

皮质脊髓束区胶质瘤对运动功能影响的扩散张量成像研究

申旭东 徐新华 宋敏 邓翔 刘桂娥 廖礼强 沈桂权 高波

【摘要】 目的 采用扩散张量成像(DTI)和扩散张量纤维束成像(DTT)评价胶质瘤对皮质脊髓束损害程度和下肢运动功能的影响。**方法** 共 45 例经病理学证实的皮质脊髓束区胶质瘤患者(包括低级别胶质瘤 13 例,高级别胶质瘤 32 例),均不伴运动皮质受累,徒手肌力测定(MTT)测定对侧膝关节肌力,DTI 测量患侧和对侧内囊后肢部分各向异性(FA)值和相对部分各向异性(rFA)值,DTT 测量患侧和对侧皮质脊髓束纤维密度指数(FDi)和相对纤维密度指数(rFDi)。**结果** 45 例患者 MTT 分级 2 级 6 例(13.33%),3 级 12 例(26.67%),4 级 21 例(46.67%),5 级 6 例(13.33%);均存在不同程度皮质脊髓束损害,1 级 21 例(46.67%)、2 级 6 例(13.33%)、3 级 18 例(40%)。不同肌力损害组皮质脊髓束损害程度($H = 38.560, P = 0.000$)、rFA 值($F = 37.453, P = 0.000$)和 rFDi 值($F = 6.734, P = 0.001$)差异均有统计学意义,其中 MTT 分级 2 级组皮质脊髓束损害程度高于($Z = -4.088, P = 0.000; Z = -3.317, P = 0.001$)、rFDi 值低于($t = -3.850, P = 0.000; t = -3.481, P = 0.001$)MTT 分级 4 级组和 MTT 分级 5 级组、rFA 值低于 MTT 分级 3 级组、MTT 分级 4 级组和 MTT 分级 5 级组($t = -8.218, P = 0.000; t = -8.898, P = 0.000; t = -12.028, P = 0.000$)。Spearman 秩相关分析显示,肌力与皮质脊髓束损害程度呈负相关($r_s = -0.840, P = 0.000$),与内囊后肢患侧和对侧 rFA 值($r_s = 0.615, P = 0.000$)以及患侧和对侧 rFDi 值($r_s = 0.567, P = 0.000$)呈正相关。**结论** 皮质脊髓束区胶质瘤患者皮质脊髓束损害程度与运动障碍相关。

【关键词】 神经胶质瘤; 锥体束; 运动障碍; 磁共振成像

The effects of corticospinal tract glioma on motor function evaluated by diffusion tensor imaging

SHEN Xu-dong¹, XU Xin-hua², SONG Min³, DENG Xiang³, LIU Gui-e³, LIAO Li-qiang³, SHEN Gui-quan¹, GAO Bo⁴

¹Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou, China

²Department of Radiology, Changzhou Tumor Hospital, Changzhou 213000, Jiangsu, China

³Department of Radiology, the Central Hospital of Enshi Autonomous Prefecture, Enshi 445000, Hubei, China

⁴Department of Radiology, Yantai Yuhuangding Hospital, Yantai 264000, Shandong, China

Corresponding authors: SHEN Gui-quan (Email: gzshenguiquan@163.com);

GAO Bo (Email: gygb2004@163.com)

【Abstract】 Objective To evaluate the damage effect of glioma on corticospinal tract (CST) and motor function of lower extremities by using diffusion tensor imaging (DTI) and diffusion tensor tractography (DTT). **Methods** A total of 45 patients with histopathologically confirmed gliomas (13 cases of low-grade gliomas and 32 cases of high-grade gliomas) were included in this pilot study. Motor cortex was not involved in all cases. Manual Muscle Testing (MMT) was used to measure contralateral muscle strength of knee joint. DTI images were used to measure the affected and contralateral posterior limb of internal capsule fractional anisotropy (FA) and relative FA (rFA, rFA = affected FA / contralateral FA). DTT images

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2018.10.011

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(项目编号: ZR2014HL084)

