

## 多模态影像三维重建技术在功能区及其毗邻部位 脑肿瘤手术中的应用

邱俊 张朝贵 易勇 江竞成 张超 罗鹏

宜宾市第二人民医院,四川 宜宾 644000

通信作者:张朝贵

**【摘要】** 目的 探讨基于多模态影像三维重建技术辅助功能区及其毗邻部位脑肿瘤手术中的作用。**方法** 回顾性分析 2019-04—2021-06 宜宾市第二人民医院神经外科收治的 21 例功能区及其毗邻部位脑肿瘤患者的临床资料。术前使用多模态影像三维重建技术,根据重建影像进行综合评估并实施手术,通过与术中所见与术后疗效综合评估有效性。**结果** 所有患者术中所见与术前重建影像均高度一致。其中 19 例患者术前均成功实现颅骨、脑组织、肿瘤、血管及白质纤维束走行的三维重建和融合,2 例患者无法辨认功能区脑回和肿瘤的关系。21 例患者中,肿瘤全切 17 例,次全切 1 例,3 例部分切除。术后出现 1 例一过性肢体活动障碍和 1 例一过性语言障碍,均恢复良好。**结论** 利用多模态影像三维重建技术有助于在术前对于肿瘤与功能区脑回、锥体束及脑血管之间的关系进行精确评估,制定完备的手术方案,最大程度保护神经功能,并能提高肿瘤的全切除率。

**【关键词】** 脑肿瘤;功能区;多模态;三维影像

**【中图分类号】** R739.41 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110 (2022) 05-0583-04

**基金项目:** 宜宾市卫健委科研课题(编号:2019YW020)

### Application of multimodal image 3D reconstruction technique in the operation of brain tumors in functional areas and adjacent areas

QIU Jun, ZHANG Chaogui, YI Yong, JIANG Jingcheng, ZHANG Chao, LUO Peng

The Second People's Hospital of Yibin, Yibin 644000, China

Corresponding author: ZHANG Chaogui

**【Abstract】 Objective** Explore 3d reconstruction based on multimodal image technology in the area and its adjacent to the site application effect of brain tumour surgery. **Methods** A retrospective analysis was performed on the clinical data of 21 patients with brain tumors in functional areas and adjacent areas admitted to the neurosurgery department of our hospital from April 2019 to June 2021. Preoperative case data of brain tumors in the auxiliary functional area and its adjacent areas were used for comprehensive evaluation and operation according to the reconstruction images, and the effectiveness was comprehensively evaluated by the intraoperative observation and postoperative efficacy. **Results** The intraoperative findings of all patients were highly consistent with those of preoperative reconstruction. Among them, 19 patients successfully achieved preoperative THREE-DIMENSIONAL reconstruction and fusion of the skull, brain tissue, tumor, blood vessels and white matter fiber bundles, and 2 patients could not identify the relationship between the functional area of the brain gyrus and the tumor. Total resection in 17 cases, subtotal resection in 1 case, partial resection in 3 cases. After operation, 1 case had transient physical activity disorder and 1 case had transient speech disorder. **Conclusion** The use of multi-modal image three-dimensional reconstruction technology is helpful to accurately evaluate the

DOI: 10.12083/SYSJ.220387

收稿日期 2022-03-26 本文编辑 张喜民

本文引用信息:邱俊,张朝贵,易勇,江竞成,张超,罗鹏.多模态影像三维重建技术在功能区及其毗邻部位脑肿瘤手术中的应用[J].中国实用神经疾病杂志,2022,25(5):583-586. DOI: 10.12083/SYSJ.220387

**Reference information:** QIU Jun, ZHANG Chaogui, YI Yong, JIANG Jingcheng, ZHANG Chao, LUO Peng. Application of multimodal image 3D reconstruction technique in the operation of brain tumors in functional areas and adjacent areas [J]. Chinese Journal of Practical Nervous Diseases, 2022, 25 (5) : 583-586. DOI: 10.12083/SYSJ.220387

relationship between the tumor and the functional areas of the gyrus, pyramidal tract and cerebrovascular before surgery, develop a complete surgical plan, protect the neural function to the greatest extent, and improve the total resection rate of the tumor.

