

. 论 著 .

3D Slicer 三维影像重建在颅内动脉瘤夹闭术中的应用

李文华 师忠杰 王占祥 高 鑫

【摘要】目的 探讨 3D Slicer 三维影像重建技术在颅内动脉瘤开颅夹闭术中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2020 年 7~9 月经翼点入路开颅夹闭术治疗的 12 例颅内动脉瘤的临床资料。术前利用 3D Slicer 软件三维重建动脉瘤模型及其周围血管和部分骨性结构,并模拟手术入路,显示手术视野下动脉瘤与毗邻结构的位置关系;术中参考立体模型,寻找动脉瘤并根据解剖结构实时定位,实现精准夹闭。**结果** 12 例均顺利完成三维影像重建,将三维模型与术中所见进行对比,9 例正确反映术中真实解剖情况,3 例术中对比效果欠佳,小动脉瘤(直径<5 mm)以及小血管重建效果相对较差,但是动脉瘤周围主要血管结构对比一致。12 例动脉瘤均顺利实施开颅夹闭术,术中没有出现动脉瘤破裂。术后次日复查颅脑 CTA 示载瘤动脉通畅,未见新增出血,动脉瘤夹闭良好。术后 3 个月,复查 CTA 未见动脉瘤复发;GOS 评分 5 分 8 例,4 分 3 例,3 分 1 例。**结论** 3D Slicer 三维影像重建制作的颅内动脉瘤三维立体模型,可获得更多的立体解剖信息,加深对病变局部解剖的认识,指导制定手术计划,减少术中动脉瘤破裂的风险,提高手术效果。

【关键词】 颅内动脉瘤;显微夹闭术;3D Slicer 软件;影像重建;疗效

【文章编号】 1009-153X(2022)08-0646-04 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 743.9; R 651.1²

Application of three-dimensional image reconstruction using 3D Slicer software to microsurgical clipping for intracranial aneurysms

LI Wen-hua, SHI Zhong-jie, WANG Zhan-xiang, GAO Xin. Department of Neurosurgery, The First Affiliated Hospital of Xiamen University, Xiamen 361001, China

【Abstract】 Objective To explore the application value of three-dimensional image reconstruction using 3D Slicer software to microsurgical clipping for the patients with intracranial aneurysm. **Methods** The clinical data of 12 patients with intracranial aneurysm who were treated with microsurgical clipping through pterional approach from July to September in 2020 were retrospectively analyzed. 3D Slicer software was used to reconstruct the three-dimensional model of intracranial aneurysms and their surrounding blood vessels and skull structures before surgery, and the surgical approach was simulated to show the positional relationship between the aneurysm and the adjacent structures under the surgical field. During the operation, the aneurysms were located and searched in real time to achieve precise clipping according to the 3D reconstruction model. **Results** The 3D image reconstruction of aneurysms were successfully completed in all the patients. The 3D model showed real anatomy in 9 patients and poor in 3 patients by comparing with the intraoperative findings. The small vessel reconstruction was relatively poor, but the main vascular structures around the aneurysm were consistent with the intraoperative findings. All the aneurysms were clipped successfully, and no aneurysm rupture occurred during the operation. The CTA 1 day after operation showed complete clipping in all the aneurysms and patency of the parent arteries, without new hemorrhage. Three months after operation, no recurrence of aneurysm was found in CTA; GOS score of 5 was achieved in 8 patients, score of 4 in 3, and score of 3 in 1. **Conclusions** It can improve the surgical outcomes of patients with intracranial aneurysm using the 3D model of intracranial aneurysm reconstructed by 3D Slicer software, which can obtain more anatomical information, deepen the understanding of the local anatomy of the aneurysm, guide the formulation of surgical plans, and reduce the risk of intraoperative aneurysm rupture.