作者单位: 550004 贵阳, 贵州医科大学附属医院影像科[申旭东(现在湖北省恩施市中心医院放射科, 邮政编码: 445000), 沈桂权]; 213000 江苏省常州市肿瘤医院放射科(徐新华); 445000 湖北省恩施市中心医院放射科(宋敏, 邓翔, 刘桂娥, 廖礼强); 264000 山东省烟台毓璜顶医院影像科(高波)

通讯作者: 沈桂权(Email: gzshenguiquan@163.com); 高波(Email: gygb2004@163.com)

were used to measure affected and contralateral CST fiber density index (FDi) and relative FDi (rFDi, $rFDi = \text{affected FDi} / \text{contralateral FDi}$). **Results** In 45 patients, there were 6 cases (13.33%) of MTT grade 2, 12 cases (26.67%) of grade 3, 21 cases (46.67%) of grade 4 and 6 cases (13.33%) of grade 5. All patients had different degrees of CST injury, including 21 cases (46.67%) of grade 1, 6 cases (13.33%) of grade 2 and 18 cases (40%) of grade 3. There were significant differences in the degree of CST injury ($H = 38.560, P = 0.000$), rFA ($F = 37.453, P = 0.000$) and rFDi ($F = 6.734, P = 0.001$) in different muscle strength groups. Among them, MTT grade 2 group had significantly higher degree of CST injury ($Z = -4.088, P = 0.000; Z = -3.317, P = 0.001$) and lower rFDi values ($t = -3.850, P = 0.000; t = -3.481, P = 0.001$) than MTT grade 4 and grade 5 groups, while had lower rFA values than MTT grade 3, grade 4 and grade 5 groups ($t = -8.218, P = 0.000; t = -8.898, P = 0.000; t = -12.028, P = 0.000$). Spearman rank correlation analysis showed that muscle strength was negatively correlated with CST injury ($r_s = -0.840, P = 0.000$) and positively correlated with rFA values of posterior limb of internal capsule ($r_s = 0.615, P = 0.000$) and rFDi ($r_s = 0.567, P = 0.000$). **Conclusions** The degree of CST injury in patients with glioma in CST area is related to the degree of motor dysfunction.

【Key words】 Glioma; Pyramidal tracts; Movement disorders; Magnetic resonance imaging

This study was supported by the Natural Science Foundation of Shandong Province, China (No. ZR2014HL084).

胶质瘤是中枢神经系统最常见的肿瘤,发生于运动皮质的胶质瘤可能导致运动功能区重组^[1],故可能不会导致严重的运动障碍。人类支配骨骼肌随意运动的大脑皮质主要是初级运动皮质(M1)、前运动皮质和辅助运动区(SMA)。皮质脊髓束(CST)通过脊髓中间神经元(脊髓灰质 Rexed IV 层),至脊髓前角运动细胞(控制躯干和肢体近端大肌肉)或直接终止于脊髓前角运动细胞,支配骨骼肌随意运动(控制远端小肌肉精细运动)。位于皮质脊髓束区的肿瘤更易引起皮质脊髓束破坏,从而导致运动障碍。皮质脊髓束区肿瘤手术治疗仍是神经外科的挑战,术后难以评价运动功能^[2-3]。本研究采用扩散张量成像(DTI)和扩散张量纤维束示踪成像(DTT)半定量评价皮质脊髓束区胶质瘤对白质纤维束的损害程度,以探讨其对运动功能的影响。

资料与方法

一、临床资料

1. 纳入标准 (1)经手术和病理学证实的胶质瘤。(2)MRI检查前未行手术治疗。(3)MRI检查前未行放射治疗和药物化疗。(4)肿瘤位于同侧皮质脊髓束区。(5)对侧皮质脊髓束无直接受累或仅移位,或者部分各向异性(FA)图信号正常。(6)本研究经贵州医科大学道德伦理委员会审核批准,所有患者或其家属均知情同意并签署知情同意书。

2. 排除标准 (1)肿瘤主体位于初级运动皮质或该区域T₂WI呈明显异常高信号、增强扫描呈强化征象。(2)皮质脊髓束区伴其他病变,如白质脑病、

脑血管病等。(3)运动皮质损害伴引起运动障碍的疾病,如血管性、感染性病变等。(4)肿瘤体积巨大,皮质脊髓束明显移位并形成脑疝。(5)FA图出现明显运动伪影。(6)其他原因导致的肌力减退,如废用性、肌源性、关节源性、严重骨质疏松和关节周围软组织损伤等。

