

. 论 著 .

3D Slicer 多模态影像融合技术在脑膜瘤手术中的应用

李志强 李筱姝 夏吉勇 徐 亮 孙跃春 苗 林 任雅盼

【摘要】目的 探讨 3D Slicer 多模态影像融合技术在颅底脑膜瘤或巨大脑膜瘤手术治疗中的应用效果。**方法** 回顾性分析 2016 年 6 月至 2019 年 5 月应用 3D Slicer 多模态影像融合技术辅助手术治疗的 12 例颅底脑膜瘤或巨大脑膜瘤的临床资料。术前完善头颅 CT、MRI、TOF-MRA、DTI 序列检查,将得到的 DICOM 格式的影像学数据,应用 3D Slicer 软件进行处理,对肿瘤、相邻颅骨、重要动脉、颅神经、静脉、静脉窦、锥体束进行多模态融合和三维重建,明确肿瘤与周围结构的关系,通过 3D 虚拟可视化图像,模拟手术入路,精准术前规划,辅助进行手术治疗。**结果** 12 例中,肿瘤全切除 10 例(83.33%, 10/12),次全切除 2 例。无手术死亡病例,无术区血肿及颅神经损伤。术后出现对侧肢体肌力下降或原有偏瘫症状加重 2 例,经治疗后肌力恢复正常。12 例术后随访 6 个月,未见肿瘤复发或增大。**结论** 对于颅底脑膜瘤或巨大脑膜瘤的手术治疗,3D Slicer 多模态影像融合技术可以帮助制定详尽的术前规划,减少手术并发症,提高肿瘤的全切除率。

【关键词】 颅底脑膜瘤;巨大脑膜瘤;显微手术;3D Slicer 软件;多模态影像融合技术;疗效
【文章编号】 1009-153X(2021)10-0758-03 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 739.41; R 651.1^{†1}

Application of 3D Slicer multimodal image fusion technique in surgery for patients with skull base meningioma or giant meningioma

LI Zhi-qiang, LI Xiao-shu, XIA Ji-yong, XU Liang, SUN Yue-chun, MIAO Lin, REN Ya-pan. Department of Neurosurgery, Beijing Mentougou District Hospital, Beijing 102300, China

【Abstract】 Objective To explore the application value of 3D Slicer multimodal image fusion technique in the surgical treatment of patients with skull base meningioma or giant meningioma. **Methods** The clinical data of 12 patients with skull base meningioma or giant meningioma who underwent surgery assisted by 3D Slicer multi-modal image fusion technique from June 2016 to May 2019 were retrospectively analyzed. Examinations of head CT, MRI, TOF-MRA, DTI sequence were performed before the surgery, and 3D Slicer software was used to process the acquired imaging data in DICOM format to clarify the relationship between the tumor and the surrounding tissues including adjacent skulls, important arteries, cranial nerves, veins, venous sinuses, and pyramidal tract. The surgical approach was simulated and the precise preoperative planning was made to assist the surgical treatment by the 3D virtual visualization image. **Results** Total tumor resection was achieved in 10 of 12 patients (83.33%, 10/12) and subtotal in 2. There were no operative deaths, and no hematomas and cranial nerve injuries in the operation region. After the operation, the contralateral limb muscle strength decreased or the original symptoms of hemiplegia were aggravated in 2 patients, and the muscle strength returned to normal after treatment. The follow up (6 months) results showed no tumor recurrence or enlargement. **Conclusions** For the surgical treatment of patients with skull base meningioma or giant meningioma, 3D Slicer multimodal image fusion technique can help to make detailed preoperative planning, reduce surgical complications, and increase the total tumor resection rate.

