



· 论 著 ·

fMRI和DTI在功能区胶质瘤手术中的应用价值

倪卫娟¹, 王超², 倪殿军³, 李归宿¹

1. 深圳市龙华区人民医院神经内科, 广东 深圳 518109 ;
2. 杭州市肿瘤医院神经外科, 浙江 杭州 310000 ;
3. 深圳市龙华区人民医院神经外科, 广东 深圳 518109

[摘要] 目的: 分析功能磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 和弥散张量成像 (diffusion tensor imaging, DTI) 在功能区胶质瘤手术中的指导价值。方法: 收集2018年1月—2019年1月于深圳市龙华区人民医院接受手术治疗的50例功能区胶质瘤患者的临床资料, 统计患者的DTI、fMRI检查结果和手术结果。结果: 高级别胶质瘤的部分各向异性 (fractional anisotropy, FA) 值和表观扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 值与低级别胶质瘤相比有差异 ($t=9.128, 8.535, P<0.05$)。高级别胶质瘤的纤维束破坏形态发生率明显高于低级别胶质瘤 ($\chi^2=4.393, P<0.05$), 纤维束移位率明显低于低级别胶质瘤 ($\chi^2=4.462, P<0.05$)。41例 (82.00%) 患者的肿瘤病灶完全切除, 高级别胶质瘤患者的完全切除率和生存率均明显低于低级别胶质瘤 ($\chi^2=5.378, P<0.05$), 复发率高于低级别胶质瘤 ($\chi^2=4.303, P<0.05$)。不同级别胶质瘤患者手术后的生存质量评分均明显高于手术前, 且低级别胶质瘤患者术后的生存质量评分高于高级别胶质瘤 ($t=10.812, 15.224, 19.485, P<0.05$)。结论: 术前fMRI联合DTI技术进行功能区胶质瘤分级, 对提高肿瘤病灶的完全切除率, 降低死亡率和复发率有重要意义。

[关键词] 胶质瘤; 功能磁共振成像; 弥散张量成像; 功能区

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2021.02.009

中图分类号: R739.41; R445.2 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2021)02-0108-06

Retrospective analysis of the application value of fMRI and DTI in functional glioma surgery NI Weijuan¹, WANG Chao², NI Dianjun³, LI Guisu¹ (1. Department of Neurology, Shenzhen Longhua People's Hospital, Shenzhen 518109, Guangdong Province, China; 2. Department of Neurosurgery, Hangzhou Cancer Hospital, Hangzhou 310000, Zhejiang Province, China; 3. Department of Neurosurgery, Shenzhen Longhua People's Hospital, Shenzhen 518109, Guangdong Province, China)

Correspondence to: LI Guisu E-mail: renxian92211111@163.com

[Abstract] **Objective:** To retrospectively analyze the guiding value of functional magnetic resonance imaging (fMRI) and diffusion tensor imaging (DTI) in functional glioma surgery. **Methods:** The clinical data of 50 patients with functional glioma who underwent surgical treatment in Shenzhen Longhua People's Hospital from January 2018 to January 2019 were collected for retrospective analysis, and the DTI, fMRI examination results and surgical results of the patients were collected. **Results:** The fractional anisotropy (FA) and apparent diffusion coefficient (ADC) values of high-grade gliomas were different from those of low-grade gliomas ($t=9.128, 8.535, P<0.05$). The incidence of fiber bundle destruction in high-grade gliomas was significantly higher than that of low-grade gliomas ($\chi^2=4.393, P<0.05$), and the fiber bundle displacement rate was significantly lower than that of low-grade glioma ($\chi^2=4.462, P<0.05$). 41 patients (82.00%) had complete resection of tumor lesions. The complete resection rate and survival rate of patients with high-grade glioma were significantly lower than that of low-grade glioma ($\chi^2=5.378, P<0.05$), and the recurrence rate was higher than that of low-grade glioma ($\chi^2=4.303, P<0.05$). The quality of life scores of patients with different grades of glioma after surgery were significantly higher than those before surgery, and the quality of life scores of patients with low-grade gliomas were higher than those of high-grade gliomas ($t=10.812, 15.224, 19.485, P<0.05$). **Conclusion:** Preoperative fMRI combined with DTI technology for grading functional gliomas is of great significance for improving the complete resection rate of tumor lesions and reducing the mortality and recurrence rate.