3. 一般资料 选择2014年2月-2017年4月在贵州医科大学附属第一医院住院治疗的52例位于皮质脊髓束区、初步疑诊幕上胶质瘤患者,排除4例浸润初级运动皮质的胶质瘤、3例体积巨大无法行纤维束示踪的胶质瘤,最终纳入45例,男性26例,女性19例;年龄6~78岁,平均45岁;38例(84.44%)表现为运动障碍,7例(15.56%)表现为头痛、头晕、抽搐和轻微运动障碍;均行胶质瘤切除术;术后行病理学检查,由2位具有5年以上工作经验的病理科医师参照2016年世界卫生组织(WHO)中枢神经系统肿瘤分类第4版修订版^[4]进行病理分型。

二、研究方法

1. 肌力测定 术前由具有5年以上工作经验且对患者不知情的神经科医师采用徒手肌力测定(MTT)测定对侧膝关节肌力,0级,无肌肉收缩证据;1级,肌肉收缩但无运动;2级,肌肉无对抗重力运动;3级,肌肉有对抗重力运动,但力度小于正常参考值;5级,肌力正常。重复3次,取平均值。

2. 头部MRI检查 采用荷兰Philips公司生产的Achieva X-Series 3.0T超导型MRI扫描仪,8通道头部线圈,梯度场强40 mT/m,扫描序列包括T₁WI、T₂WI、FLAIR成像、动态T₁WI增强扫描和DTI序

列。(1)矢状位 T_1WI : 采用 T_1WI -反转恢复(IR)-快速自旋回波(TSE), 重复时间(TR)2278 ms、回波时间(TE)20 ms、反转时间(TI)800 ms, 扫描视野(FOV)230 mm × 230 mm, 矩阵 288 × 190, 激励次数(NEX)为 2 次, 层厚 6 mm、层间距 1 mm, 共 18 层, 范围覆盖全脑。(2)横断面和矢状位 T_2WI : 重复时间 2500 ms、回波时间 90 ms, 扫描视野 230 mm × 100 mm, 矩阵 420 × 306, 激励次数 2 次, 层厚 6 mm、层间距 1 mm, 共 18 层, 覆盖全脑。(3)横断面 FLAIR 成像: 重复时间 8000 ms、回波时间 120 ms, 扫描视野 100 mm × 100 mm, 矩阵 304 × 216, 激励次数 2 次, 层厚 6 mm、层间距 1 mm, 共 18 层, 范围覆盖全脑。(4)横断面扰相梯度回波(SPGR)- T_1WI : 重复时间为 200 ms、回波时间 2 ms, 翻转角(FA)75°, 扫描视野为 230 mm × 230 mm, 矩阵 256 × 256, 激励次数 2 次, 层厚 6 mm、层间距 1 mm, 共 18 层, 范围覆盖全脑。(5) T_1WI 增强扫描: 注射钆喷酸葡胺对比剂 15 ml, 重复时间为 400 ms、回波时间为 8.60 ms, 扫描视野 100 mm × 100 mm, 矩阵 288 × 192, 激励次数 2 次, 层厚 6 mm、层间距 1 mm, 共 18 层, 范围覆盖全脑。(6)横断面 DTI 序列: 采用单次激发平面回波成像(SE-EPI), 重复时间为 7103.63 ms、回波时间 60 ms, 扫描视野 222 mm × 222 mm, 矩阵 92 × 92, 激励次数 2 次, 层厚 2 mm、层间距为零, b 值为 0 和 800 s/mm², 扩散敏感梯度为 15 个方向, 扫描时间 290 s, 共 60 层, 范围覆盖全脑。MRI 常规、增强和 DTI 扫描分多次执行, 合计扫描时间约 50 min。