【Key words】 Intracranial aneurysm; 3D Slicer software; Microsurgical clipping; Three-dimensional image reconstruction

颅内动脉瘤破裂是自发性蛛网膜下腔出血的最

常见病因,具有较高的致残率及病死率^[1]。开颅动脉瘤夹闭术是处理颅内动脉瘤较为常用的方法,其中最严重的并发症是术中动脉瘤破裂出血,原因之一就是分离动脉瘤过程中操作不当,一旦在分离过程中出现动脉瘤破裂,很可能引起致死性的严重后果^[2]。因此,除了要求术者精细操作以外,周全的术前规划显得尤为重要。2020 年 7~9 月经翼点入路开颅

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2022.08.007

基金项目:厦门市卫健委 2020 年医疗卫生重点项目 (3502Z20209005)

作者单位:361001 福建厦门,厦门大学附属第一医院神经外科(李文华、师忠杰、王占祥、高鑫)

通讯作者:高鑫, E-mail: sjwkgaoys@163.com

夹闭术治疗颅内动脉瘤 12 例,根据术前 CTA 数据,运用 3D Slicer 软件进行个体化三维重建辅助术前手术规划,取得良好的效果,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象 12 例中,男 6 例,女 6 例;年龄 34~85 岁,平均(60±13)岁。突发头痛头晕或恶心呕吐并急诊入院 8 例,突发头痛伴视物模糊 1 例,突发昏迷 1 例,反复头晕 2 例。动脉瘤破裂 10 例,未破裂 2 例;动脉瘤直径 1.9~22 mm,平均(9.1±5.7)mm。大脑中动脉动脉瘤 5 例,前交通动脉动脉瘤 4 例,后交通动脉动脉瘤 1 例,颈内动脉动脉瘤 1 例,左侧大脑前动脉动脉瘤 1 例。

1.2 3D Slicer 影像重建 术前均行颅脑 CTA 薄层扫描,层厚 1.0 mm。将颅脑 CTA 原始以 DICOM 格式^[3]通过光盘拷贝到电脑并导入到 3D Slicer 软件,软件会自动根据轴位数据,生成矢状位及冠状位数据。利用 volume rendering 板块重建 3D-CTA 并进行判阅和测量,包括动脉瘤的位置、个数和容积再现图中所测量瘤体最大长径和瘤口半径。每条数据的最终结果取自两位不同操作者所测数据的平均值。本文将动脉瘤按照长径≥5 mm 和<5 mm,瘤口半径≥5 mm 和<5mm 进行分类。选择 Segment Editor 模块里面的阈值(Threshold)自动分割工具联合笔刷(Paint)工具进行三维重建,根据需要选择性重建出颅骨、动脉瘤、载瘤动脉、视交叉等,并使用不同颜色标记,重建完成以后将模型分别导出备用。

1.3 手术方法 12 例均采用翼点入路开颅手术夹闭动脉瘤,手术均由同一位副主任医师主刀完成。在标准前后位三维图像基础上,先左右旋转 180°,将图像调整成标准后前位,然后再上下旋转 180°将其调整成头下足上的倒置图像。若从右侧翼点入路开颅,则在上述图像基础上右前斜 300°,然后向足侧(瓦氏位)旋转 20°;反之,若是左侧翼点入路开颅,则在上述图像基础上左前斜 300°,后向足侧(瓦氏位)旋转 20°。术中逐步分离外侧裂,并释放脑脊液,降低颅内压。仔细分离、寻找载瘤动脉及动脉瘤。暴露载瘤动脉和瘤颈以后,将三维模型与术中所见进行对比,确定动脉瘤周围结构,并进一步确认结构识别无误,临时阻断载瘤动脉近端,选择合适的角度夹闭动脉瘤。对于中小动脉瘤(直径<15 mm),通过术中解剖标志,如颈内动脉分叉部、视交叉、前床突等,结合三维模型寻找动脉瘤相对位置;对于大脑中动脉远端的小动脉瘤,通过对比三维模型,模拟手术入

路视角,确定瘤体位置。

1.4 术后随访 随访方式以门诊复诊为主,术后 3 个月复查颅脑 CTA,应用 GOS 评分评价预后。

2 结果

2.1 动脉瘤三维模型的重建 12 例均顺利完成三维影像重建,将三维模型与术中所见进行对比,9 例正确反映术中真实解剖情况,3 例术中对比效果欠佳,小动脉瘤(直径<5 mm)以及小血管重建效果相对较差,但是动脉瘤周围主要血管结构对比一致。

2.2 手术结果 12 例动脉瘤均顺利实施开颅夹闭术,术中没有出现动脉瘤破裂。术后次日复查颅脑 CTA 示颅内血管通畅,未见新增出血,动脉瘤夹闭良好。术后 3 个月,复查 CTA 未见动脉瘤复发;GOS 评分 5 分 8 例,4 分 3 例,3 分 1 例。

