

3D Slicer 三维重建技术在脑功能区肿瘤 手术治疗中的应用价值

贤俊民 陈凤月 孙晓妍 杨志国 时黎明 苗 磊 丰育功

【摘要】目的 探讨 3D-Slicer 三维重建技术在脑功能区肿瘤手术治疗中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2017 年 9 月至 2021 年 12 月手术治疗的 39 例中央区脑膜瘤、21 例中央区胶质瘤的临床资料。术前利用 3D-Slicer 软件将 MRI、3D-MPRAGE、3D-TOF-MRA 和 CEMRV 序列影像进行三维重建,评估肿瘤的形态特征、位置、与周围静脉及上矢状窦的关系。以术中所见为标准,采用 Kappa 系数检验三维重建模型和术中所见的一致性。**结果** 3D-Slicer 三维重建模型评估肿瘤位置、肿瘤与大脑浅静脉关系、肿瘤与上矢状窦关系均具有良好一致性(Kappa 系数均为 1.000, $P<0.01$),准确率均为 100.0%。对肿瘤形态特征,胶质瘤的评估一致性差(准确率为 18.2%;Kappa 系数为 0.414, $P>0.05$),脑膜瘤的评估一致性较好(准确率为 97.4%;Kappa 系数为 1.000, $P<0.001$)。**结论** 3D-Slicer 软件三维重建技术在脑功能区肿瘤手术治疗中具有较高的应用价值,可清晰显示脑组织、脑动脉、脑静脉、肿瘤组织,并三维可视化,对脑组织、大脑浅静脉、动脉及肿瘤的解剖关系进行多方位、多角度的观察,进行个体化的术前设计,术中可以更好地保护大脑浅静脉及功能区脑组织,从而最大化地切除功能区脑肿瘤,减少术后并发症。

【关键词】 脑功能区肿瘤;3D-Slicer;显微手术;临床应用

【文章编号】 1009-153X(2022)10-0819-03 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 739.41; R 651.1*1

Application of three dimensional reconstruction of medical images using 3D-Slicer software to surgical treatment of tumors in the functional areas of the brain

XIAN Jun-min¹, CHEN Feng-yue¹, SUN Xiao-yan¹, YANG Zhi-guo¹, SHI Li-ming¹, MIAO Lei¹, FENG Yu-gong². 1.Heze Medical College, Heze 274000, China; 2. Department of Neurosurgery, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, China

【Abstract】 Objective To investigate the application value of three dimensional reconstruction of medical images using 3D-Slicer software to the surgical treatment of tumors in the functional areas of the brain. **Methods** The clinical data of 60 patients with tumor in the functional areas of the brain (39 meningiomas, 21 gliomas) who underwent microsurgery from September 2017 to September 2021 were analyzed retrospectively. Three dimensional reconstruction by 3D Slicer software using MRI, 3D-MPRAGE, 3D-TOF-MRA and CEMRV images was used to evaluate the morphological characteristics, location, and relationship with peripheral veins and superior sagittal sinus of the tumors. Kappa coefficient was used to analyze the consistency between the 3D reconstruction model and intraoperative findings. **Results** The tumor location, relationship between tumor and superficial cerebral vein and superior sagittal sinus evaluated by 3D reconstruction model had good consistency with the intraoperative findings (Kappa coefficient=1.000, $P<0.01$), and the accuracy was 100.0%. For tumor morphological characteristics, the consistency of glioma assessment was poor (accuracy=18.2%; Kappa coefficient=0.414, $P>0.05$), and the consistency of meningiomas was good (accuracy rate=97.4%; Kappa coefficient=1.000, $P<0.001$). **Conclusions** Three dimensional reconstruction using 3D Slicer software has high application value in surgery for the tumors in the functional areas of the brain, which can clearly show the brain, cerebral artery, cerebral venous and tumor tissues in a form of 3D visualization and help to making individualized preoperative plan by multi-faceted and multi-angle observation of the brain tissues, superficial veins, arteries and tumor anatomies so as to protect the superficial cerebral veins and brain tissues and maximize the resection of tumors and reduce postoperative complications during the operation for tumors in the functional areas of the brain.