通信作者: 李归宿 E-mail: renxian92211111@163.com

[Key words] Glioma; Functional magnetic resonance imaging; Diffusion tensor imaging; Functional area

胶质瘤是临床常见的原发性颅脑肿瘤，其主要由于大脑和脊髓胶质细胞出现癌变引发，具有生存率低、复发率高的特点^[1]。手术是目前临床对胶质瘤的主要治疗方式，但由于肿瘤组织与正常脑组织无明显分界，因此做好对胶质瘤患者的术前评估和准确分级，才能提高临床治疗效果，降低死亡率。功能磁共振成像（functional magnetic resonance imaging, fMRI）可以为手术者提供精确的解剖学信息，并清晰地显示出患者的功能和代谢信息，近年来被广泛应用于临床中。弥散张量成像（diffusion tensor imaging, DTI）作为一种有效的检查方式，可以有效检测活体组织的水分子扩散情况，同时在胶质瘤的分级中也体现出了较好的应用价值^[2]。本研究回顾并分析50例功能区胶质瘤患者的临床资料，总结了fMRI联合DTI在患者术前分级指导中的作用，期望能为功能区胶质瘤的临床治疗及预后提供理论依据。

1 资料和方法

1.1 一般资料

收集2018年1月—2019年1月于深圳市龙华区人民医院接受手术治疗的50例功能区胶质瘤患者的临床资料进行回顾性分析。其中男性32例，女性18例；年龄30~65岁，平均年龄（53.36 ± 5.28）岁。纳入标准：①经病理学检查明确诊断为胶质瘤；②病灶累及锥体束或邻近运动皮质功能区；③术前接受DTI和fMRI检查；④由同一主刀医师及其治疗小组负责；⑤随访时间>1年；⑥术前及术后均使用卡氏功能状态量表（Karnofsky performance status, KPS）评分进行了生存质量评估。排除标准：①患者资料不完整；②图像质量过差无法进行有效诊断者；③脱水或放化疗治疗者。根据2016年世界卫生组织（World Health Organization, WHO）中枢神经系统肿瘤分级标准^[3]对患者进行分级，包括Ⅰ级12例，Ⅱ级11例，Ⅲ级15例，Ⅳ级12例，其中Ⅰ

级和Ⅱ级判定为低级别胶质瘤，Ⅲ级和Ⅳ级判定为高级别胶质瘤。

1.2 方法

1.2.1 检查方法

采用荷兰Philips公司的Achieva 3.0 T MRI仪行超导MRI检查。①fMRI检查：采用实时全脑功能成像，要求患者在操作提示下进行自主双手对指运动，运动强度和频率适中，叮嘱患者在检查过程中集中注意力，保持均匀呼吸，身体各部位尽可能放松并保持不动。运动刺激方式采用组块设计（Blocked-design）方案，分为运动和静置两种状态，相互交替重复6次后，获取相关的功能数据。扫描参数：重复时间（repetition time, TR）为3 000 ms，回波时间（echo time, TE）为50 ms，矩阵为64 × 64，层厚为5.0 mm，层数为30层，翻转角为90°，扫描视野（field of view, FOV）为230 mm × 230 mm。②DTI检查：使用单次激发回波平面成像序列行轴位采集。扫描参数：TR为10 000 ms，TE为97 ms，矩阵为64 × 64，层厚为4.0 mm，层数为35层，FOV为240 mm × 240 mm。