【Key words】 Skull base meningioma; Giant meningioma; 3D Slicer multimodal image fusion technique; Microsurgery

随着显微神经外科技术的发展,手术治疗脑膜瘤的水平日益提高,肿瘤全切除率明显提高,而手术并发症发生率明显降低^[1]。但对颅底脑膜瘤或巨大脑膜瘤,手术难度和风险仍很大。2016 年 6 月至 2019 年 5 月应用 3D Slicer 多模态影像融合技术辅助手术治疗颅底脑膜瘤或巨大脑膜瘤 12 例,现报道如

下。

1 资料与方法

- 1.1 一般资料 12 例中,男 8 例,女 4 例;年龄 36~65 岁,平均(45.8±3.7)岁;病程 2 周至 10 年,平均(32.1±11.1)个月。均为首次手术,单发,术前未放疗。
- 1.2 影像学资料 MRI 检查示蝶骨嵴脑膜瘤 4 例,鞍结节脑膜瘤 2 例,大脑镰旁脑膜瘤 4 例,大脑凸面侧裂区脑膜瘤 2 例;肿瘤最大径 20.3~50.4 mm,平均(36.1±4.3)mm。根据需要重建的结构选择影像学检

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2021.10.005
作者单位:102300,北京市门头沟区医院神经外科(李志强、李筱姝、夏吉勇、徐 亮、孙跃春、苗 林、任雅盼)

查:CT、MRI可重建肿瘤、颅骨、颅神经;TOF-MRA序列可重建动脉;DTI序列可重建白质纤维束;MRV可重建较粗的静脉及静脉窦。12例根据需要重点观察的结构,选择影像学检查,CT及MRI均采用容积扫描,CT层厚设置为2 mm,MRI层厚为1 mm。将获取的数据以DICOM格式导入计算机,应用3D Slicer软件不同模块进行处理。

1.3 脑膜瘤的影像学评估 用3D Slicer软件General Registration模块将CT、MRI影像进行配准融合。颅骨、肿瘤、周围血管及白质纤维束、颅神经进行三维图像重建。以1例右侧蝶骨嵴脑膜瘤为例具体介绍:①用3D Slicer软件Segment Editor模块处理CT及MRI数据,对颅骨、肿瘤、颅神经(视神经)进行三维重建(图1A、1B),可见肿瘤大小及其在颅内位置;②基于MRA-TOF序列及CT数据用3D Slicer软件Volume Rendering建模,Editor模块重建颅内动脉与肿瘤(图1C、1D),能显示动脉是否有移行牵拉及浸润;③基于DTI序列用3D Slicer软件Editor模块进行锥体束与肿瘤重建(图1E、1F),为了更接近实际情况,也可使用CSD或Contrack算法进行追踪,quench编辑修改,可明确肿瘤与锥体束关系,明确纤维束是否受肿瘤推挤,指导规划术中肿瘤边界的切除范围及评估预后;④根据需要可以基于MRV数据用3D Slicer软件Editor模块对重要静脉、静脉窦、肿瘤进行重建,判断肿瘤的引流静脉以及是否侵犯或压迫静

脉窦;⑤肿瘤切除术中情况与术前三维重建去除肿瘤时情况对比完全一致(图1G、1H)。

1.4 手术预案的制定、实施 将多模态融合三维重建好的脑、肿瘤、颅骨、颅神经、白质纤维及重要血管的虚拟影像,通过3D Slicer软件的3D Viewer窗口进行三维显示,根据需要可调整各个角度进行观察,对一些不重要的结构可以选择性隐藏、淡化、透明化处理,以便对感兴趣区域进行着重观察,充分掌握肿瘤及病变周围的颅骨、重要血管、颅神经的毗邻关系,判断肿瘤全切除的难度、易于损伤的部位、肿瘤切除的顺序、供血动脉及引流静脉的处理等,精准术前规划,详细设计手术方案。根据具体情况还需综合考虑以下因素^[2]:①手术路径尽可能短;②能良好显露病变,能避开或减少重要血管、神经、锥体束牵拉的直视病变的路径;③充分利用解剖腔隙或潜在的自然间隙;④对病变侵犯包绕的神经血管及静脉窦格外注意,术前需提前评估好切除范围,要警惕肿瘤部分残留的风险;⑤术前要尽量明确肿瘤的供血动脉及引流静脉,选择相对容易处理的肿瘤基底部分的手术入路。