【Key words】 Brain tumor; Functional areas of the brain; Meningiomas; Gliomas; 3D-Slicer; Microsurgery

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2022.10.006
作者单位:274000 山东菏泽,菏泽医学专科学校(贤俊民、陈凤月、孙晓妍、杨志国、时黎明、苗磊);266003 山东青岛,青岛大学附属医院神经外科(丰育功)
通讯作者:丰育功,E-mail:Fengyugong@126.com

目前,精准神经外科的中心思想是“病变去除最大化,功能保留最大化,手术效果最佳化,让病人以最佳状态回到社会生活中”^[1,2]。为更好地符合目前这一精准医学思想,我们利用 3D Slicer 软件重建脑组织结构与肿瘤的三维模型,指导手术治疗脑功能区肿瘤 60 例,取得良好的效果,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2017 年 9 月至 2021 年 12 月手术治疗的 39 例中央区脑膜瘤, 21 例中央区胶质瘤的临床资料, 其中男 38 例, 女 22 例; 年龄 18~76 岁, 平均 (57.5 ± 11.7) 岁。癫痫发作 14 例, 头昏、头痛、头晕 48 例, 一侧肢体运动、感觉障碍 43 例。

1.2 纳入标准 ①本研究符合《赫尔辛基宣言》原则, 病人或家属均知情同意并签署知情同意书; ②术前临床资料、影像学检查和实验室检查资料完整; ③入院后进行三维磁化强度预备梯度回波序列(three dimensional magnetization prepared rapid acquisition gradient echo sequences, 3D-MPRAGE)、三维对比增强磁共振静脉成像(three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance venography, CEMRV)+三维时间飞跃法磁共振血管成像(three dimensional time of flight magnetic resonance angiography, 3D-TOF-MRA)及其他检查, 排除手术禁忌症; ④三维重建模型进行肿瘤与重要静脉及脑功能区的关系情况评估, 显微镜下切除病变; ⑤手术录像清晰且完整; ⑥以术中观察情况为金标准评估三维模型图像判断肿瘤的形态特征^[3]。

1.3 排除标准 ①既往有脑出血、严重脑挫伤、脑部手术史或放疗史; ②静脉血栓、脑血管畸形, 或其他影响静脉解剖形态或者血流动力学的颅内疾病。

1.4 影像学检查 采用 3.0T MRI 机, 根据常规矢状位定位像, 从颅顶至颅底行常规扫描(T_1WI 、 T_2WI)、增强扫描及 CEMRV 扫描(对比剂为钆特酸葡胺注射液, 采用高压注射器经肘前静脉注入, 注入射流率 2.5 ml/s)。扫描参数: $TR=3.34$ ms; $TE=1.23$ ms; 体素 1.2 mm \times 1.1 mm \times 1.2 mm; 翻转角 25° ; 矩阵 512×512 ; 视野 475 mm \times 350 mm; 扫描时间 23 s; 层厚 0.9 mm。将 3D-MPRAGE、CEMRV 和 3D-TOF-MRA 原始序列数据设置为 DICOM 格式。

1.5 三维模型的重建方法 打开医院影像系统, 查找目标病人的影像, 以 DICOM 格式存储, 在 3D slicer 软件界面利用 MRI、3D-MPRAGE、3D-TOF-MRA 和 CEMRV 序列数据重建脑组织结构与肿瘤组织的 3D 图像: 运行 3D Slicer 软件, 进入 Segment Editor、SwissSkullStripper 等模块, 在 Master volume 栏中选择 MRI、3D-MPRAGE、3D-TOF-MRA 和 CEMRV 的 DICOM 数据, 进行三维重建(图 1A、1B), 从各个方向和任意角度观察肿瘤的位置、形态结构、肿瘤与大脑浅静脉、上矢状窦及大脑皮层的关系^[4]。

1.6 手术方法 在患侧头皮标定外侧裂及中央沟的位置, 根据多模态影像三维重建测量所得的数据标定病变的体表投影位置, 以病变的体表标定为中心, 选取倒“U”形切口, 保证肿瘤体表投影位于骨瓣中央。弧形剪开硬脑膜, 基底位于上矢状窦侧, 对侧“瓣状”剪开, 沿中央后沟切开蛛网膜及软脑膜, 钝性分离大脑浅静脉并用湿棉片覆盖、保护, 在显微镜下切除病变。术中尽量避免蛛网膜下腔出血, 尽量减少电凝, 以棉片、明胶海绵压迫止血为主, 同时配合应用生理盐水冲洗创面止血。

1.7 影像判读方法及观察指标 2 名高年资神经外科医生观察手术录像, 判断中央区浅静脉的形态构成、走行方向及与肿瘤的位置关系; 由 2 名高年资影像科医生对多模态影像三维重建进行分析判断; 2 名医生意见不一致时, 讨论后确定。术中根据中央前回“手结”呈“ ω ”形或倒“Q”形^[5]判断中央沟。