1.2.2 图像处理

所有图像均上传至Philips系统工作站，由2名有5年以上工作经验的诊断医师对数据进行处理后，观察患者图像并进行测量分析，达成一致意见。①fMRI图像后处理：将数据转变为NIFTI格式后，使用MRIcroN软件对图像的质量进行检查，排除其中运动伪影较大或出现变形较重以及数据缺失的图像。时间和功能图像手动校正后，进行空间标准化处理。②DTI图像后处理：使用FSL 4.1软件对所有数据进行处理。将原始数据转换为NIFTI格式，取出其中的非脑组织结构后，使用DIFIT工具绘制部分各向异性（fractional anisotropy, FA）图和表观扩散系数（apparent diffusion coefficient, ADC）图，在纤维束骨架图内选取患者的肿瘤累及纤维束和相关部位作为感兴趣区（region of interest, ROI），2名诊断医师每人共计测量3次，取两人测量结果

的平均值作为最终值。

1.3 统计学处理

使用SPSS 20.0统计软件对数据进行处理, 计数资料采用 χ^2 检验, 计量资料采用 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 DTI检查结果

所有患者的FA和ADC图均能清晰显示, 术前DTI图像见图1。通过对不同级别胶质瘤相关参

数进行对比, 发现高级别胶质瘤的ADC值低于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 且FA值高于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$, 表1)。

从患者肿瘤病灶周围的白质纤维束表现结果来看, 主要包括受推挤出现的移位、浸润和破坏3种形态。通过对不同级别胶质瘤纤维束形态对比, 发现高级别胶质瘤的纤维束破坏形态发生率明显高于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 纤维束移位率明显低于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 不同级别胶质瘤纤维束的浸润形态相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 表2)。

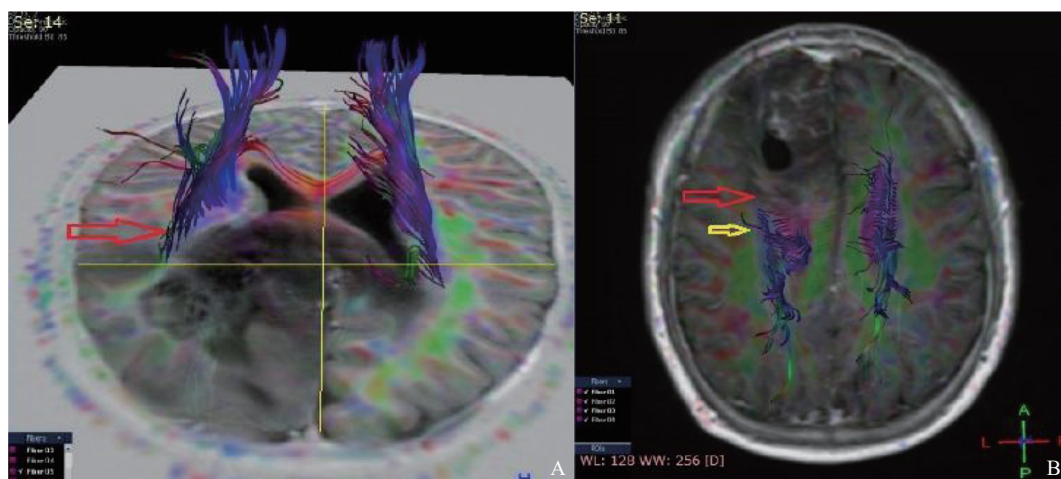


图1 患者术前DTI图像

A: 术前患者的锥体束受到肿瘤推挤移位, 其中的黄色线为颅内纵横中线, 红色箭头所示的锥体束移位异常明显; B: 锥体束被胶质瘤浸润, 其中红色箭头所示病变侧的锥体束被胶质瘤浸润而破坏, 同时可见与对侧相比, 大部分锥体束已经消失。

表1 不同级别胶质瘤相关参数对比

组别	<i>n</i>	ADC值	FA值
低级别胶质瘤	23	1.45 ± 0.22	0.11 ± 0.06
高级别胶质瘤	27	1.02 ± 0.15	0.28 ± 0.09
<i>t</i> 值		9.128	8.535
<i>P</i> 值		0.035	0.037