2 结果

2.1 手术结果 12例中,肿瘤全切除10例(83.33%),次全切除2例(16.7%;其中1例海绵窦内残余约10%,1例包绕颈内动脉未能完整切除)。无手术死

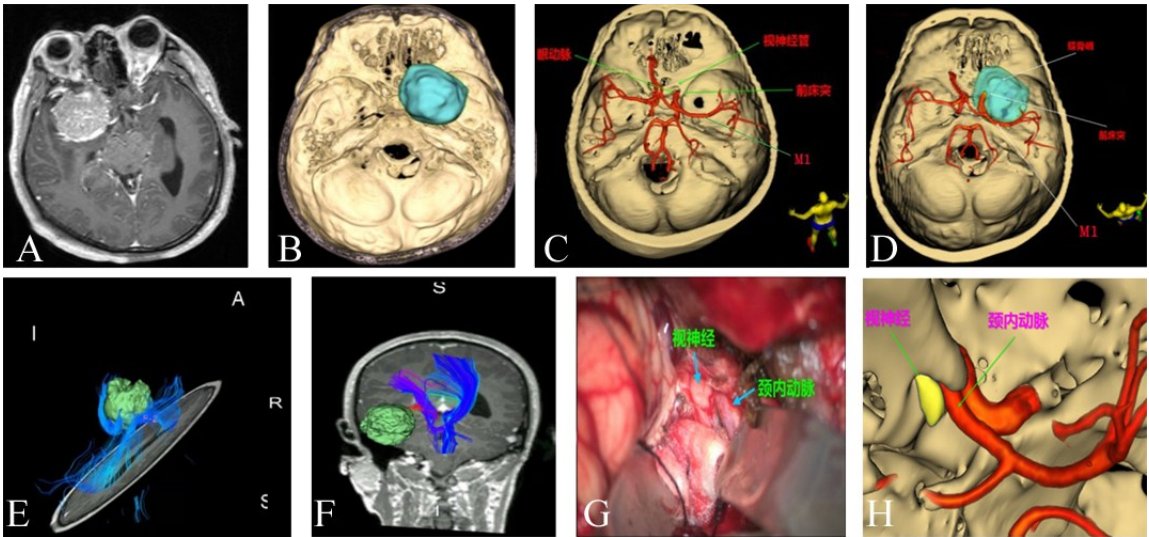


图1 1例蝶骨嵴脑膜瘤手术前后肿瘤与颅骨、动脉、白质纤维、颅神经的三维重建与融合过程

A. 术前MRI增强可见右侧蝶骨嵴脑膜瘤;B. 肿瘤与颅骨重建,显示肿瘤与颅骨的关系及在颅内的位置;C. 基于TOF序列重建颅内动脉,因受肿瘤占位效应影响,可见右侧大脑中动脉M1段受牵拉移位,走行改变;D. 肿瘤与动脉颅骨进行多模态融合,可见肿瘤与右侧大脑中动脉M1段、颅骨的关系;E. 用DTI序列行白质纤维束重建,可见肿瘤与纤维束的关系,见纤维束受挤压变形;F. 用DTI序列行白质纤维束重建矢状位,可见肿瘤与白质纤维束间有一定距离,可辅助规划肿瘤切除边界及评估预后;G. 肿瘤切除后可见正常的视神经、颈内动脉等解剖结构;H. 三维重建影像展示肿瘤切除后解剖结构,与术中所见一致

亡病例,无术区血肿及颅神经损伤。1 例癫痫发作,术后继续服用抗癫痫药物半年,停用后未再发作;1 例视野缺损术后明显改善。术后出现对侧肢体肌力下降或原有偏瘫症状加重 2 例,经治疗后肌力恢复正常。12 例术后随访 6 个月,未见肿瘤复发或增大。

2.2 术后病理结果 根据 2016 年版 WHO 中枢神经系统肿瘤病理分类标准^[3]:纤维型 4 例,上皮型 3 例,混合型 3 例,血管瘤型 2 例。

3 讨论

脑膜瘤是颅内常见的一种肿瘤,可与功能区、锥体束、颅神经、颅内重要的动脉静脉、静脉窦、重要骨性结构等关系密切^[3]。术前详细地了解这些解剖关系对于手术安全和保证手术效果至关重要,尤其是近年来精准神经外科概念的提出,更加要求术前做好充分的规划。术前对肿瘤的毗邻关系了解越精确,术前规划越详尽,越能保障病变的最大切除率、最小的手术副损伤率^[4]。神经导航、术中超声等在神经外科应用,使手术的安全性和准确性有了很大的提升^[5]。但神经导航设备及软件系统价格昂贵,基层医院难以常规配置,术前仍以 CT、MRI 的二维数据为主。多模态三维影像能提供更多有价值的解剖信息^[6]。