1.8 统计学方法 采用 SPSS 19.0 软件分析; 采用 Kappa 系数检验三维重建模型和术中所见的一致性, ≥ 0.75 为一致性较好, $0.40 \sim 0.75$ 为一致性中等, < 0.40 为一致性较差; 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 对肿瘤形态特征的评估结果 42 例三维重建模型评估结果与术中所见一致, 其中脑膜瘤 38 例, 胶质瘤 4 例; 18 例不一致, 其中胶质瘤 17 例, 脑膜瘤 1 例。胶质瘤的评估一致性差(Kappa 系数为 0.414, $P > 0.05$), 脑膜瘤的评估一致性较好(Kappa 系数为 1.000, $P < 0.001$)。见图 1C~F。

2.2 对肿瘤位置的评估结果 60 例三维重建模型评估结果与术中所见均一致, 三维模型的评估准确率为 100%(60/60), 胶质瘤和脑膜瘤的评估一致性均较好(Kappa 系数均为 1.000, $P < 0.001$)。见图 1G。

2.3 对肿瘤与大脑浅静脉的关系的评估结果 60 例三维重建模型评估结果与术中所见均一致, 其中静脉被肿瘤包裹 8 例, 静脉在肿瘤的上、下面 24 例, 静脉在肿瘤的前、后面 28 例; 三维模型的评估准确率为 100%(60/60), 脑膜瘤、胶质瘤的评估一致性均较好(Kappa 系数为 1.000, $P < 0.001$)。见图 1H。

2.4 对肿瘤与上矢状窦的关系的评估结果 60 例三维模型评估结果与术中所见均一致, 位于上矢状窦下方或一侧且未侵入上矢状窦 21 例, 侵及上矢状窦壁 17 例, 侵入上矢状窦 22 例。三维模型的评估准确率为 100%(60/60), 脑膜瘤、胶质瘤的评估一致性均较好(Kappa 系数为 1.000, $P < 0.001$)。见图 1I。