表2 不同级别胶质瘤白质纤维束形态对比

组别	<i>n</i>	移位	浸润	破坏
低级别胶质瘤	23	7 (30.43)	11 (47.83)	2 (8.70)
高级别胶质瘤	27	2 (7.41)	16 (59.26)	9 (33.33)
χ^2 值		4.462	0.654	4.393
<i>P</i> 值		0.035	0.419	0.036

2.2 fMRI结果

所有患者的fMRI检查结果均清晰 (图2), 其中时间信号的强度动态曲线和任务相关性较强, 可以充分显示出病变部位对于脑功能信号产生的影响, 且可在病变的影响下观察运动功能区出现的减弱和移位等现象, 患侧信号区的强度和位置变化, 与患者肿瘤病灶的大小和形态等密切相关, 不同级别胶质瘤fMRI检出率见表3。

表3 不同级别胶质瘤fMRI检出率

组别	<i>n</i>	检出
低级别胶质瘤	23	23 (100.00)
高级别胶质瘤	27	27 (100.00)
χ^2 值		0.000
<i>P</i> 值		1.000

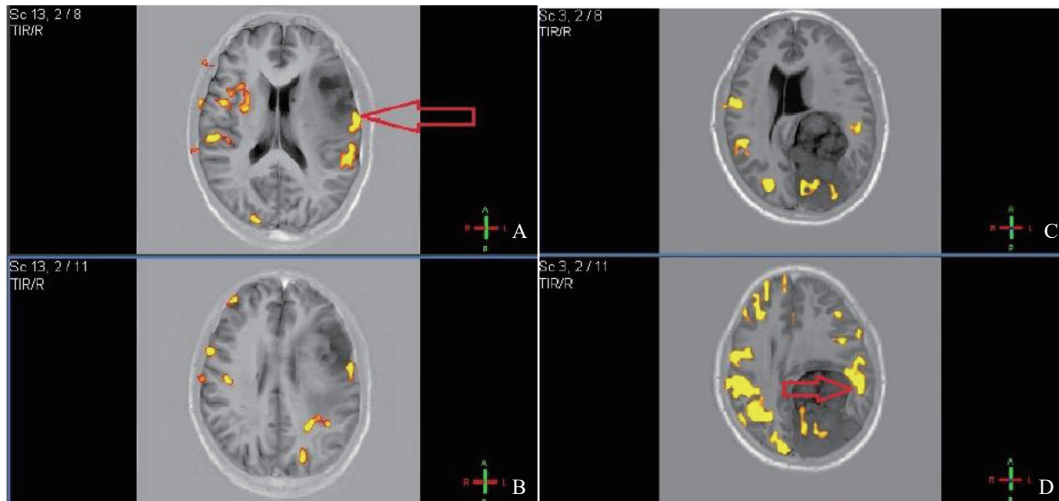


图2 患者术前fMRI图像

A: 红色箭头所示运动功能区和对侧(B)相比受到了挤压推移; C: 红色箭头所示病变所在位置运动功能区与对侧(D)相比明显缺失。

2.3 fMRI联合DTI引导手术治疗结果

根据患者术前的fMRI和DTI检查结果制订手术方案，并在手术过程中结合功能区导航，术后1年对患者进行随访，观察肿瘤切除及残留情况。50例患者中，41例患者为完全切除，占比为82.00%，9例患者由于肿瘤部位距离脑干较近，或位于深部基底节区，选择了部分切除，占比为18.00%。所有患者均有效随访至2020年2月，其中有5例患者死亡，死亡率为10.00%，6例患者复发，复发率为12.00%，通过不同级别胶质瘤患者的完全切除率、生存率和复发率对比，结果发现高级别胶质瘤患者的完全切除率和生存率均明显低于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$)，且复发率明显高于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$ ，表4)。