**【Key words】** Brain tumor; Functional areas; Multimodal; 3D images

位于功能区或毗邻部位的肿瘤,术中切除范围和神经功能保留密切相关。因此,术前充分评估肿瘤与周围重要结构的关系非常必要。随着多模态影像三维重建技术的发展,已经能够很好的实现颅骨、脑肿瘤、脑血管及白质纤维束等的三维可视化<sup>[1-3]</sup>,但是既往的研究一般最多融合 3 个模态的影像<sup>[4]</sup>。本研究应用多模态影像三维重建技术构建脑肿瘤与周围结构的模型,探索该技术在上述部位肿瘤手术中的作用。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性分析 2019-04—2021-06 于宜宾市第二人民医院神经外科进行手术治疗的肿瘤患者的临床资料。纳入标准:(1)6 岁<年龄<75 岁;(2)术前头颅磁共振提示功能区(运动、语言、视觉中枢)及其相邻脑回肿瘤占位性病变,术后病理结果提示肿瘤(以 WHO 分级为准);(3)初次诊断为肿瘤患者;(4)术前患者行颅脑 MRI 和 CT 扫描。排除标准:(1)术中因脑膨出、其他部位出血导致去骨瓣、再次手术患者;(2)术后病理结果显示除肿瘤外的其他病变;(3)术后 3 个月内死亡患者。

### 1.2 数据的采集和处理

**1.2.1 数据采集:**所有患者均于术前采用美国 GE3.0 磁共振(SGINA Pioneer)进行磁共振扫描,扫描序列包括平扫和增强的 3DT1 序列(回波时间为 3.3 器 ms,重复时间为 8.6 ms,矩阵为 256×256,视场 240 mm×240 mm,层厚为 1 mm);弥散张量成像 DTI 序列(25 个 Dir,回波时间为 78 ms,重复时间为 6 000 ms,矩阵为 128×128,视场 240 mm×240 mm,层厚为 3~5 mm);256 排螺旋 CT(美国 GE 公司)进行 CT 扫描,包括 CT 平扫、CTA、CTV(螺距:0.99,管电压 100 kV,动态毫安,层厚 0.625 mm);

**1.2.2 数据配准:**将采集到的影像数据以 DICOM 格式导出工作站,并导入到 MATLAB R2018a 里的 SPM12,以 CT 平扫为基准,进行多序列的配准。

**1.2.3 三维重建多模态影像:**将 MRI、CT 影像数据导入 3D Slicer 软件<sup>[3-5]</sup>,首先对多模态影像用“Registration 模块”进行影像配准,对感兴趣区域利用“Editor 模块”进行半自动分割,最后利用“volume rendering 模块”和“Model 模块”对大脑皮质、血管、肿瘤、功能区、纤维束等结构进行三维重建。

**1.2.4 制定术前计划:**模拟患者手术体位,根据三维影像中的肿瘤位置,肿瘤供血动脉以及引流静脉的走行,肿瘤与重要白质纤维束的关系,制定手术方案,并在虚拟影像上设计皮瓣、骨瓣和手术路径,标记与手术相关的重要解剖位置,与术中对比。

**1.3 手术方式** 所有患者均参考三维重建融合图像制定手术计划,从手术切口和骨瓣的设计、判断肿瘤供血动脉以及引流静脉的走行,肿瘤与重要白质纤维束的关系等,术中将重建影像与所见对比,再次辨认相互关系,最后均由同一手术经验丰富的神经外科主任医师在显微镜下切除肿瘤。

