

## . 论 著 .

3D Slicer 三维重建技术在原发性面肌痉挛  
显微血管减压术前评估中的应用

王 强 杨岸超

**【摘要】目的** 探讨 3D Slicer 三维重建技术在面肌痉挛(HFS)显微血管减压术(MVD)前评估中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2022 年 6 月至 2023 年 12 月 MVD 治疗的 200 例 HFS 的病例资料。术前均行 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查,应用 3D Slicer 软件进行三维重建,指导 MVD。以术中发现为金标准。**结果** 除 1 例阴性外,术中发现责任血管 199 例,其中小脑前下动脉(AICA)111 例,小脑后下动脉 52 例,椎动脉(VA)29 例,AICA 联合 VA 有 7 例。3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查与术中发现一致性一般( $\kappa$ 值=0.326),敏感性、特异性和准确性分别为 83.90%、100.00%和 91.00%;3D Slicer 三维重建技术与术中发现一致性良好( $\kappa$ 值=0.651),敏感性、特异性和准确性分别为 99.00%、100.00%和 100.00%。3D Slicer 三维重建技术预测责任血管的效果明显优于 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查( $P<0.001$ )。200 例术后随访 6~24 个月,中位随访时间为 12 个月,症状完全缓解 142 例(71.00%),部分缓解 51 例(25.50%),无变化 7 例(3.50%)。**结论** MVD 治疗 HFS 术前应用 3D Slicer 软件根据 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查数据进行三维重建,模拟手术路径,可以降低遗漏责任血管的风险,提高手术成功率。

**【关键词】** 面肌痉挛;显微血管减压术;3D-FIESTA;3D-TOF MRA;3D Slicer 三维重建技术;疗效

**【文章编号】** 1009-153X(2024)05-0257-04 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 745.1<sup>+</sup>2; R 651.1<sup>+</sup>1

**Application of 3D reconstruction technology using 3D Slicer software in pre-operative assessment of patients with primary hemifacial spasm undergoing microvascular decompression**

WANG Qiang, YANG An-chao. Department of Neurosurgery, Beijing Tiantan Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100070, China

**【Abstract】 Objective** To investigate the application value of 3D reconstruction technology using 3D Slicer software in the preoperative evaluation of patients with hemifacial spasm (HFS) undergoing microvascular decompression (MVD). **Methods** The clinical data of 200 patients with HFS who underwent MVD from June 2022 to December 2023 were retrospectively analyzed. All patients underwent 3D-FIESTA and 3D-TOF MRA preoperatively, and the 3D Slicer software was used for 3D reconstruction to guide MVD. The intraoperative finding was served as the gold standard. **Results** Except for one negative patient, responsible vessels were found intraoperatively in 199 patients, including anterior inferior cerebellar artery (AICA) in 111 patients, posterior inferior cerebellar artery in 52 patients, vertebral artery in 29 patients, and AICA combined with VA in 7 patients. The consistency between 3D-FIESTA and 3D-TOF MRA examination and intraoperative findings was generally ( $\kappa$  value=0.326), the sensitivity, specificity, and accuracy were 83.90%, 100.00%, and 91.00%, respectively. The consistency between 3D reconstruction technology and intraoperative findings was good ( $\kappa$  value=0.651), the sensitivity, specificity, and accuracy were 99.00%, 100.00%, and 100.00%, respectively. The prediction efficacy of 3D reconstruction technology on the responsible vessels was significantly better than that of 3D-FIESTA and 3D-TOF MRA examination ( $P<0.001$ ). After follow-up for 6~24 months, with a median time of 12 months, complete symptom relief was achieved in 142 patients (71.00%), partial relief in 51 (25.50%), and no change in 7 (3.50%). **Conclusion** For patients with HFS, MVD guided by 3D reconstruction technology using 3D Slicer software based on the data of 3D-FIESTA and 3D-TOF MRA examination can reduce the risk of missing the responsible vessels, and improve the success rate of surgery.