2.3 典型病例 76 岁女性,因反复头晕 4 个月入院。体格检查:神志清楚,未发现神经系统阳性体征。颅脑 CTA 示右侧大脑中 M1 段动脉瘤,直径约 12 mm;左侧大脑中动脉 M2 段起始部动脉瘤,直径约 3 mm。术前通过 3D Slicer 完成三维模型重建,模拟翼点入路,评估单侧入路夹闭双侧动脉瘤具有可行性,按照手术规划,选择右侧翼点入路,术中夹闭右侧动脉瘤后,按照三维模型的模拟角度,准确分离出对侧大脑中动脉 M2 段动脉瘤,并顺利夹闭(图 1)。术后复查 CTA 示双侧动脉瘤夹闭良好,术区未见新增出血。术后随访 3 个月,GOS 评分 5 分,复查 CTA 未见动脉瘤复发。

3 讨论

3.1 3D Slicer 软件功能优势 3D Slicer 软件是一个用于医学图像处理 and 三维可视化的开源软件,由美国国立卫生研究院和全球开发者社区赞助,是一款备受医生青睐的强大的跨平台处理工具。20 多年来,3D Slicer 软件的各种扩展模块被开发出来,功能愈发丰富,可以在多种操作系统上安装运行,具有强大的三维重建、影像配准、多模态融合、分割、内镜模拟等功能^[4]。

3.2 颅内动脉瘤夹闭术前规划的重要性 颅内动脉瘤破裂出血是引起蛛网膜下腔出血最常见的原因。目前,颅内动脉瘤常用的治疗手段包括介入栓塞术和开颅夹闭术,其中开颅夹闭术,要求操作细致,能够准确识别和分离载瘤动脉和瘤颈,稍有不慎便会引起动脉瘤破裂,所以,术中精确定位显得尤为重要^[5]。这就要求术者必须要解剖知识扎实,并且要有丰