3. 数据处理 (1)相对 FA 值(rFA 值): DTI 数据采用 MRI 系统自带的 DTI 后处理软件(Extended V2.6.3.4)进行处理。先对 DTI 图像进行头动校正和涡流校正, 再以半高全宽(FWHM)为 8 mm 进行高斯平滑, 以消除数据噪声。选择内囊后肢后 3/4 处、面积约 50 mm² 作为兴趣区(ROI)。由 2 位具有 5 年以上工作经验的放射科专家分别进行独立测量, 在横断面 FA 彩色编码方向图上对患侧和对侧兴趣区重复测量 3 次, 对重复性较好的结果取平均值, 并计算 rFA 值, 计算公式为 rFA 值 = 患侧 FA 值 / 对侧 FA 值。(2)相对纤维密度指数(rFDi): 在横断面 FA 彩色编码方向图上选取兴趣区行皮质脊髓束 DTT 扫描。由于大多数皮质脊髓束起始于中央前回 4 区、运动前区 6 区的皮质细胞, 再汇入放射冠, 然后经内囊后肢向下至中脑大脑脚底和脑桥基底, 故单侧皮质脊髓束兴趣区位于小脑中脚下方延髓水平、中

脑大脑脚水平、中央沟前方所有脑白质。采用逻辑运算法则“AND”包含兴趣区内穿行的纤维束, “NOT”剔除偏离解剖学结构的纤维束, 重建双侧皮质脊髓束。本研究统一设置 FA 值阈值为 0.20。纤维示踪角度为 27°、步长为 0.20, 以避免方法学不一致对研究结果的影响。以对侧相应区域作为参照, 获得患侧和对侧皮质脊髓束纤维密度指数(FDi)并计算 rFDi 值, 计算公式为 rFDi 值 = 患侧 FDi 值 / 对侧 FDi 值。(3)皮质脊髓束损害程度: 参考 Witwer 等^[5]和 Field 等^[6]脑肿瘤对纤维束影响的分类方法, 将白质纤维束损害程度分为 3 级: 1 级, 移位, 仅有白质纤维束位置异常, FA 图或 FA 彩色编码方向图白质纤维束信号正常(图 1); 2 级, 移位浸润, 可以有移位, FA 图或 FA 彩色编码方向图信号异常, FA 值减少, 白质纤维束周围组织水肿, 但白质纤维束保持完整, 无明显中断(图 2); 3 级, 移位破坏, 主要表现为白质纤维束移位和中断同时存在, FA 图或 FA 彩色方向编码图无法识别白质纤维束, DTT 可见白质纤维束中断(图 3)。

3. 统计分析方法 采用 SPSS 21.0 统计软件进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比(%)或率(%)表示, 等级资料的比较采用 Kruskal-Wallis 检验(H 检验), 两两比较行 Mann-Whitney U 检验; 呈正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 采用单因素方差分析, 两两比较行 LSD- t 检验。肌力与皮质脊髓束损害程度、rFA 值、rFDi 值的相关性采用 Spearman 秩相关分析。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

45 例患者中 MTT 分级 2 级 6 例(13.33%), 3 级 12 例(26.67%), 4 级 21 例(46.67%), 5 级 6 例(13.33%); 均存在不同程度的皮质脊髓束损害, 1 级 21 例(46.67%)、2 级 6 例(13.33%)、3 级 18 例(40%)。致对侧肌力为 2 和 3 级者均为高级别胶质瘤(18 例, 40%), 致对侧肌力为 4 和 5 级者低级别胶质瘤 13 例(28.89%)、高级别胶质瘤 14 例(31.11%); 致皮质脊髓束损害为 1 级者低级别胶质瘤 12 例(26.67%)、高级别胶质瘤 9 例(20%), 致皮质脊髓束损害为 2 和 3 级者低级别胶质瘤 1 例(2.22%)、高级别胶质瘤 23 例(51.11%)。