**1.4 随访** 21 例患者出院后均于门诊随访。出院后第 1~3 个月复查头颅 MRI(平扫+增强),同时检查患者的运动及语言功能。

## 2 结果

**2.1 入组患者信息** 共有 21 例患者入组,其中男 11 例,女 10 例;年龄 6~67 岁;肿瘤位于额叶 9 例,顶叶 6 例,颞叶 5 例,丘脑区 1 例;头痛、头晕、恶心 6 例,癫痫发作 8 例,肢体肌力下降 5 例,言语表达困难 1 例,言语理解困难 1 例;脑膜瘤 12 例,胶质母细胞瘤 3 例,星形细胞瘤 3 例,室管膜瘤 2 例,毛细胞星形细胞瘤 1 例。

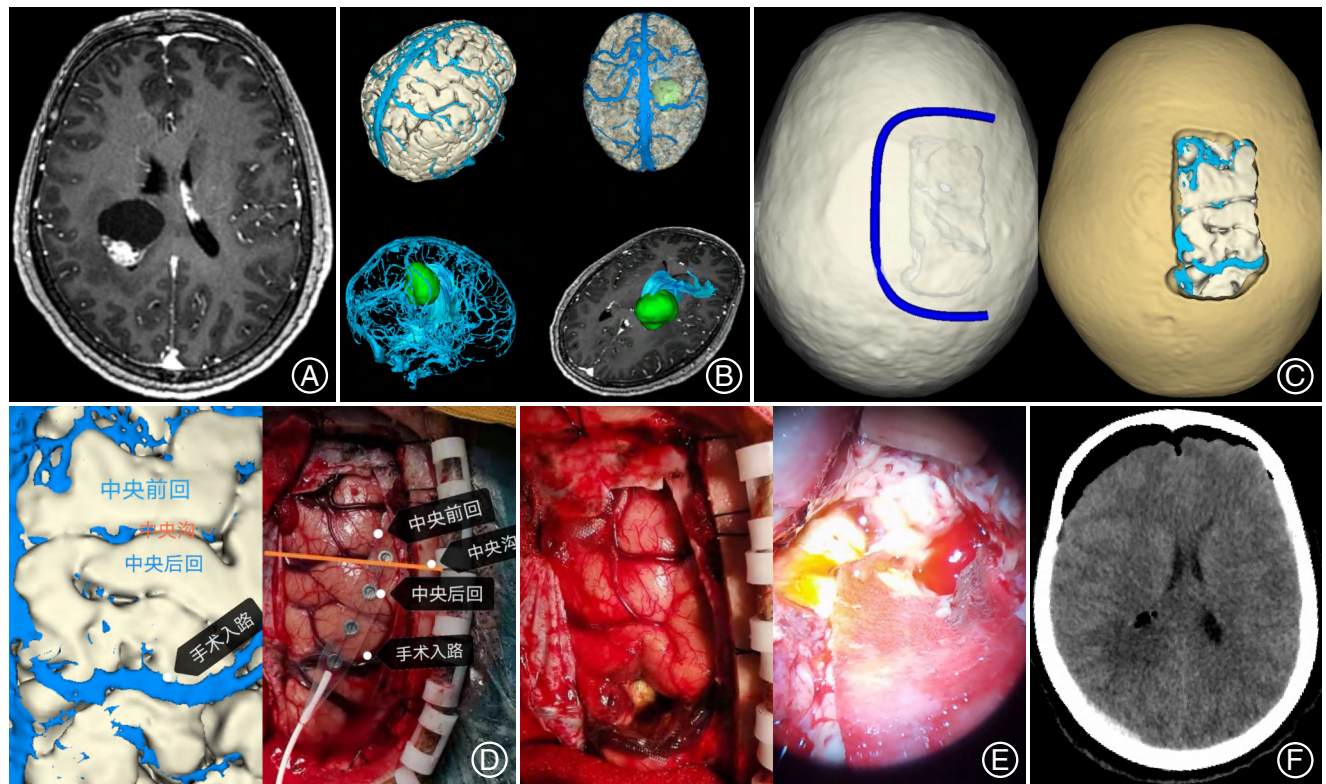
**2.2 多模态影像三维重建术前评估的准确性** 19 例患者能够利用脑沟、脑回的形状和引流血管的走向,以及重要的白质纤维束与肿瘤的关系确定功能区和肿瘤的位置;2 例因肿瘤体积巨大、颅内压高、脑回严重变形、功能区脑回与肿瘤的关系在重建图像上难以辨认。所有患者术中所见对比术前重建影像高度一致。