**【Key words】** Hemifacial spasm; Microvascular decompression; 3D-FIESTA; 3D-TOF MRA; 3D Slicer; Clinical efficacy

显微血管减压术(microvascular decompression,

MVD)是目前治疗原发性面肌痉挛(hemifacial spasm, HFS)的首选手术方法<sup>[1-4]</sup>。临床上,常用 MRI 三维时间飞越法血管成像序列(3D-time-of-flight MR angiography, 3D-TOF MRA)、三维快速稳态进动成像序列(3D fast imaging employing steady-state acquisition, 3D-FIESTA)诊断原发性 HFS 及判断责任血管<sup>[5]</sup>。然而,这些手段术前判断 HFS 的神经血管

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2024.05.001

基金项目:国家自然科学基金(82302879)

作者单位:100070 北京,首都医科大学附属北京天坛医院神经外科

(王 强、杨岸超)

通信作者:杨岸超, Email: yang.anchao@163.com

关系、识别责任血管与术中发现的一致性并不理想<sup>[6]</sup>。3D Slicer 软件应用简单,可对病人大脑和病变进行建模,被广泛应用于临床<sup>[7]</sup>。应用 3D Slicer 软件对 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 进行三维重建,可以很好地区分血管和神经<sup>[8]</sup>。本文探讨 3D Slicer 软件三维重建技术在原发性 HFS 病人 MVD 术前评估中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 病例选择标准 纳入标准:符合原发性 HFS 诊断标准,单侧抽搐;病程 1 年以上;无严重基础疾病,病情稳定。排除标准:继发性 HFS;既往有面神经外伤史、面神经炎病史;合并严重肝、肾功能障碍;并发其他颅神经疾病;合并听力障碍;随访数据缺失。

1.2 研究对象 回顾性分析 2022 年 6 月至 2023 年 12 月收治的符合标准的 200 例原发性 HFS 的临床资料,其中男性 70 例,女性 130 例;年龄 30~84 岁,平均(62.17±10.09)岁;病程 4.0~6.5 年,平均(5.17±0.69)年;合并高血压病 36 例、糖尿病 53 例。

1.3 术前评估方法 术前均行 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查,应用 3D Slicer 软件进行三维重建,评估面神经及其周围血管毗邻关系。神经与血管的关系包括:压迫、接触和无接触,其中压迫是指血管的压痕或神经的变形和移位;接触是指血管相互接触,但没有观察到压痕。

1.3.1 MRI 检查参数 采用 Signal HDX 3.0 T MRI 扫描仪。扫描参数:重复时间(repetition time, TR)21 ms,回波时间(echo time, TE)2.8 ms,反转角 15°,视野(field of view, FOV)为 240 mm×240 mm,矩阵 512×512,扫描层厚 1.0 mm。3D-FIESTA:TR=4.8 ms,TE=1.5 ms,反转角 55°,FOV 为 240 mm×240 mm,矩阵 512×512,扫描层厚 1.0 mm。

1.3.2 3D Slicer 三维重建 将 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 序列的 DICOM 数据导入到 3D Slicer 软件中,运行 Segment Editor 模块,选择动脉,选择合适的阈值重建血管,最后使用 Island 和 Scissor 工具将所需要的血管区域留下。在 Editor 模块中打开 MRA 序列,用 Paint Effect 在矢状、冠状和水平位置标记脑干形态(图 1)。

1.4 手术方法 采用乙状窦后入路行 MVD<sup>[9]</sup>。患侧枕部做 4 cm 的皮肤切口,然后切开头皮、肌肉及骨膜,在枕骨鳞状部钻孔并咬开 2 cm×2 cm 的骨窗。骨窗外缘为乙状窦,下缘靠近颅底。以“⊥”形切开硬脑膜并悬吊。显微镜下暴露小脑,释放脑脊液后,暴露面

神经根出脑干区(root exit zone, REZ),确定责任血管,取适当大小的 Telon 棉垫将责任血管与神经分离。必要时使用生物胶将粗椎动脉粘在岩骨上,以确保颅神经完全减压。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 24.0 软件分析;定量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用 *t* 检验;定性资料采用  $\chi^2$  检验;采用 Kappa 检验评估一致性;采用 Spearman 秩相关系数分析相关性;*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术中发现 200 例中,182 例(91.00%)术中发现血