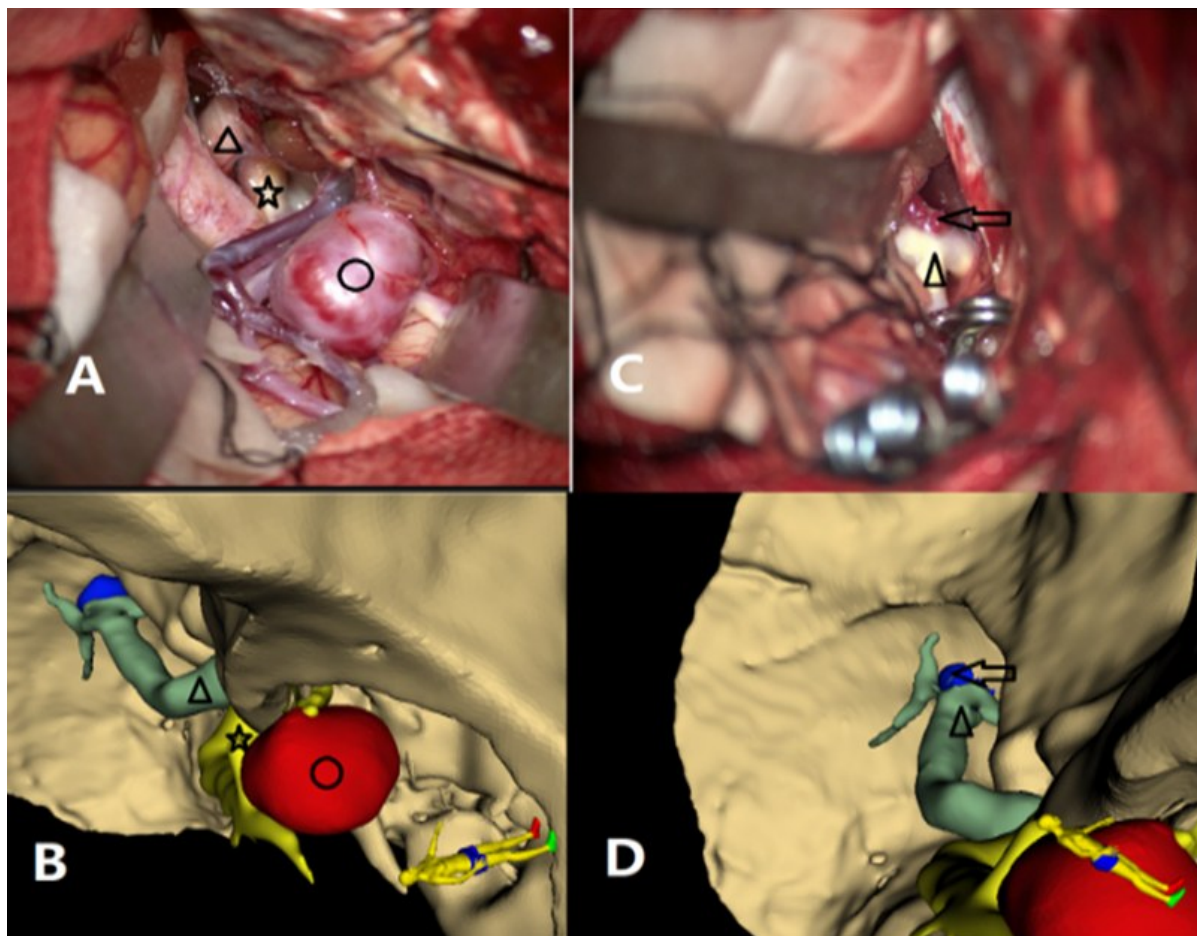


图1 3D Slicer软件三维重建辅助右侧翼点入路手术夹闭双侧大脑中动脉动脉瘤

A. 术中显微镜下观察,○示右侧大脑中动脉动脉瘤,☆示右侧大脑中动脉,△示左侧大脑中动脉;B. 术前3D Slicer软件三维重建模型模拟手术入路视角,可见右侧大脑中动脉动脉瘤(○示)、右侧大脑中动脉(☆示),左侧大脑中动脉(△示);C. 术中显微镜下观察,↑示左侧大脑中动脉动脉瘤,△示左侧大脑中动脉;D. 术前3D Slicer软件三维重建模型模拟手术入路视角,可见左侧大脑中动脉动脉瘤(蓝色区域)及左侧大脑中动脉(△示)

富的空间想象力,而周全的术前规划是手术成功的关键。

3.3 运用3D Slicer软件影像重建的优势 目前,颅内动脉瘤影像检查包括CTA、DSA、MRA等,MRA检查时间久,不适合急诊病人;DSA为诊断颅内动脉瘤的金标准,但是无法显示血管周围组织结构情况,而且是有创的,短时间内,不适合多次检查。相比之下,颅脑CTA更加快捷、方便,常作为颅内动脉瘤病人的首选检查。通过CTA影像的三维重建可以帮助术者对局部解剖深入认识,实现术中情况的真实模拟。尽管术中超声可以实时定位,但是操作步骤及器械准备复杂,会延长手术时间^[6]。目前,使用3D Slicer进行影像后处理的报道越来越多,证实其三维重建结果的准确性^[7,8]。本文12例颅内动脉瘤成功实现模拟手术视角及预测目标结构位置,使术者可以快速准确的找到动脉瘤位置,从而避免损伤周围血管

及降低因操作不当引起动脉瘤术中破裂的风险。利用3D Slicer软件重建动脉瘤模型辅助术中定位,摆脱了特殊定位设备,直接使用CTA扫描序列,无需其它特殊影像的检查。利用3D Slicer软件有针对性地进行病变及毗邻结构重建,能辅助术中快速定位,可以作为术前计划的一项补充^[9]。另外,与病人及其家属进行病情告知、术前谈话时,应用三维动脉瘤模型,会起到事半功倍的效果。

3.4 研究的局限性 样本量少,缺少大宗数据的支持,因此3D Slicer影像重建能否缩短动脉瘤夹闭手术时间,有待进一步研究。重建数据使用的是DICOM格式,重建效果很大程度受限于所使用的数据质量,因此使用3D Slicer软件必须和影像科室医生相互沟通合作。本文病例在重建过程中,对于直径大于5 mm且未引起血肿的动脉瘤,重建效果较好;对于动脉瘤破裂出血,引起局部血肿的病人,重建效

果较差。

3.5 影像三维建模技术展望 随着医院PACS系统的普及^[10],获取影像原始数据已不再是难事,基于3D Slicer的影像建模可以进一步拓展到整个神经外科领域,同时实现解剖模型的3D打印^[11]。目前,国家将医疗3D打印纳入重点发展技术,三维影像建模是打印的基础。相信未来三维影像、多模态融合技术等会成为神经外科中的一个亮点,希望能有更多的同道加入到三维影像建模队伍中,一起努力,为我国神经外科事业的发展做出贡献。