不同肌力损害组皮质脊髓束损害程度($P = 0.000$)、rFA 值($P = 0.000$)和 rFDi 值($P = 0.001$)差异

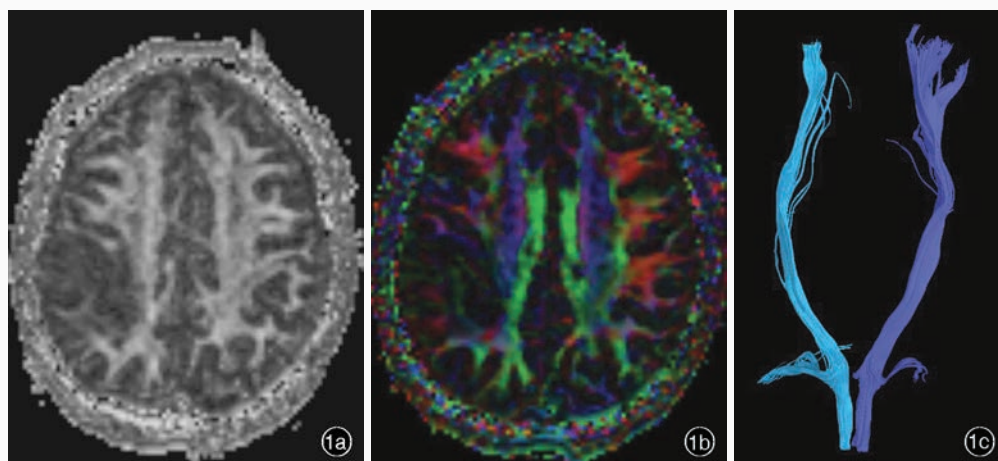


图 1 男性患者, 32 岁, 病理诊断为右侧额顶叶星形细胞瘤 (WHO II 级), 左下肢肌力 5 级。术前头部 MRI 检查所见 1a 横断面 FA 图显示, 肿瘤实性部分呈稍低信号, 右侧皮质脊髓束轻度向内侧移位、信号无明显异常 1b 横断面 FA 彩色编码方向图显示, 肿瘤实性部分呈稍低信号, 右侧皮质脊髓束轻度向内侧移位、信号无明显异常 1c DTT 图显示, 右侧皮质脊髓束轻度移位, 损害程度为 1 级

Figure 1 A 32-year-old male was pathologically diagnosed as right fronto-parietal junction astrocytoma (WHO grade II) and left lower limb muscle strength was MMT grade 5. Preoperative head MRI findings Axial FA map showed that the solid part of tumor was slightly low signal, the right CST was slightly displaced, and the signal was not abnormal (Panel 1a). Axial FA color code pattern map showed that the solid part of tumor was slightly low signal, the right CST was slightly displaced and the signal was not abnormal (Panel 1b). DTT showed that the right CST was slightly displaced and the CST injury was grade 1 (Panel 1c).

均有统计学意义, 其中, MTT 分级 2 级组皮质脊髓束损害程度高于 ($P = 0.000, 0.001$)、rFDi 值低于 ($P = 0.000, 0.001$) MTT 分级 4 级组和 MTT 分级 5 级组、rFA 值低于 MTT 分级 3 级组、MTT 分级 4 级组和 MTT 分级 5 级组 ($P = 0.000, 0.000, 0.000$; 表 1~4)。

Spearman 秩相关分析显示, 肌力与皮质脊髓束损害程度呈负相关 ($r_s = -0.840, P = 0.000$), 与内囊后肢患侧和对侧 rFA 值 ($r_s = 0.615, P = 0.000$) 以及患侧和对侧 rFDi 值 ($r_s = 0.567, P = 0.000$) 均呈正相关。

讨 论

DTI 通过评价胶质瘤对白质纤维束水分子扩散运动的改变以推断肿瘤浸润程度^[7-9]。DTT 是通过组织中水分子在三维空间扩散的各向异性特征以探测组织微观结构, 可以活体显示白质纤维束走行、方向和排列 (三维重建)、紧密程度 (纤维密度测量) 和髓鞘化程度 (FA 值和纤维密度测量) 等的非侵入性检查方法^[2], 在胶质瘤中的应用越来越受到重视。DTI 相关定量参数可以判断常规 MRI 不能观察到的肿瘤浸润区脑组织异常, 对客观评价运动传导障碍和指导手术治疗具有重要价值^[10]。发生于运动皮质的肿瘤可能导致运动功能区重组, 故不会导致严重的肢体运动障碍。本研究目的是探讨肿瘤