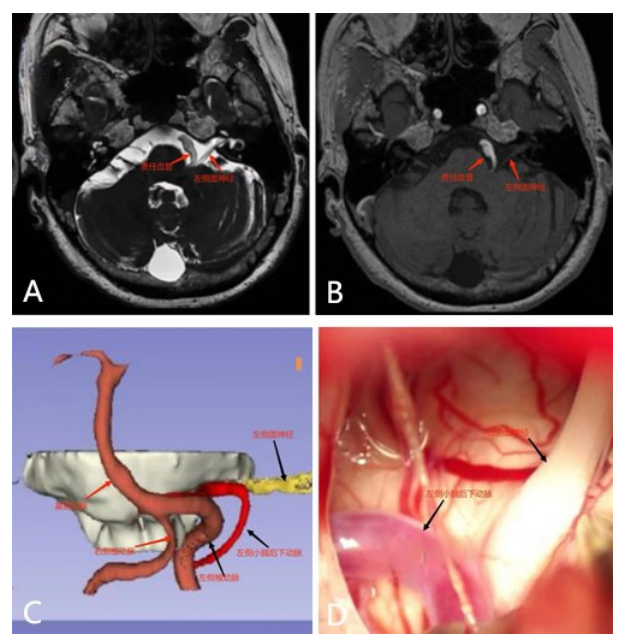


图 1 原发性面肌痉挛术前 3D-FIESTA、3D-TOF MRA、3D Slicer 三维重建影像表现及术中发现

A. 术前 3D-FIESTA 可见责任血管与右侧面神经有接触;B. 术前 3D-TOF-MRA 显示面神经处可见细小血管影;C. 3D Slicer 三维重建影像更加具象化地显现纤细弯曲的血管,此血管为右侧小脑后下动脉及其分支,血管明显与后方的面神经接触;D. 术中观察神经血管关系,面神经被小脑后下动脉及其分支压迫

Figure 1 Preoperative 3D-FIESTA, 3D-TOF MRA, and 3D Slicer three-dimensional reconstruction imaging findings and intraoperative observations of a patients with primary hemifacial spasm

A: Preoperative 3D-FIESTA shows the responsible vessel in contact with the right facial nerve. B: Preoperative 3D-TOF-MRA shows a fine vascular shadow on the facial nerve. C: 3D Slicer three-dimensional reconstruction imaging more vividly shows the delicate curved vessel, which is the right cerebellar posterior inferior artery and its branch, with a clear contact with the posterior facial nerve. D: Intraoperative observation of the neurovascular relationship reveals that the facial nerve is compressed by the cerebellar posterior inferior artery and its branch.

管与神经之间存在压迫关系,17 例(8.50%)术中发现有接触关系,1 例(0.50%)无接触关系。术中发现责任血管:111 例为小脑前下动脉(anterior inferior cerebellar artery, AICA),52 例为小脑后下动脉(posterior inferior cerebellar artery, PICA),29 例为椎动脉(vertebral artery, VA),8 例为 AICA 联合 VA。

2.2 术前评估结果

2.2.1 对血管压迫关系的判断结果 术前 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查发现,153 例(76.50%)有压迫关系,15 例(7.50%)有接触关系,32 例(16.00%)无接触关系;与术中发现一致性一般( $\kappa$ 值=0.326),敏感性、特异性和准确性分别为 83.90%、100.00%和 91.00%。术前三维重建方法发现 177 例(88.50%)有压迫关系,20 例(10.00%)有接触关系,3 例(1.50%)无接触关系;与术中发现一致性良好( $\kappa$ 值=0.651),敏感性、特异性和准确性分别为 99.00%、100.00%和 100.00%。三维重建方法判断血管和神经关系的效果明显优于 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查( $\chi^2=53.714, P<0.001$ )。

2.2.2 对责任血管的判断效果 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查发现责任血管:91 例为 AICA,41 例为 PICA,53 例为 VA,15 例为 AICA 联合 VA;与术中发现的一致性一般( $\kappa$ 值=0.380)。三维重建技术发现责任血管:115 例为 AICA,49 例为 PICA,29 例为 VA,7 例为 AICA 联合 VA;与术中发现的一致性良好( $\kappa$ 值=0.672)。

2.3 手术效果 200 例术后随访 6~24 个月,中位随访时间为 12 个月,症状完全缓解 142 例(71.00%),部分缓解 51 例(25.50%),无变化 7 例(3.50%)。

3 讨论

HFS 是一种以面部肌肉不自主痉挛为特征的运动障碍,主要由血管压迫面神经 REZ 引起。HFS 发病率约为 11/10 万,以中年人居多。MVD 是目前治疗 HFS 的标准手术,具有良好的效果<sup>[1,10,11]</sup>。