表4 不同肿瘤切除情况患者的生存率和复发率对比

组别	n	n (%)		
		完全切除	生存	复发
低级别胶质瘤	23	22 (95.65)	23 (100.00)	1 (4.35)
高级别胶质瘤	27	19 (70.37)	22 (81.48)	7 (25.93)
χ^2 值		5.378	4.733	4.303
P值		0.020	0.030	0.038

2.4 生存质量分析

不同级别胶质瘤患者手术前的生存质量评分相比无明显差异 ($P > 0.05$)，不同级别胶质瘤患者手术后1、3和6个月的生存质量评分均明显高于手术前 ($P < 0.05$)，且低级别胶质瘤患者术后1、3和6个月的生存质量评分均明显高于高级别胶质瘤 ($P < 0.05$ ，表5)。

表5 不同级别胶质瘤患者手术前后的生存质量对比

组别	n	生存质量评分			
		手术前	术后1个月	术后3个月	术后6个月
低级别胶质瘤	23	58.33 ± 5.23	78.84 ± 6.31	80.22 ± 6.83	85.53 ± 6.55
高级别胶质瘤	27	59.26 ± 5.65	70.21 ± 5.88	73.35 ± 6.24	75.59 ± 7.03
t值		1.261	10.812	15.224	19.485
P值		0.213	0.029	0.021	0.016

$\bar{x} \pm s$

3 讨 论

胶质瘤是目前临床中常见的颅内原发性肿瘤类型, 根据其恶性程度可分为低级别胶质瘤和高级别胶质瘤, 受到胶质瘤恶性程度不同的影响, 临床治疗方法及患者预后存在一定的差异^[4-5]。因此, 有必要准确判断患者术前级别以改善患者的预后。传统磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 虽然可以对肿瘤生长特点及强化程度进行分析, 实现对肿瘤初步级别的诊断, 但诊断的准确率却相对较低, 不利于临床治疗工作的有效开展^[6]。近年来, 大量临床研究^[7]表明, fMRI在胶质瘤的术前级别评估中体现出了较好的应用价值, 为手术的顺利实施提供了指导依据, 可以有效提高病灶切除的准确率, 对改善患者预后具有重要作用。DTI和fMRI作为两种有效临床检查技术, 目前针对二者联合在胶质瘤手术指导中的临床研究却相对较少。

DTI作为一种有效的临床诊断技术, 目前被广泛应用于胶质瘤的术前分级中, 具有较好的效果。有研究^[8]通过使用DTI对胶质瘤患者进行术前分级, 发现不同级别胶质瘤的ADC值和FA值存在明显差异。本研究通过对比不同级别胶质瘤相关参数, 发现高级别胶质瘤的ADC值低于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 且FA值高于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 说明DTI可以优先区分出胶质瘤的不同级别, 其中ADC值 ≤ 1 和FA值 ≥ 0.25 可判定为高级胶质瘤, 为临床治疗方案的制订提供了依据。而通过对比不同级别胶质瘤纤维束形态, 发现高级别胶质瘤的纤维束破坏形态发生率明显高于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 纤维束移位率明显低于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 不同级别胶质瘤纤维束的浸润形态相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 表明DTI技术可以清晰地显示出神经纤维束与肿瘤病灶组织之间的解剖关系, 从而明确神经纤维束的具体形态, 为神经纤维束的功能保留及对病变部位的切除提供清晰的影像学图像, 有利于精细确定手术切除范围, 提高肿瘤组织完全切除率,

这与毛一朴等^[9]的研究结果基本一致。

还有研究^[10]认为, fMRI可以准确实现对皮质功能区的定位, 显示出脑肿瘤的解剖位置关系, 从而为手术方式的选择及肿瘤病灶的切除提供依据。本研究中所有患者的fMRI检查结果均清晰, 其中时间信号的强度动态曲线和任务相关性较强, 可以充分显示出病变部位对于脑功能信号产生的影响, 且可在病变的影响下观察运动功能区出现的减弱和移位等现象。此外, 患侧信号区的强度和位置变化与患者肿瘤病灶的大小和形态等密切相关。