当肿瘤体积较大时,正常的解剖关系被改变,神经、血管、锥体束常被瘤体挤压变形,走行发生变化,与肿瘤粘连、术中出血等均会影响术者的判断,导致医源性血管、神经损伤。我们术前利用 3D Slicer 软件对 CT、MRI、TOF-MRA、DTI 等数据进行三维重建,通过 3D 虚拟可视化图像,模拟肿瘤及周围血管神经空间结构,展示肿瘤与颅骨、动脉、静脉窦、颅神经、锥体束等关系,者进行精准的术前规划。对于三维重建的选择,可以选择个体化的重建方案,得到的多模态融合图像,通过 3D Slicer 软件的 3D Viewer 窗口进行三维显示,可实现三维可视化。重建后的肿瘤及其他解剖结构,可以分层进行显示,选取不同颜色进行标记便于观察区分,对于一些不重要的结构可以隐藏,以便对感兴趣区域进行着重观察,还可以旋转任意角度,从各个方向详细观察目标结构及毗邻结构。瘤体较大、靠近功能区及颅神经时,术前要规划好切除范围、关键位置的最佳处理手段。术中可根据手术体位摆放,可以在软件内调整图像的位置与实际中的一致,以利于术中观察指导。因出血等原因导致解剖不明时,可随时参照脑内三维图像进行辨认,达到类似导航的效果。

3D Slicer 软件三维重建好的三维图像可以在电脑、手机等电子产品上进行展示,便于术前规划、术中观察、术后总结学习,也可应用到与病人的术前谈话。近年来,部分学者将该软件应用于临床,在三维重建、病变定位、虚拟现实、增强现实、虚拟内镜等方面都有报道^[7-9],展示了比较广阔的应用前景。该技术可实现三维可视化,基本能满足非复杂颅内肿瘤的术前规划,为基层医院提升学科综合能力提供新思路。

【参考文献】

- [1] Song F, Hou Y, Sun G, *et al.* In vivo visualization of the facial nerve in patients with acoustic neuroma using diffusion tensor imaging-based fiber tracking [J]. J Neurosurg, 2016, 125(4): 787-794.
- [2] 杨学军,江涛. 解读《世界卫生组织中枢神经系统肿瘤分类(2016 年)》[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2016, 42(6): 321-329.
- [3] Huang X, Xu J, Xu M, *et al.* Functional outcome and complications after the microsurgical removal of giant vestibular schwannomas via the retrosigmoid approach: a retrospective review of 16-year experience in a single hospital [J]. BMC Neurol, 2017, 17(1): 18.
- [4] 张越琦. 混合现实技术辅助神经外科精准手术研究进展 [J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2019, 46(2): 217-222.
- [5] Hou Z, Chen X, Shi XJ. Comparison of neuronavigation and frame-based stereotactic systems in implanting epileptic depth electrodes [J]. Turk Neurosurg, 2016, 26(4): 574-581.
- [6] Blanc R, Seiler A, Robert T, *et al.* Multimodal angiographic asses sment of cerebral arteriovenous malformations: a pilot study [J]. J Neurointerv Surg, 2015, 7(11): 841-847.
- [7] 谢国强,周小卫,左毅,等. 基于智能手机的简易增强现实技术对幕上高血压性脑内血肿定位的价值[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(6): 345-347, 351.
- [8] 孙国臣,陈晓雷,侯远征,等. 基于简易虚拟现实和增强现实定位的内镜辅助下清除幕上自发性脑内血肿[J]. 中华神经外科杂志, 2017, 33(1): 15-18.
- [9] 姬将,赵超云,王明磊,等. Slicer 三维可视化后处理软件进行 3D-CTA 重建诊断颅内破裂动脉瘤的准确性[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(8): 476-479.

(2020-02-26 收稿, 2020-04-20 修回)