MVD 的有效率取决于术者对神经血管压迫位点减压的准确性及彻底性。目前,3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 已被用于 MVD 前评估神经血管压迫位点<sup>[12,13]</sup>。3D-FIESTA 序列可以弥补空间和时间分辨率不足,可获得良好的软组织图像,即使没有血液流动,也可以显示血管的外部结构。3D-TOF MRA 是基于血管流空效应,在采集时以较短 TR 的快速扰相 FFE 序列多脉冲激励饱和采集参数,以便确保将血管周围进行背景抑制,从而显示血管神经的信号

差异,临床常使用其诊断颅内血管病变。然而,它是一种静态成像方法,不能用于评估特定动脉的血流动力学。因此,两种 MRI 序列经常一起使用,但仍是二维图像,在显示精细结构方面仍受到限制;当神经与血管紧密接触或周围无脑脊液时,3D-FIESTA 很难辨别两者的关系,3D-TOF MRA 序列显示神经信噪比较差,且依赖血流速度,血流动力学的差异严重影响检查结果<sup>[14]</sup>。

3D Slicer 是一款开源图像分析、处理软件,具有建模、多模式融合等功能<sup>[8]</sup>,可以进行三维分割分析,完整显示颅内病变的大小和位置<sup>[15]</sup>。3D Slicer 三维重建技术可以校正 MRI 序列的假阳性结果。此外,术前对面神经及其周围结构进行三维建模可用于指导手术,而这是二维图像所无法实现的<sup>[15]</sup>。Shi 等<sup>[14]</sup>研究发现,3D-FIESTA 联合 3D-TOF 对 HFS 或三叉神经痛的责任血管判断准确率为 73.3%,3D Slicer 三维重建技术判断准确率达 96.67%,原因是 3D Slicer 基于 MRI 3D-FIESTA 及 3D-TOF MRA 序列的影像重建可提高 HFS 或三叉神经痛责任血管判断的准确率,可以清晰地重建责任血管形态及走行并为 MVD 提供指导。本研究结果显示,在判断血管和神经关系方面,3D-FIESTA 及 3D-TOF MRA 检查与术中发现一致性一般( $\kappa$ 值=0.326),敏感性、特异性和准确性分别为 83.90%、100.00%和 91.00%;3D Slicer 三维重建技术与术中发现一致性联合( $\kappa$ 值=0.651),敏感性、特异性和准确性分别为 99.00%、100.00%和 100.00%;在判断责任血管方面,3D-FIESTA 及 3D-TOF MRA 检查与术中发现一致性一般( $\kappa$ 值=0.380),3D Slicer 三维重建技术与术中发现一致性良好( $\kappa$ 值=0.672)。无论是判断血管和神经关系方面,还是判断责任血管方面,3D Slicer 三维重建技术均明显优于 3D-FIESTA 及 3D-TOF MRA 检查。

总之,MVD 治疗 HFS 术前应用 3D Slicer 软件根据 3D-FIESTA 和 3D-TOF MRA 检查数据进行三维重建,模拟手术路径,可以降低遗漏责任血管的风险,提高手术成功率。

【伦理学声明】:本研究遵循《赫尔辛基宣言》,所有病人和/或家属均签署知情同意书。本研究方案于 2023 年 12 月 26 日经首都医科大学附属北京天坛医院医学伦理委员会审批,批号为 2023-0802。

【利益冲突声明】:本文不存在任何利益冲突。

【作者贡献声明】:王强负责收集资料、分析数据、撰写论文及修改论文;杨岸超指导写作、修改论文及最



后定稿。

【参考文献】

[1] HE Y, LI YZ, CHEN J, *et al.* Application of preoperative and intraoperative electroneurophysiological examination for persons with hemifacial spasm [J]. Chin J Phys Med Rehabil, 2023, 45(6): 506–510.  
何 颖,李玉琢,陈 静,等.神经电生理监测在面肌痉挛患者术前评估及其预后判断中的应用[J].中华物理医学与康复杂志, 2023,45(6):506–510.

[2] TAMBASCO N, FILIDEI M, NIGRO P, *et al.* Botulinum toxin for the treatment of hemifacial spasm: an update on clinical studies [J]. Toxins (Basel), 2021, 13(12): 881.

[3] DAI XL, TIAN XF, YANG YF, *et al.* Clinical application of supine postauricular transverse incision approach in treatment of hemifacial spasm [J]. J Prac Med, 2022, 38(12): 1512–1516.  
代兴亮,田学丰,杨亚飞,等.平卧位耳后横切入口路治疗面肌痉挛的临床效果[J].实用医学杂志,2022,38(12):1512–1516.