**2.3 手术结果及并发症** 21 例患者中,评估脑膜瘤切除程度采用 Simpson 标准。脑膜瘤 12 例患者肿瘤均全切,胶质母细胞瘤 1 例全切,1 例次全切,1 例部分切除,星形细胞瘤 3 例全切,室管膜瘤 1 例全切,1 例部分切除,毛细胞星形细胞瘤位于丘脑区 1 例部分切除。5 例术前有一侧肢体活动障碍的患者,2 例活动障碍加重,1 例 3 个月后恢复正常,1 例肢体活动恢复到术前,其余 3 例术后 1 个月内恢复正常;1 例术前无肢体活动障碍患者,术后出现一侧肢体活动障碍,1 个月后恢复正常;2 例术前有语言功能障碍患者,1 例术后 1 周后恢复正常,1 例术后加重,2 周后恢复到术前。

**2.4 随访结果** 随访时间为 1~12 个月,均行磁共振平扫和增强复查,2 例胶质母细胞瘤术后复发,其余

患者无复发。典型病例:女,41岁,右利手,发复头痛1个月。术前将多模态影像数据配准,3D Slicer软件重建三维模型并进行影像融合。对肿瘤与功能区脑

回、纤维束的关系及肿瘤周围的血管分布情况进行评估,选择最佳手术入路,随后在显微镜下全切肿瘤组织,术后未出现抽搐、偏瘫、失语等并发症(图1)。



注:A:术前MRI示右额顶叶囊实性占位;B:术前多模态影像三维重建,了解到肿瘤与中央前、后回关系紧密、对锥体束纤维有压迫,部分有断裂(蓝色为静脉系统,绿色为肿瘤,深蓝为锥体束纤维);C:模拟手术切口和骨窗设计;D:术中所见与术前重建影像高度吻合,避开中央前、后回及血管选择最佳入路;E:显微镜下肿瘤形态和肿瘤全切后;F:术后6h CT复查无出血

图1 典型病例影像学资料

Figure 1 Imaging data of typical cases

### 3 讨论

功能区及其毗邻部位的脑肿瘤,目前治疗手段仍然以手术为主,术者术前需要反复观看患者检查影像进行手术计划的制定和风险评估。现有的神经影像数据均为单模态,且为二维图像,不能融合显示。在此背景下,多模态影像三维重建技术逐渐发展起来,并应用于脑肿瘤、脑血管病、癫痫等神经外科领域<sup>[6-15]</sup>。大脑半球中一些重要脑沟,包括其内走行的静脉等,其解剖位置在大脑半球相对恒定,正好为本研究利用该技术进行相关术前模拟及术中比对提供了良好的参照物。

本研究所有影像重建工作均由参与手术的神经外科医生完成,相比由影像科医生处理,能够最大程度重建手术需要的有价值信息。从典型病例可以看到,该技术能够将多模态影像数据三维重建后融合高质量显示,完整还原肿瘤与周围结构的关系,且能够在软件上360°旋转,通过不同角度观察肿瘤与功

能区、主要回流静脉,以及肿瘤与白质纤维束的关系制定手术计划,并指导术中切除策略:(1)术前明确纤维束与肿瘤之间的关系:是压迫、还是侵袭,位于肿瘤的具体方位,从而减少对纤维束的牵拉和损伤,降低术后神经功能障碍的发生率;(2)暴露脑组织后,肿瘤边界难以分辨,尤其是部分低级别胶质瘤更是无法分辨,但通过术前重建融合图像对比术中所见,能够很容易确定肿瘤的切除范围。本组21例脑肿瘤患者均取得了良好的手术效果,该技术起到了很好的辅助作用。