综上所述,3D Slicer三维影像重建制作的颅内动脉瘤三维立体模型,可获得更多的立体解剖信息,加深对病变局部解剖的认识,指导制定手术计划,减少术中动脉瘤破裂的风险,提高手术效果。

【参考文献】

- [1] Hoogmoed J, de Oliveira Manoel AL, Coert BA, *et al.* Why do patients with poor-grade subarachnoid hemorrhage die [J]. *World Neurosurg*, 2019, 131(6): e508-e513.
 - [2] Yokoya S, Hino A, Goto Y, *et al.* Pros and cons of tentative clipping in intracranial aneurysm surgery: review of 867 direct clippings in single institution [J]. *World Neurosurg*, 2018, 118(10): e185-e187.
 - [3] Gupta A, Tripathi M, Umredkar AA, *et al.* Impact of post-operative infarcts in determining outcome after clipping of anterior communicating artery aneurysms [J]. *Neurol India*, 2020, 68(1): 132-140.
 - [4] Iredale E, Voigt B, Rankin A, *et al.* Planning system for the optimization of electric field delivery using implanted electrodes for brain tumor control [J]. *Med Phys*, 2022, 27(7): 345-352.
 - [5] 张 力,王汉东,潘云曦,等. 大脑中动脉动脉瘤的显微手术夹闭治疗[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2019, 24(1): 1-4.
 - [6] 茅 磊,赵 鑫,杭春华,等. 微血管多普勒超声在颅内动脉瘤手术中的应用[J]. *中国脑血管病杂志*, 2016, 13(9): 460-464.
 - [7] 谢国强,郝五记,周 琳,等. 基于3DSlicer软件的侧脑室额角穿刺参数研究分析[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2018, 23(9): 405-408.
 - [8] Chen JG, Han KW, Zhang DF, *et al.* Presurgical planning for supratentorial lesions with free slicer software and sina app [J]. *World Neurosurg*, 2017, 106(8): 193-197.
 - [9] 杨 学,周赤忠,张雪梅,等. 颅内动脉瘤3D打印模型构建及临床研究[J]. *中国医学装备*, 2020, 17(3): 92-95.
 - [10] Eichelberg M, Kleber K, Kämmerer M. Cybersecurity in PACS and medical imaging: an overview [J]. *J Digit Imaging*, 2020, 33(6): 1527-1542.
 - [11] 赵元立,王 亮,赵雅慧,等. 3D打印技术在神经外科应用及发展前景[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2020, 25(3): 97-100.
- (2022-06-25 收稿, 2022-07-15 修回)
-
- (上接第 645 页)
- [2] Helmick KM, Spells CA, Malik SZ, *et al.* Traumatic brain injury in the US military: epidemiology and key clinical and research programs [J]. *Brain Imaging Behav*, 2015, 9(3): 358.
 - [3] 宗兆文,杨 磊. 美军在“自由伊拉克行动”和“持久自由行动”中颅脑战伤救治的经验及对我军颅脑战伤救治的启发[J]. *第三军医大学学报*, 2018, 40(2): 91-96.
 - [4] 金 海,梁国标,陶英群,等. 野战医疗条件下颅脑战创伤的诊断现状与发展[J]. *西北国防医学杂志*, 2020, 41(9): 529-533.
 - [5] 苏 琛,孙景工,孟洪卫,等. 野外核磁诊断车的研制[J]. *医疗卫生装备*, 2021, 42(6): 7-11, 39.
 - [6] 李忠红,胡大可. 国内外车载医学影像装备的发展现状[J]. *中国医学物理学杂志*, 2005, 22(2): 453-455.
 - [7] 刘志超,杨 炯,王晓枫,等. 移动式磁共振成像设备研制现状[J]. *中华灾害救援医学*, 2014, 2(4): 223-226.
 - [8] 金红花,杨 卫,程若勤. 磁共振T2 FLAIR与DWI序列在少量自发性蛛网膜下腔出血中的诊断价值[J]. *医学影像学杂志*, 2017, 27(3): 416-418, 421.
 - [9] 杨 旭,李 鹏,张 鑫,等. MR FLAIR序列、DWI序列及CT检查对急性蛛网膜下腔出血的诊断价值[J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30(5): 729-732.
 - [10] 李 亮. 16排螺旋CT在自发性蛛网膜下腔出血患者动脉瘤诊断的价值[J]. *中国药物与临床*, 2019, 19(11): 1816-1817.
- (2022-05-20 收稿, 2022-06-28 修回)