3 讨论

3.1 3D Slicer 三维重建模型对脑功能区肿瘤手术的

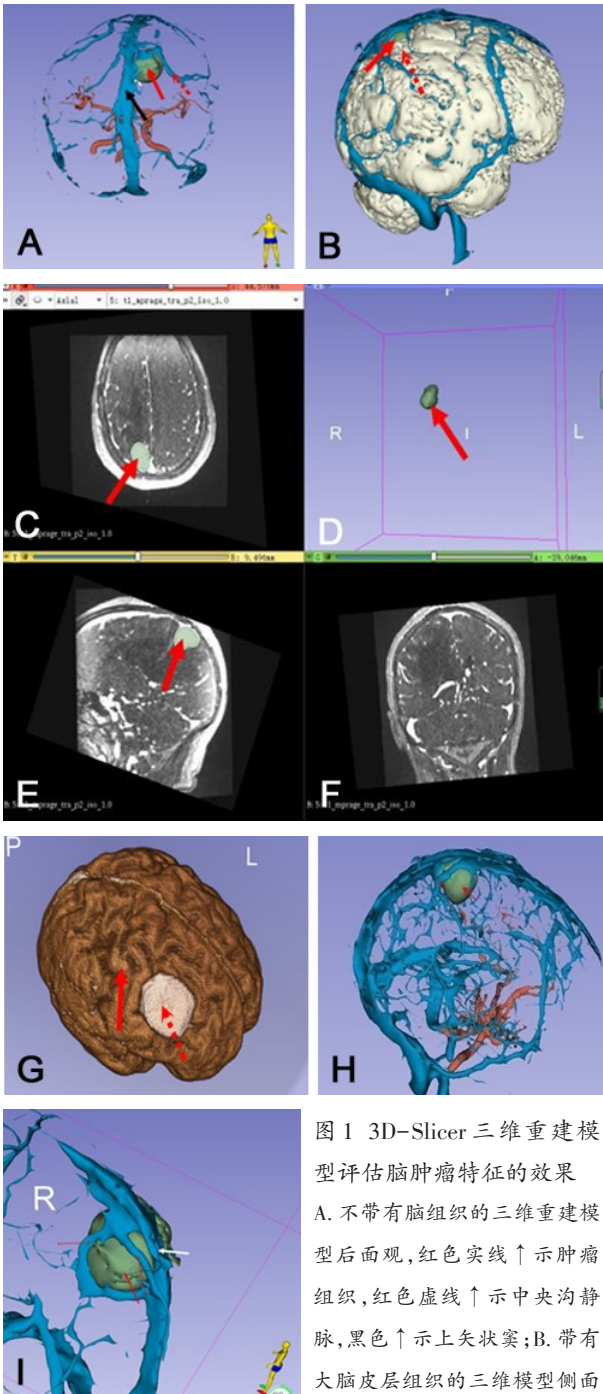


图1 3D-Slicer 三维重建模型评估脑肿瘤特征的效果
A. 不带有脑组织的三维重建模型后面观,红色实线↑示肿瘤组织,红色虚线↑示中央沟静脉,黑色↑示上矢状窦;B. 带有大脑皮层组织的三维模型侧面观,红色实线↑示肿瘤组织,红色虚线↑示中央沟静脉;C~F. 三维重建模型显示肿瘤形态特征,红色实线↑示肿瘤组织;G. 三维重建模型显示肿瘤位置,红色实线↑示中央前回,红色虚线↑示肿瘤组织;H. 三维重建模型显示肿瘤与大脑浅静脉的关系,红色实线↑示肿瘤组织,红色虚线示中央沟静脉;I. 三维重建模型显示肿瘤与上矢状窦的关系,红色实线↑示肿瘤,红色虚线↑示粗大的侧支循环静脉,白色实线↑示通畅但变窄的上矢状窦

指导意义 虽然,显微解剖、DSA、MRV、CTV、超声等均可制定术前静脉保护计划提供比较详细的中央区浅静脉的形态学依据,但是这些方法的作用有限,无法真正达到对病变的精确体表定位,很难使术前皮瓣的设计、骨窗大小、硬脑膜切开大小、大脑浅静脉保护方法的设计达到最优效果^[6-8]。3D Slicer 三维重建模型的优点体现在:①3D Slicer 可以利用影像学的原始资料重建出脑组织、肿瘤、静脉、动脉甚至颅骨模型并进行融合,并把不同的模型分别赋予不同的色彩,使其有良好的对比度及可视性;②选择 3D Slicer 中 Segment Editor 模块的 scissor 工具对 3D 模型进行去杂处理,使其有更强的立体感、层次感,更有利于术前对病变、脑功能区及大脑浅静脉的评估;③可根据术前评估的需要对模型范围进行裁剪,只保留脑组织、病变、静脉、动脉所在区域,排除其他解剖结构的影响,易于判断不同结构各个方位的位置关系,有利于皮瓣设计,利于骨窗大小、硬脑膜剪开方式及静脉术中保护方法设计;④使用 3D Slicer 中的 curv、ruler 工具可以对静脉及肿瘤的位置进行定位,避免皮瓣、骨窗、硬脑膜切开范围不必要的扩大,术中可避开或者留意静脉走行及脑功能区位置,减少手术中静脉及脑功能区的损伤。

3.2 3D Slicer 三维重建模型的临床应用 我们应用 3D Slicer 三维重建模型指导手术,评估三维重建模型与术中所见一致性,结果显示:对肿瘤与大脑浅静脉的关系(肿瘤对中央区浅静脉的侵蚀导致中央区浅静脉被肿瘤包裹、推挤或是大脑浅静脉与肿瘤没有直接接触,肿瘤将静脉包裹;静脉在肿瘤主体的上或下面;静脉在肿瘤主体的前或后面)、肿瘤与上矢状窦的关系及肿瘤对上矢状窦的侵蚀情况(肿瘤位于上矢状窦的下方或者一侧,未侵入上矢状窦;肿瘤侵犯及上矢状窦壁;肿瘤侵入上矢状窦内)、肿瘤位置的评估结果与术中所见具有较好的一致性。这与 Bozzao 等^[9]报道一致。这表明 3D Slicer 三维重建模型能提供更详细的中央区静脉与病变关系的信息,做出更好的术前计划,更有利于个体化手术入路的设计。但是,对于肿瘤形态学特征的评估,脑胶质瘤的评估一致性较差(Kappa 系数为 0.414, $P>0.05$),考虑为脑胶质瘤与脑组织的边界不清, MRI 信号相近所导致。神经导航系统可提供术中动态跟踪、实时导航,准确、直观,有助于提高手术疗效,降低手术并发症的发生率^[10],但是它需要昂贵的神经导航设备,且要专人去操作导航系统,不利于在基层医院开展。

(下转第 824 页)

护仪可放置在床旁,使用方便;任何状态下的病人均可使用,无需对病人进行评估;对病人无需进行麻醉操作,无创、无痛苦;操作简单、方便,非专业人士也可操作;使用成本低,而且还可以重复利用。

总之,对自发性脑出血病人,脑水肿无创动态监护仪可连续、动态监测脑水肿情况,具有评估病人 ICP 的作用;而且,与脑室内 ICP 监测相比,具有无创、操作简单、可重复性好、动态观察的优势。但有待开展大样本多中心研究进一步验证。

【参考文献】

[1] Weimar C, Kleine-Borgmann J. Epidemiology, prognosis and prevention of non-traumatic intracerebral hemorrhage [J]. *Curr Pharm Des*, 2017, 23(15): 2193-2196.