本文研究过程中还是发现了多模态影像三维重建技术的一些不足:(1)该方法对于不是浅表部位或肉眼难以分辨的肿瘤,仍可能需要结合术中磁共振<sup>[16]</sup>、荧光造影、术中超声等<sup>[17-21]</sup>,甚至需要依靠术者丰富的手术经验进行综合判断。(2)部分患者影像上脑回由于肿瘤及其水肿导致变形<sup>[22]</sup>、移位,重建后无法辨别;目前影像扫描技术所限导致小直径血管重建不清

晰,上述原因导致术前重建影像一些细节丢失<sup>[23]</sup>。因此,对于部位深、体积大、脑压高、病灶周围无粗大静脉的肿瘤要慎重评估,不能完全依赖术前重建影像。(3)多模态融合先决条件是数据的配准,目前还没有一个比较完美和易用的配准模块,故对重建者软件技术要求较高,导致该项技术目前还无法普及运用。(4)由于该技术仍在不断发展完善中,目前病例数偏少,故暂没有对同一类肿瘤进行分析,后期会针对相同肿瘤进行研究对比和分析,进一步验证该技术的价值。

本研究所运用的技术在功能区及其毗邻部位脑肿瘤的手术中具有确切价值<sup>[24]</sup>,对于上面提到的不足,笔者认为随着以后影像扫描技术,影像重建软件以及 AR、AI 等技术的发展,重建过程会越来越简便,重建影像将更接近现实,多模态影像三维重建技术将会更广泛应用于临床实践。