致皮质脊髓束损害程度与对侧下肢运动障碍的相关性, 因此所纳入的胶质瘤均位于皮质脊髓束区, 并排除运动皮质和下肢病变等干扰因素。

本研究结果显示, 肌力与皮质脊髓束损害程度呈负相关, MTT 分级 2 级组皮质脊髓束损害程度最严重。皮质脊髓束起源于运动皮质, 终止于脊髓前角运动细胞, 支配骨骼肌随意运动, 是哺乳动物主要的下行运动传导纤维束, 有 75%~90% 的纤维束经锥体交叉进入皮质侧束^[11]。皮质脊髓束损害后其损伤平面以下脊髓细胞失去大脑神经支配, 不能有效进行随意运动, 皮质脊髓束损害程度越严重、对其神经传导的影响越显著, 从而导致对侧肢体抗阻力运动能力减弱。本研究结果显示, 肌力与 rFA 值和 rFDi 值呈正相关。肿瘤细胞增殖和侵袭可以导致皮质脊髓束轴突和髓鞘破坏, 其破坏程度反映出肿瘤生物学行为^[12-13]。DTI 可以敏感地探测水分子运动改变, 进而推断胶质瘤增殖、浸润和细胞膜 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 破坏情况^[14]。神经纤维膜破坏导致动作电位无法顺序传导, 肢体对抗阻力能力降低。本研究结果显示, 不同肌力损害组 rFA 值和 rFDi 值差异有统计学意义。肿瘤浸润可以使白质纤维束破坏、中断, 神经纤维受压使轴突管径变窄、轴突膜变薄, 从而导致水分子扩散运动各向同性程度降低、各向异

