

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

师忠杰 高 鑫 范超凡 刘希尧 肖德勇 谭国伟 王占祥

【摘要】目的 探讨基于磁共振 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 序列的 3D Slicer 三维重建影像在微血管减压术(MVD)治疗原发性三叉神经痛(PTN)中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2019 年 1 月至 2020 年 10 月 MVD 治疗的 58 例 PTN 的临床资料。术前均行 3.0 T 颅脑磁共振 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 扫描,利用 3D Slicer 软件进行三维影像重建,以评估神经与血管的关系,并制定手术方案。以术中所见为判断神经与血管关系的金标准。**结果** 3D-TOF-MRA 和 3D-FIESTA 判断责任血管的准确率分别为 77.59%(45/58),81.03%(47/58),与术中发现的一致性 Kappa 值分别为 0.753、0.762。三维重建影像判断责任血管的准确率为 93.10%(54/58),与术中发现的一致性 Kappa 值为 0.882。三维重建影像判断责任血管的准确率明显优于 3D-TOF-MRA 和 3D-FIESTA($P<0.05$)。ROC 曲线分析显示,术前三维重建影像评估神经受压程度的曲线下面积为 0.94($P<0.05$)。术后 47 例疼痛缓解,总有效率为 81%(47/58);11 例症状未见明显改善,但无加重。出院后随访 3~6 个月,11 例无改善病人中,2 例出院 1 个月有改善,9 例无改善、无加重;其余 47 例无复发。**结论** 基于 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 的 3D Slicer 三维重建影像,可以在术前很好地判断神经与血管的关系及神经受压程度,和术中观察具有很好的一致性,对 MVD 治疗 PTN 的术前规划具有重要价值。

【关键词】 原发性三叉神经痛;微血管减压术;磁共振成像;三维影重建;3D Slicer;3D-TOF-MRA;3D-FIESTA

【文章编号】 1009-153X(2021)11-0827-03 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 845.1⁺1; R 651.1⁺1

Application of three-dimensional reconstruction of MRI images using 3D Slicer software in microvascular decompression for patients with primary trigeminal neuralgia

SHI Zhong-jie, FAN Chao-fan, GAO Xin, LIU Xi-yao, XIAO De-yong, TAN Guo-wei, WANG Zhan-xiang. Department of Neurosurgery, The First Affiliated Hospital of Xiamen University, Xiamen 361000, China

【Abstract】 Objective To explore the application value of three-dimensional reconstruction of MRI images using 3D Slicer software in microvascular decompression (MVD) for the patients with primary trigeminal neuralgia (PTN). **Methods** The clinical data of 58 patients with PTN who underwent MVD from January 2019 to October 2020 were retrospectively analyzed. Before the operation, 3.0 T magnetic resonance 3D-TOF-MRA and 3D-FIESTA scans were performed on all the patients, and 3D slicer software was used for three-dimensional reconstruction to evaluate the relationship between the trifacial nerves and their offending vessels and to formulate the surgical plans. Intraoperative findings were served as the gold standard for judging the relationship between the trifacial nerves and their offending vessels. **Results** The accuracy rates of 3D-TOF-MRA and 3D-FIESTA in judging the offending vessels were 77.59% (45/58) and 81.03% (47/58), respectively. The Kappa values of 3D-TOF-MRA and 3D-FIESTA consistent with those found during the operation were 0.753 and 0.762, respectively. The accuracy of the three-dimensional reconstructed images to determine the offending vessels was 93.10% (54/58), and the Kappa value was 0.882. The accuracy rate of the three-dimensional reconstruction image to judge the offending vessel was significantly higher than those of 3D-TOF-MRA and 3D-FIESTA ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve for preoperative three-dimensional reconstruction images to assess the degree of nerve compression was 0.94 ($P<0.05$). After the operation, pain relief was achieved in 47 patients (81%, 47/58) and no significant improvement in 11. Follow-up (3~6 months) showed that 2 of 11 patients with no improvement had improvement within 1 month after the discharge, 9 of 11 patients had no improvement or aggravation; the other 47 patients had no recurrence. **Conclusions** Three-dimensional reconstruction of MRI images using 3D Slicer software can fully differentiate the relationship between the trifacial nerves and their offending vessels, which is of great value in the preoperative planning of MVD for PTN patients.