[2] Godoy DA, Núñez-Patiño RA, Zorrilla-Vaca A, *et al*. Intracranial hypertension after spontaneous intracerebral hemorrhage: a systematic review and meta-analysis of Prevalence and mortality rate [J]. *Neurocrit Care*, 2019, 31(1): 176-187.

[3] Friedman DI. Headaches due to low and high intracranial

pressure [J]. *Continuum (Minneapolis)*, 2018, 24(4, Headache): 1066-1091.

[4] Tian Y, Wang Z, Jia Y, *et al*. Intracranial pressure variability predicts short-term outcome after intracerebral hemorrhage: a retrospective study [J]. *J Neurol Sci*, 2013, 330(1-2): 38-44.

[5] Tamm AS, McCourt R, Gould B, *et al*. Cerebral perfusion pressure is maintained in acute intracerebral hemorrhage: a CT perfusion study [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2016, 37(2): 244-251.

[6] Tuteja G, Uppal A, Strong J, *et al*. Interventions affecting blood pressure variability and outcomes after intubating patients with spontaneous intracranial hemorrhage [J]. *Am J Emerg Med*, 2019, 37(9): 1665-1671.

[7] 梅 芬,邱若薇,陈 月,等.电磁扰动系数在血肿穿刺术治疗高血压性脑出血中的应用价值[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36(8): 806-808.

[8] 高文文,王凤鹿,蒋小兵,等.扰动系数在脑出血患者脑水肿监测治疗中的作用[J]. *中华脑科疾病与康复杂志(电子版)*, 2020, 10(5): 305-308.

(2022-08-24 收稿, 2022-09-17 修回)

(上接第 821 页)

总之,3D-Slicer 三维重建模型在脑功能区肿瘤手术治疗中具有较高的应用价值,可清晰显示脑组织、脑动脉、脑静脉、肿瘤组织,并三维可视化,对脑组织、大脑浅静脉、动脉及肿瘤的解剖关系进行多方位、多角度的观察,进行个体化的术前设计,更好地保护大脑浅静脉及功能区脑组织,从而最大化地切除肿瘤,减少术后并发症。

【参考文献】

[1] 毛 颖,花 玮.精准神经外科:从宏观到微观[J]. *中华医学杂志*, 2015, :2510-2511.

[2] 许百男.精准神经外科[M]. 北京:人民卫生出版社, 2013.

[3] 李志强,李筱姝,夏吉勇,等. 3D Slicer 多模态影像融合技术在脑膜瘤手术中的应用[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2021, 26(10): 758-760.

[4] 贤俊民,李进军,丰育功,等. 多模态影像三维重建在中央区肿瘤与静脉定位中的应用价值[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37(6): 588-590.

[5] 郭锁成.“手结”在大脑中央区手术定位中央前回的价值

[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2013, 18(10): 370-371.

[6] Wang Q, He J, Ma X. Preoperative evaluation of collateral venous anastomoses in meningioma involving cerebral venous sinus by susceptibility weighted imaging [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2014, 9(27): e191.

[7] Nagata T, Ishibashi K, Metwally H, *et al*. Analysis of venous drainage from sylvian veins in clinoid meningiomas [J]. *World Neurosurg*, 2013, 79(1): 116-123.

[8] Ueba T, Okawa M, Abe H, *et al*. Identification of venous sinus, tumor location, and pial supply during meningioma surgery by transdural indocyanine green videography [J]. *J Neurosurg*, 2013, 118(3): 632-636.

[9] Bozzao A, Finocchi V, Romano, *et al*. Role of contrast-enhanced MR venography in the preoperative evaluation of parasagittal meningiomas [J]. *Eur Radiol*, 2005, 15(9): 1790-1796.

[10] 李 青,杨卫忠,张国良,等.神经导航系统在神经外科显微手术中的应用[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2006, 11(5): 266-270.

(2021-12-27 收稿, 2022-03-26 修回)