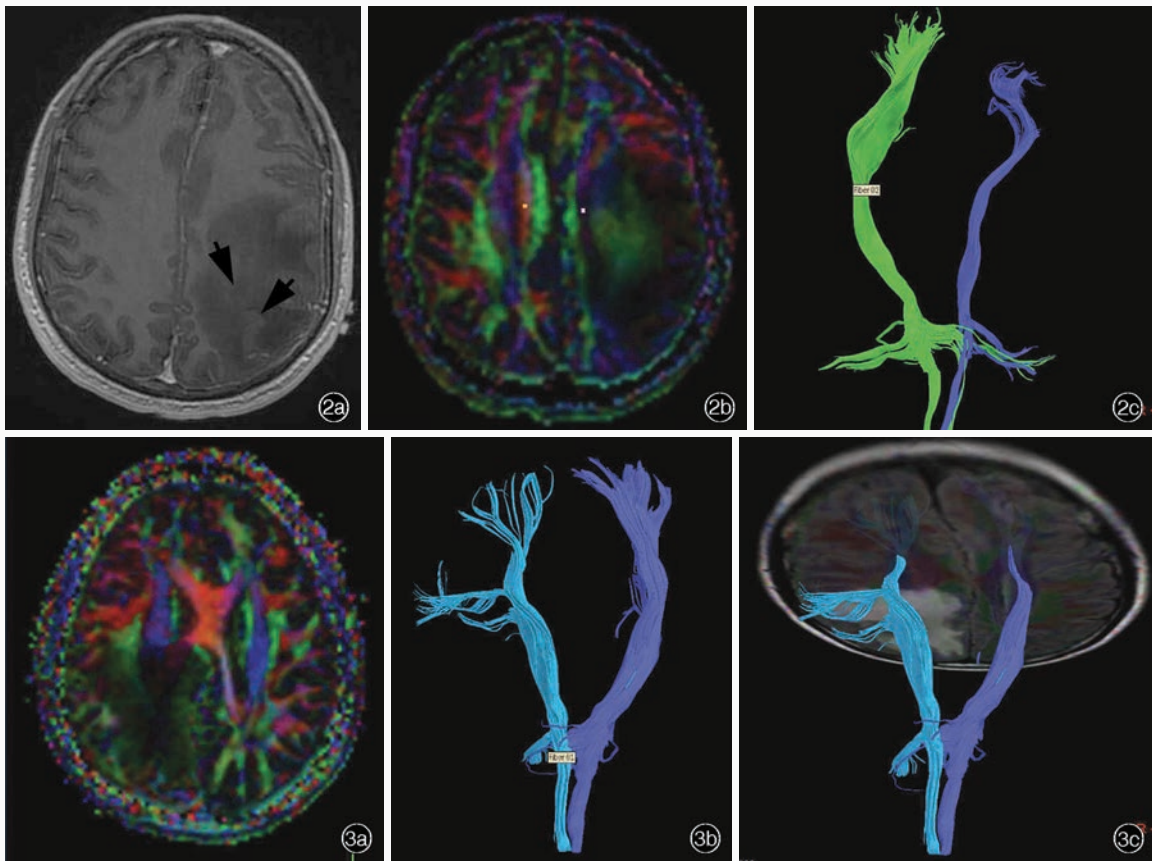


图 2 女性患者, 51 岁, 病理诊断为左侧额顶叶星形细胞瘤 (WHO III 级), 右下肢肌力 4 级。术前头部 MRI 检查所见 2a 横断面增强 T₁WI 显示, 左侧额顶叶肿瘤呈混杂信号, 其间可见多个稍高信号影 (箭头所示) 2b 横断面 FA 彩色编码方向图显示, 左侧皮质脊髓束破坏, 信号强度降低 (蓝色区域所示), 白质纤维束周围组织水肿 2c DTT 图显示, 左侧皮质脊髓束保持完整, 无明显中断, 损害程度 2 级 **图 3** 男性患者, 41 岁, 病理诊断为右侧额顶叶间变性星形细胞瘤 (WHO IV 级), 左下肢肌力 4 级。术前头部 MRI 检查所见 3a 横断面 FA 彩色编码方向图显示, 右侧皮质脊髓束破坏, 信号强度降低 (蓝色区域所示) 3b DTT 图显示, 右侧皮质脊髓束移位、破坏 3c FLAIR 成像和 DTT 融合图显示, 右侧皮质脊髓束移位、破坏, 损害程度 3 级

Figure 2 A 51-year-old female was pathologically diagnosed as left fronto-parietal lobe astrocytoma (WHO grade III) and right lower limb muscle strength was MMT grade 4. Preoperative head MRI findings Axial enhanced T₁WI showed that the tumor signal was not uniform, and multiple slightly high signals were seen (arrows indicate, Panel 2a). Axial FA color code pattern map showed that signal intensity of left CST was decreased (blue areas indicate), with edema surrounding white matter fiber tracts (Panel 2b). DTT showed left CST remained intact without significant interruption, and CST injury was grade 2 (Panel 2c). **Figure 3** A 41-year-old male was pathologically diagnosed as right fronto-parietal lobe anaplastic astrocytoma (WHO grade IV) and left lower limb muscle strength was MMT grade 4. Preoperative head MRI findings Axial FA color code pattern map showed that the right CST was damaged and the signal intensity was reduced (blue areas indicate, Panel 3a). DTT map showed that right CST was displaced and damaged (Panel 3b). FLAIR and DTT fusion map showed that right CST was displaced and damaged, and CST injury was grade 3 (Panel 3c).

性程度增加, 导致 FA 值和 rFA 值减少^[9]; 神经纤维中断、破坏还可以导致单位体素内纤维数目减少, 导致 FDi 值和 rFDi 值减少。

DTI 定量参数可以量化皮质脊髓束损害程度, 用于术前评价皮质脊髓束运动传导功能、预测疗效和预后^[15-17]。本研究结果显示, 不同肌力损害组皮质脊髓束损害程度差异有统计学意义。胶质瘤不同浸润程度使肿瘤细胞浸润神经纤维轴突致单位体素内轴突破坏程度不一致, 低级别胶质瘤肿瘤周

围髓鞘和细胞膜无明显破坏或破坏程度较轻; 高级别胶质瘤呈浸润性生长, 肿瘤组织内部存在微囊坏死, 皮质脊髓束更易破坏^[18]。皮质脊髓束损害程度受多种因素的影响, 本研究低级别胶质瘤对皮质脊髓束的损害较轻微, 高级别胶质瘤较严重。但亦有研究显示, 高级别胶质瘤对皮质脊髓束的损害较轻微, 可能与肿瘤与皮质脊髓束的距离、肿瘤生长方式和肿瘤病理学类型有关^[19]。