从fMRI联合DTI指导手术的实际情况来看, 50例患者中有41例肿瘤为完全切除, 占比为82.00%, 9例患者由于肿瘤部位距离脑干较近, 或位于深部基底神经节区, 选择了部分切除, 占比为18.00%, 说明两种方式联合下的病灶组织完全切除率相对较高, 发挥出了较好的协同作用。而从患者的随访结果来看, 有5例患者死亡, 死亡率为10.00%, 6例患者复发, 复发率为12.00%, 可见fMRI联合DTI指导手术可以有效地降低患者术后的死亡率和复发率。通过对比不同级别胶质瘤患者的完全切除率、生存率和复发率, 结果发现高级别胶质瘤患者的完全切除率和生存率均明显低于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 且复发率明显高于低级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 而从患者的生存质量结果来看, 不同级别胶质瘤患者手术前的生存质量评分相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 不同级别胶质瘤患者手术后1、3和6个月的生存质量评分均明显高于手术前 ($P < 0.05$), 且低级别胶质瘤患者术后1、3和6个月的生存质量评分均明显高于高级别胶质瘤 ($P < 0.05$), 说明fMRI联合DTI指导手术可以改善患者的生存质量, 但相较于低级别胶质瘤患者, 高级别胶质瘤患者的整体预后较差, 因此应当在临床中予以高度关注。

综上所述, fMRI联合DTI有利于功能区脑胶质瘤患者的术前分级, 提高肿瘤病灶的完全切除率, 降低患者的死亡率和复发率, 使患者术后生存质量得到有效的提升, 对延长患者的生存时间有积极影响。

[参 考 文 献]

- [1] 董 倩, 游小钧, 邓琼珍. 微泡造影剂介导的声空效应对胶质瘤大鼠血脑屏障通透性及替莫唑胺疗效的影响 [J]. 解放军医学杂志, 2017, 42(5): 389-393.
- [2] 龚军伟, 罗天友, 吴少平, 等. 瘤周水肿区扩散张量成像定量参数在胶质瘤分级中的诊断价值 [J]. 中国医学影像学杂志, 2018, 26(2): 86-89, 93.
- [3] 苏昌亮, 李 丽, 陈小伟, 等. 2016年WHO中枢神经系统肿瘤分类总结 [J]. 放射学实践, 2016, 31(7): 570-579.
- [4] 邓慧媛, 杨 军, 柯腾飞, 等. 颅内胶质瘤MRI影像组学评估颅内高级别与低级别胶质瘤 [J]. 放射学实践, 2017, 32(12): 1229-1233.
- [5] 王 彤, 任蒙蒙, 徐陆正, 等. 光、磁成像法探测脑胶质瘤微环境脑组织间隙结构及脑组织间液引流的变化 [J]. 中国微创外科杂志, 2020, 20(1): 46-51.
- [6] 蓝海菲, 宋修峰, 陈 兵. MRI在预测脑胶质瘤分子病理学分型中的应用研究 [J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(8): 1206-1210.
- [7] 符念霞, 宋建勋, 罗泽斌. 多模态MR功能成像技术评估高级别胶质瘤周浸润的价值 [J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(12): 1897-1900.
- [8] 张晓星, 李跃华. 磁共振技术在脑胶质瘤术前分级中的应用进展 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2019, 25(3): 326-331.
- [9] 毛一朴, 马隆佰, 韩 武, 等. 3.0 T DCE-MRI及DTI在胶质瘤分级中的价值 [J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(2): 190-193.
- [10] BOLTON T A W, KEBETS V, GLERAN E, et al. Agito ergo sum: correlates of spatio-temporal motion characteristics during fMRI [J]. *Neuroimage*, 2020, 209: 116433.

(收稿日期: 2020-10-28 修回日期: 2020-11-25)