺抽吸术[22]。本研究在术后住院时间、病死率及术后6个月GOS等方面2组差异无统计学意义,可能与样本量较小有关,需进一步扩大样本量验证。

本研究中2组患者去骨瓣手术率比较无统计学差异,但考虑到本研究样本量有限、检验效能较低,此结果需谨慎解读。开颅手术组29例患者中4例患者进行了去骨瓣手术,其中1例患者进行了非计划二次手术,出院时遗留明显的神经功能障碍,后期再次行颅骨修补术(典型病例4);然而机器人辅助组24例患者均无需行去骨瓣手术等二次手术,多数患者预后良好(典型病例1~3),病例1直观反映了机器人辅助立体定向穿刺引流术的微创优势;病例2体现了机器人辅助立体定向穿刺引流术对功能区脑脓肿治疗的优势,可以实现精准引流而不增加对功能区的医源性损伤,更加有利于患者后期功能恢复;病例3出现意识障碍,合并心脏病,很难耐受急诊开颅脓肿切除术,而机器人辅助立体定向穿刺引流术以其精准、微创的优势成为这类患者更合适的选择。上述结果体现出了机器人辅助立体定向穿刺引流术的优势和临床价值,其可能具有降低去骨瓣手术等二次手术风险的潜力,但仍需开展大样本研究进一步验证。

本研究中机器人辅助组患者并发症发生率为12.5%,显著低于开颅手术组的51.7%。Cai等[23]的研究也显示,神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术具有不良事件发生率低及组织损伤轻等临床优势。原因可能是开颅脓肿切除术创伤大,暴露时间长、范围广,且手术过程中容易直接或间接引起回流静脉损伤,导致脑组织局部回流障碍、组织水肿、功能受损,进而导致患者术后局灶性神经功能障碍和感染播散发生率大大提高;相比之下,神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术创伤小,暴露时间短、范围小,污染风险小,且通过高精度影像导航和机械臂定位系统实现亚毫米级操作精度,能够规避皮质脊髓束等重要神

经解剖传导通路、关键功能区及血管密集区,显著降低术后神经功能缺损和感染播散风险。因此,对于位于功能区或深部难以到达区域的脑脓肿,神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术作为一种微创、精准的治疗方法具有显著优势。但开颅脓肿切除术在外科治疗中仍占有重要地位[24-25],其具有快速、确切的减压效果和处理复杂情况的强大能力,尤其对于合并严重脑水肿或脑疝的危重患者,仍需通过开颅脓肿切除术联合去骨瓣减压等治疗挽救生命。

综上所述,神经外科机器人辅助立体定向穿刺引流术作为一种精准、微创术式,在脑脓肿的治疗中表现出安全性高、操作简便、创伤小等优势,能有效缩短手术时间、降低并发症风险,具有较高的临床应用价值及推广潜力。

[参考文献]

[1] Brouwer MC, Tunkel AR, Mckhann GM 2nd, et al. Brain abscess[J]. N Engl J Med, 2014, 371(5): 447-456. doi: 10.1056/NEJMra1301635.

[2] Brouwer MC, Coutinho JM, van de Beek D. Clinical characteristics and outcome of brain abscess: systematic review and meta-analysis[J]. Neurology, 2014, 82(9): 806-813. doi: 10.1212/wnl.0000000000000172.

[3] Zhang Z, Liu J, Su L, et al. Case report: two case reports of cryptogenic brain abscess caused by Fusobacterium nucleatum and literature review[J]. Front Neurosci, 2023, 17: 1248493. doi: 10.3389/fnins.2023.1248493.

[4] De Andres Crespo M, Mckinnon C, Halliday J. What you need to know about brain abscesses[J]. Br J Hosp Med (Lond), 2020, 81(8): 1-7. doi: 10.12968/hmed.2020.0103.

[5] Bodilsen J, D'Alessandris QG, Humphreys H, et al. European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases guidelines on diagnosis and treatment of brain abscess in children and adults[J]. Clin Microbiol Infect, 2024, 30(1): 66-89. doi: 10.1016/j.cmi.2023.08.016.

[6] Glynn E, Kilgarriff S, O'Connor C, et al. Adult intracranial bacterial abscesses in Ireland (2010-2021) associated with a low mortality. Luck of the Irish?[J]. Br J Neurosurg, 2025: 1-8. doi: 10.1080/02688697.2025.2538490.

[7] Bodilsen J, Dalager-Pedersen M, van de Beek D, et al. Incidence and mortality of brain abscess in Denmark: a nationwide population-based study[J]. Clin Microbiol Infect, 2020, 26(1): 95-100. doi: 10.1016/j.cmi.2019.05.016.