【Key words】 Primary trigeminal neuralgia; Microvascular decompression; 3D Slicer; Three-dimensional reconstruction; MRI

原发性三叉神经痛(primary trigeminal neuralgia, PTN)是一种以三叉神经分布区短暂性、反复性疼痛为特征的疾病。周围学说认为三叉神经进出脑干区(root entry zone, REZ)受血管压迫是主要原因,将压迫神经的血管称为责任血管^[1,2]。目前,微血管减压术(microvascular decompression, MVD)为 PTN 首选手术方式^[3-6]。MVD 是功能性手术,术中不能损伤正常血管,因此,术前准确评估责任血管以及神经与血管的解剖关系尤为重要^[7]。本文探讨基于磁共振 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 序列的 3D Slicer 三维影像重建在 MVD 治疗 PTN 中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取 2019 年 1 月至 2020 年 10 月 MVD 治疗的且术前影像资料完整的 PTN 共 58 例,其中男 23 例,女 35 例;年龄 23~76 岁,平均(51.8±15.6)岁;疼痛位于左侧 23 例,右侧 35 例。

1.2 影像处理 术前均行 3.0 T 颅脑 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 扫描。影像重建分别由 2 名对 3D Slicer 熟练的神经外科主治医师独立完成,并且他们对病人疼痛部位不知情。将 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 原始数据以 DICOM 格式导入 3D Slicer 软件,首先选择 General Registration 模块,以 3D-FIESTA 作为基准数据,完成 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 空间坐标配准。然后,选择 3D-TOF-MRA 序列进行动脉血管分离和重建,选择 3D-FIESTA 序列进行脑干、神经和部分静脉的分离和重建,并使用不同颜色进行标记。重建完成以后,将来自两种序列的模型同时在三维窗口进行展示,并将模型以 STL 格式导出,以备在其它设备观察。

1.3 神经和血管的关系评估 由 2 名未参与手术的神经外科主任医师,分别对重建完成的三维模型进行评估,判断责任血管及神经受压程度。参照 Sindou 等^[7]报道,将责任血管对神经的压迫程度分为四个等级:0 级,神经血管无接触;1 级,神经血管单纯接触无压迫;2 级,神经受压移位;3 级,神经可见压痕。1~3 作为阳性,0 级为阴性。

1.4 手术方法 选择乙状窦后入路^[8],术中予以神经电生理监测。由主刀医师根据术中所见判断责任血管、神经受压程度,并在手术记录中详细记载。由另一位神经外科主任医师通过回看手术视频进一步确认手术记录描述的准确性,对于有歧义的手术记录,由术者和评估者进行商讨直至结果一致。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 23.0 软件分析;采用 Kap-

pa 值分析一致性,分为几乎完全一致(≥0.80),高度一致性(0.61~0.80),中等一致性(0.41~0.60),一般一致性(0.21~0.40),极低一致性(0~0.20)。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析术前影像评估神经受压的效果;以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3D-TOF-MRA 和 3D-FIESTA 判断责任血管的效果 3D-TOF-MRA 和 3D-FIESTA 判断责任血管的准确率分别为 77.59%(45/58),81.03%(47/58),与术中发现的一致性 Kappa 值分别为 0.753($P<0.05$)、0.762($P<0.05$)。

2.2 三维重建影像评估责任血管的效果 单个病人影像三维重建时间 10~22 min,平均 15 min。两位主治医师的影像重建结果叠加在同一视窗观察,REZ 区完全重叠(图 1),结果一致。与术中所见对比,2 例影像重建判定为小脑前下动脉,术中证实为小脑上动脉;1 例影像重建判定为小脑上动脉,术中证实为小脑前下动脉;1 例影像重建判定为小脑上动脉,术中证实为静脉。三维重建影像判断责任血管的准确率为 93.10%(54/58),与术中发现的一致性 Kappa 值为 0.882($P<0.05$)。三维重建影像判断责任血管的准确率明显优于 3D-TOF-MRA 和 3D-FIESTA($P<0.05$)。

2.3 三维重建影像评估神经受压情况 49 例初次评估取得一致结果;9 例初次评估意见不一致,影像数据进行 3D 体渲染(Volume Rendering)后,再次评估和商讨一致,其中 5 例为 1 级,4 例为 2 级。15 例术前评估与术中不一致(表 1)。ROC 曲线分析显示,术前影像评估神经受压的曲线下面积为 0.94($P<0.05$)。

2.4 治疗效果 术后 47 例疼痛缓解,总有效率为 81%(47/58);11 例症状未见明显改善,但无加重。术后未出现脑脊液漏、颅内血肿等严重并发症,2 例出现口周疱疹,保守治疗恢复正常。出院后随访 3~6 个

表 1 三维重建影像术前评估神经受压情况(例)					
术中观察	术前三维重建影像评估				合计
	0 级	1 级	2 级	3 级	
0 级	2	1	0	0	3
1 级	0	16	5	0	21
2 级	0	2	18	1	21
3 级	0	0	6	7	13
合计	2	19	29	8	58