[4] MATMUSAEV M, KUMAR RS, YAMADA Y, *et al.* Endoscopic microvascular decompression for hemifacial spasm [J]. Asian J Neurosurg, 2020, 15(4): 833–838.

[5] ZHANG X, WANG YL, LIU XN, *et al.* Value of combined application of MRI 3D–TOF and 3D–FIESTA–C sequences in the diagnosis of primary hemifacial spasm [J]. J Hebei Med Univer, 2022, 43(11): 1306–1310.  
张 雪,王亚丽,刘晓宁,等.磁共振 3D–TOF–MRA 和 3D–FIESTA–C 序列联合应用在原发性面肌痉挛诊断中的价值[J].河北医科大学学报,2022,43(11):1306–1310.

[6] LIU L, WANG CL, LIU JC, *et al.* Application of 3D reconstruction technique using 3D Slicer software combined with LSR monitoring to microvascular decompression for patients with hemifacial spasm [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2023, 28(3): 160–163.  
刘 璐,王春琳,刘家传,等.3D Slicer 三维重建技术联合 LSR 监测在面肌痉挛微血管减压术中的应用[J].中国临床神经外科杂志,2023,28(3):160–163.

[7] SONG XD, LUO B, LIU Y, *et al.* 3D slicer combined with sina software assisted percutaneous balloon compression for trigeminal neuralgia [J]. J Prac Med, 2022, 38(9): 1120–1124.  
宋旭东,罗 波,刘 毅,等.3D–Slicer 联合 sina 软件辅助经皮穿刺球囊压迫治疗三叉神经痛的临床效果[J].实用医学杂志,

2022,38(9):1120–1124.

[8] SHI ZJ, GAO X, FAN CF, *et al.* Application of three–dimensional reconstruction of MRI images using 3D Slicer software in microvascular decompression for patients with primary trigeminal neuralgia [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2022, 38(9): 1120–1124.  
师忠杰,高 鑫,范超凡,等.3D Slicer 三维重建影像在微血管减压术治疗原发性三叉神经痛中的应用[J].中国临床神经外科杂志,2021,26(11):827–829,890.

[9] LIN J, ZHANG Y, PENG R, *et al.* Preoperative imaging and microscopic navigation during surgery can avoid unnecessarily opening the mastoid air cells through craniotomy using the retrosigmoid approach [J]. World Neurosurg, 2019, 121: e15–e21.

[10] JIANG HT, WANG P, ZHOU W, *et al.* Fully endoscopic microvascular decompression for hemifacial spasm [J]. Exp Ther Med, 2022, 24(1): 483.

[11] TANG FJ, LIU W, LI SF, *et al.* Evaluation value of abnormal muscle response monitoring in efficacy of microvascular decompression in primary hemifacial spasm [J]. Chin J Neuromed, 2022, 21(4): 387–391.  
唐凤娇,刘 伟,栗世方,等.微血管减压术中 AMR 监测对原发性面肌痉挛预后的评估价值分析[J].中华神经医学杂志,2022, 21(4):387–391.

[12] MA J, GAO RY, SUN HT. Perioperative nursing care of microvascular decompression surgery for facial spasm under clinical pathway guidance [J]. Chongqing Med, 2021, 50(20): 3597–3600.  
马 静,高若妍,孙洪涛.临床路径指导下显微血管减压术治疗面肌痉挛的围术期护理[J].重庆医学,2021,50(20):3597–3600.

[13] LIANG C, YANG L, ZHANG BB, *et al.* Three–dimensional time–of–flight magnetic resonance angiography combined with high resolution T2–weighted imaging in preoperative evaluation of microvascular decompression [J]. World J Clin Cases, 2022, 10(34): 12594–12604.

[14] SHI HL, LI YZ, WANG Y, *et al.* The preoperative evaluation value of 3D–slicer program before microsurgical vascular decompression in patients with hemifacial spasm [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2022, 217: 107241.

[15] YOU YJ, NIU YL, SUN FB, *et al.* Three–dimensional printing and 3D slicer powerful tools in understanding and treating neurosurgical diseases [J]. Front Surg, 2022, 9(14): 1030081.

(2024–02–19 收稿,2024–04–25 修回)