[8] Lange N, Berndt M, Jörger AK, et al. Clinical characteristics and course of primary brain abscess[J]. Acta Neurochir (Wien), 2018, 160(10): 2055-2062. doi: 10.1007/s00701-018-3633-6.

[9] 倪升远,张 旺,鲍得俊. 机器人辅助立体定向脑脓肿穿刺抽吸术的临床应用研究(附4例报告)[J]. 立体定向和功能性神经外科杂志, 2022, 35(6): 370-373. doi: 10.19854/j.cnki.1008-2425.2022.06.0010.

[10] Wu S, Wang J, Gao P, et al. A comparison of the efficacy, safety, and duration of frame-based and Remebot robot-assisted frameless stereotactic biopsy[J]. Br J Neurosurg, 2021, 35(3): 319-323. doi: 10.1080/02688697.2020.1812519.

[11] Wu S, Wang H, Wang J, et al. Effect of robot-assisted neuroendoscopic hematoma evacuation combined intracranial pressure monitoring for the treatment of hypertensive intracerebral hemorrhage[J]. Front Neurol, 2021, 12: 722924. doi: 10.3389/fneur.2021.722924.

[12] 汪玉棋,郤国虎,蒋 伟. 脑深部电刺激治疗帕金森病定位方式的研究进展[J]. 局解手术学杂志, 2024, 33(2): 183-186. doi: 10.11659/jjssx.02E023136.

[13] Kogias E, Altenmüller DM, Karakolios K, et al. Electrode placement for SEEG: combining stereotactic technique with latest generation planning software for intraoperative visualization and postoperative evaluation of accuracy and accuracy predictors[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2022, 213: 107137. doi: 10.1016/j.clineuro.2022.107137.

[14] Bodilsen J, Duerlund LS, Mariager T, et al. Clinical features and prognostic factors in adults with brain abscess[J]. Brain, 2023, 146(4): 1637-1647. doi: 10.1093/brain/awac312.

[15] Lannon M, Trivedi A, Martyniuk A, et al. Surgical aspiration versus excision for intraparenchymal abscess: a systematic review and meta-analysis[J]. Br J Neurosurg, 2022, 36(6): 743-749. doi: 10.1080/02688697.2022.2118231.

[16] Murakami K, Kidani T, Nakajima S, et al. Effectiveness of surgical excision in preventing recurrence of multilocular brain abscess[J]. Cureus, 2025, 17(3): e80105. doi: 10.7759/cureus.80105.

[17] Zhang C, Hu L, Wu X, et al. A retrospective study on the aetiology, management, and outcome of brain abscess in an 11-year, single-centre study from China[J]. BMC Infect Dis, 2014, 14: 311. doi: 10.1186/1471-2334-14-311.

[18] Tabourel G, Le Turnier P, Buffenoir K, et al. Robot-assisted stereotactic multiple brain abscesses' puncture: technical case report[J]. Acta Neurochir (Wien), 2022, 164(3): 845-851. doi: 10.1007/s00701-021-04955-4.

[19] Stevens DC, Asfora WT. 8-year-old patient with multiple large cerebral abscesses successfully treated with stereotactic aspiration: case report and literature review[J]. S D Med, 2013, 66(10): 420-423.

[20] 杨 楠,高 艳,刘 丽,等. 大脑中央核心区白质纤维束解剖[J]. 局解手术学杂志, 2022, 31(2): 93-98. doi: 10.11659/jjssx.11E021176.

[21] Ratnaike TE, Das S, Gregson BA, et al. A review of brain abscess surgical treatment--78 years: aspiration versus excision[J]. World Neurosurg, 2011, 76(5): 431-436. doi: 10.1016/j.wneu.2011.03.048.

[22] Sarmast AH, Showkat HI, Kirmani AR, et al. Aspiration versus excision: a single center experience of forty-seven patients with brain abscess over 10 years[J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2012, 52(10): 724-730. doi: 10.2176/nmc.52.724.

[23] Cai Y, Liu J, Jia G, et al. Clinical characteristics, complications, and outcome of brain abscess treated by stereotactic aspiration: a retrospective analysis[J]. BMC Infect Dis, 2025, 25(1): 373. doi: 10.1186/s12879-025-10770-4.

[24] Aras Y, Sabanci PA, Izgi N, et al. Surgery for pyogenic brain abscess over 30 years: evaluation of the roles of aspiration and craniotomy[J]. Turk Neurosurg, 2016, 26(1): 39-47. doi: 10.5137/1019-5149.Jtn.15099-15.1.

[25] Chen M, Low DCY, Low SYY, et al. Management of brain abscesses: where are we now?[J]. Childs Nerv Syst, 2018, 34(10): 1871-1880. doi: 10.1007/s00381-018-3886-7.

(编辑:杨 颖)