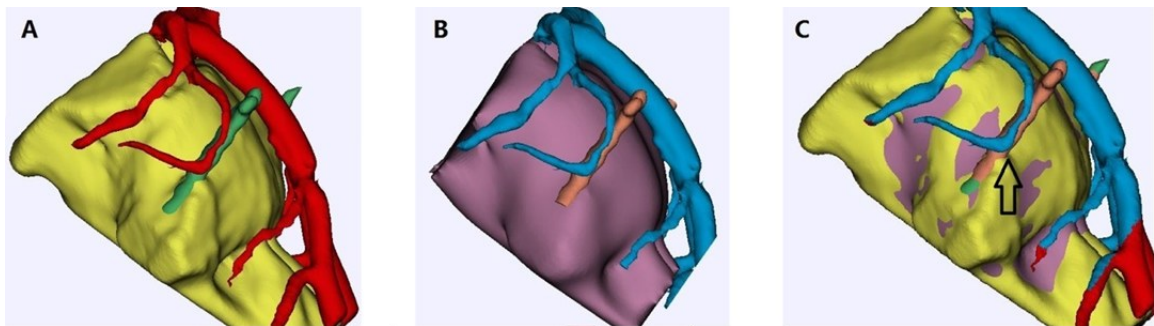


图 1 3D Slicer 三维重建影像显示神经与血管的关系
A、B. 重建结果;C. 两种重建模型在同一视窗观察,吻合度较好,目标 REZ 区域(个示)完全吻合

月,11 例无改善病人中,2 例出院 1 个月有改善,9 例无改善、无加重;其余 47 例无复发。

3 讨论

MVD 治疗 PTN 时,明确责任血管是手术成功的关键。与常规二维影像相比,三维重建影像可使病变区域立体化,从而直观地显示更多解剖细节^[9]。3D Slicer 是一款用于医学图像图像处理和三维可视化的开源软件,具有强大的建模、影像配准、手术模拟等功能^[10]。近年来,MRI 的成像分辨率不断提高,使颅神经疾病的诊断准确率明显提高。目前,三维磁共振成像技术已成为颅神经成像的常用方法,对于判定神经与血管的关系,常用的 3D-TOF-MRA 和 3D-CE-MRA 序列,可使血管呈高信号,颅神经呈等信号,形成鲜明对比,而且对静脉丛成像更具特异性,能极大地强化静脉丛的信号;3D-SPACE 和 3D-FIESTA 序列可以很好地区分脑池段颅神经和脑脊液。尽管如此,目前并没有任何一种序列可以同时很好地区分血管和神经^[11]。

3D-FIESTA 序列检查,神经和血管显示为低信号,脑脊液显示为高信号,单独依靠 3D-FIESTA 可以区分神经、血管与脑脊液,但是并不能很好地评估神经与血管的关系^[12]。3D-TOF-MRA 序列检查则可以很好地区分血管^[13]。利用 3D Slicer 将 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 进行三维重建,可以很好地区分血管和神经,单个病例影像重建的平均时间为 15 min,这说明该软件影像处理效率很高,也不需要额外成本。本文 58 例中,2 例责任血管为静脉,术前重建影像仅识别出 1 例,另有 1 例被误认为动脉,因此,3.0 T MRI 三维重建影像依然面临的挑战是小静脉的显示问题^[12]。另外,颅内段血管走形弯曲,血流方式常为湍流或复杂血流,可能出现旋转失相位现象,引起信号丢失,出现假阳性。CE-MRA 影像可以显示动脉和大直径的静脉^[14],但是对于一些较为复杂

的小静脉等,依然需要其他成像检查,比如 7.0 T MRI,但是这项检测目前仅部分机构开展,倾向于研究,尚未得到广泛应用。

本文结果显示三维重建影像识别责任血管的准确率,较单一序列影像评估准确率高。另外,三维重建影像评估神经受压程度,与术中所见具有很好一致性。术前三维重建影像与手术视频进行对比,大部分情况下,模拟结果相吻合。但是随着手术进行,当再次对比时,发现模拟结果与术中结果并不完全匹配,原因可能是术中脑脊液释放、蛛网膜被剥离、局部组织被牵拉,造成解剖结构的移位^[4]。

三维重建影像相比 3D-TOF-MRA 和 3D-FIESTA 的优势是显而易见的:①三维重建影像可以任意调整角度,准确模拟手术入路,减少术中过多的牵拉;②术前谈话时,三维重建影像可以提高医患之间的沟通效果;③对于复杂的神经血管关系,即使高年资医师单纯依靠二维影像也很难想象出神经血管的真实空间位置关系,而三维重建影像则非常直观;④可随时加入其它的影像序列,比如可以加入颅脑 CT 薄层平扫序列,模拟骨窗位置等^[15]。

综上所述,在判断 PTN 的责任血管和神经受压程度时,3D Slicer 三维重建影像与术中发现具有高度一致性,评估方法简单、快捷,不仅可以用于术前规划,还可以用于医学教学。

【参考文献】

[1] 李 强,于炎冰,张 黎. 三叉神经痛的疼痛范围与神经血管压迫位置的关系研究[J]. 中华神经医学杂志,2020, 19(11):1098-1103.
[2] 张 琼,卢思言,苗重昌. 原发性三叉神经痛的诊断与治疗进展[J]. 中国临床神经外科杂志,2020,25(6):411-413.