#### 4 参考文献

- [1] ŠTEŇO A, HOLLÝ V, MENDEL P, et al. Navigated 3D-ultrasound versus conventional neuronavigation during awake resections of eloquent low-grade gliomas: a comparative study at a single institution[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2018, 160(2): 331–342. DOI: 10.1007/s00701-017-3377-8.
- [2] HOU X, YANG D, LI D, et al. A new simple brain segmentation method for extracerebral intracranial tumors[J]. *PLoS One*, 2020, 15(4): e0230754. DOI: 10.1371/journal.pone.0230754.
- [3] ZHANG F, NOH T, JUVEKAR P, et al. SlicerDMRI: Diffusion MRI and Tractography Research Software for Brain Cancer Surgery Planning and Visualization[J]. *JCO Clin Cancer Inform*, 2020, 4: 299–309. DOI: 10.1200/JCO.19.00141.
- [4] KIN T, SHIN M, OYAMA H, et al. Impact of multiorgan fusion imaging and interactive 3-dimensional visualization for intraventricular neuroendoscopic surgery[J]. *Neurosurgery*, 2011, 69(1 Suppl Operative): ons40–48. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318211019a.
- [5] 潘笛笛,程哲,王大巍,等. 3D slicer在神经外科手术中的应用研究进展[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2020, 23(17): 1555–1560. DOI: 10.12083/SYSJ.2020.17.011.
- [6] DA ROCHA L G, AMARO JUNIOR E. Seeking tools for image fusion between computed tomography, structural and functional magnetic resonance methods for applications in neurosurgery[J]. *Einstein (Sao Paulo)*, 2012, 10(2): 151–157. DOI: 10.1590/s1679-45082012000200007.
- [7] SAITO N, KIN T, OYAMA H, et al. Surgical simulation of cerebrovascular disease with multimodal fusion 3-dimensional computer graphics[J]. *Neurosurgery*, 2013, 60 Suppl1: 24–29. DOI: 10.1227/01.neu.0000430312.71326.6d.
- [8] INOUE H K, NAKAJIMA A, SATO H, et al. Image Fusion for Radiosurgery, *Neurosurgery And Hypofractionated Radiotherapy* [J]. *Cureus*, 2015, 7(3): e252. DOI: 10.7759/cureus.252.
- [9] KIN T, NAKATOMI H, SHOJIMA M, et al. A new strategic neurosurgical planning tool for brainstem cavernous malformations using interactive computer graphics with multimodal fusion images[J]. *J Neurosurg*, 2012, 117(1): 78–88. DOI: 10.3171/2012.3.JNS111541.
- [10] MERT A, BUEHLER K, SUTHERLAND G R, et al. Brain tumor surgery with 3-dimensional surface navigation[J]. *Neurosurgery*, 2012, 71(2 Suppl Operative): ons286–294. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31826a8a75.
- [11] FERROLI P, TRINGALI G, ACERBI F, et al. Advanced 3-dimensional planning In neurosurgery[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72 Suppl 1: 54–62. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3182748ee8.
- [12] KOCKRO R A, REISCH R, SERRA L, et al. Image-guided neurosurgery with 3-dimensional multimodal imaging data on a stereoscopic monitor[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72 Suppl 1: 78–88. DOI: 10.1227/NEU.0b013e3182739aae.
- [13] CARDINALE F, PERO G, QUILICI L, et al. Cerebral Angiography for Multimodal Surgical Planning in Epilepsy Surgery: Description of a New Three-Dimensional Technique and Literature Review[J]. *World Neurosurg*, 2015, 84(2): 358–367. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.03.028.
- [14] OISHI M, FUKUDA M, YAJIMA N, et al. Interactive presurgical simulation applying advanced 3D imaging and modeling techniques for skull base and deep tumors[J]. *J Neurosurg*, 2013, 119(1): 94–105. DOI: 10.3171/2013.3.JNS121109.
- [15] CHEN J G, HAN K W, ZHANG D F, et al. Presurgical Planning for Supratentorial Lesions with Free Slicer Software and Sina App[J]. *World Neurosurg*, 2017, 106: 193–197. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.06.146.
- [16] 万文,马鹏程,周瑞,等.磁共振多扫描技术对短暂性脑缺血病变的诊断价值[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24(4): 284–288. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.15.012.
- [17] SASTRY R, BI W L, PIEPER S, et al. Applications of Ultrasound in the Resection of Brain Tumors[J]. *J Neuroimaging*, 2017, 27(1): 515. DOI: 10.1111/jon.12382.
- [18] 曾琼,黎景光,李邱旺,等.术中超声在颅脑深部病变显微手术中的临床应用[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2020, 23(3): 231–235. DOI: 10.12083/SYSJ.2020.03.048.
- [19] GIAMMALVA G R, FERINI G, MUSSO S, et al. Intraoperative Ultrasound: Emerging Technology and Novel Applications in Brain Tumor Surgery[J]. *Front Oncol*, 2022, 12818446. DOI: 10.3389/fonc.2022.818446.
- [20] HLAVAC M, WIRTZ C R, HALATSCH M E. Intraoperative magnetic resonance imaging[J]. *HNO*, 2017, 65(1): 25–29. English. DOI: 10.1007/s00106-016-0240-9.
- [21] NUSSBAUM E S, DEFILLO A, NUSSBAUM L. The use of indocyanine green videoangiography to optimize the dural opening for intracranial parasagittal lesions[J]. *Neurosurgery*, 2012, 70(1 Suppl Operative): 61–63; discussion 63–64. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31822ecfeb.
- [22] SHIN C, KIM J M, CHEONG J H, et al. Association between tumor size and peritumoral brain edema in patients with convexity and parasagittal meningiomas[J]. *PLoS One*, 2021, 16(6): e0252945. DOI: 10.1371/journal.pone.0252945.
- [23] PANESAR S S, ABHINAV K, YEH F C, et al. Tractography for Surgical Neuro-Oncology Planning: Towards a Gold Standard[J]. *Neurotherapeutics*, 2019, 16(1): 36–51. DOI: 10.1007/s13311-018-00697-x.
- [24] MERT A, KIESEL B, WOHRER A, et al. Introduction of a standardized multimodality image protocol for navigation-guided surgery of suspected low-grade gliomas[J]. *Neurosurg Focus*, 2015, 38(1): E4. DOI: 10.3171/2014.10.FOCUS14597.