本研究存在一定局限性: (1) DTI 线性延伸技术

表 1 不同肌力损害组皮质脊髓束损害程度的比较[例(%)]

Table 1. Comparison of CST injury degree in different muscle strength groups [case (%)]

Group	N	CST injury			H value	P value
		Grade 1	Grade 2	Grade 3		
MTT grade 2 (1)	6	0 (0.00)	0 (0.00)	6 (100.00)	38.560	0.000
MTT grade 3 (2)	12	0 (0.00)	0 (0.00)	12 (100.00)		
MTT grade 4 (3)	21	15 (71.43)	6 (28.57)	0 (0.00)		
MTT grade 5 (4)	6	6 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)		

MTT, Manual Muscle Testing, 徒手肌力测定; CST, corticospinal tract, 皮质脊髓束

表 3 不同肌力损害组 rFA 值和 rFDi 值的比较($\bar{x} \pm s$)

Table 3. Comparison of rFA value and rFDi value among different muscle strength groups ($\bar{x} \pm s$)

Group	N	rFA		rFDi	
		t value	P value	t value	P value
MTT grade 2 (1)	6	0.41 ± 0.12	0.37 ± 0.20		
MTT grade 3 (2)	12	0.85 ± 0.18	0.64 ± 0.14		
MTT grade 4 (3)	21	0.90 ± 0.13	0.92 ± 0.41		
MTT grade 5 (4)	6	0.98 ± 0.01	0.99 ± 0.32		
F value		37.453	6.734		
P value		0.000	0.001		

MTT, Manual Muscle Testing, 徒手肌力测定; rFA, relative fractional anisotropy, 相对部分各向异性; rFDi, relative fiber density index, 相对纤维密度指数

表 2 不同肌力损害组皮质脊髓束损害程度的两两比较

Table 2. Paired comparison of the degree of CST injury among different muscle strength groups

Paired comparison	Z value	P value	Paired comparison	Z value	P value
(1) {3}	-4.088	0.000	(2) {4}	-4.123	0.000
(1) {4}	-3.317	0.001	(3) {4}	-1.457	0.145

表 4 不同肌力损害组 rFA 值和 rFDi 值的两两比较

Table 4. Paired comparison of rFA value and rFDi value among different muscle strength groups

Paired comparison	rFA		rFDi	
	t value	P value	t value	P value
(1) {2}	-8.218	0.000	-1.744	0.089
(1) {3}	-8.898	0.000	-3.850	0.000
(1) {4}	-12.028	0.000	-3.481	0.001
(2) {3}	-1.253	0.774	-2.516	0.016
(2) {4}	-5.101	0.002	-2.276	0.028
(3) {4}	-2.989	0.041	-0.492	0.625

rFA, relative fractional anisotropy, 相对部分各向异性; rFDi, relative fiber density index, 相对纤维密度指数

对白质纤维束进行示踪是根据每个体素内水分子扩散特点以显示白质纤维束,并非真正意义的白质纤维束^[20],故本研究显示存在异常的白质纤维束尚待病理学检查进一步证实。(2)本研究仅为患者提供术前肌力分级,未评价术中皮质或皮质下刺激结合脑电图、术后运动功能和生活质量。(3)本研究仅测量对侧膝关节肌力,涉及皮质脊髓束的任何部位肿瘤均可能导致下肢肌肉和躯干肌力减退,因此,未来将这些肌力变化纳入研究可能更有意义。

结 论

皮质脊髓束区胶质瘤患者皮质脊髓束损害程度与运动障碍程度相关。肌力变化并非单一因素影响的结果,而是受到初级运动皮质、皮质脊髓束和关节肌肉疾病的综合影响。因此,肌力的临床评价必须考虑到上述影响因素。

志谢 感谢兰州大学公共卫生学院刘念老师对本研究的统计学指导

参 考 文 献

[1] Majos A, Bryszewski B, Kosla KN, Pfaifer L, Jaskólski D,

Stefańczyk L. Process of the functional reorganization of the cortical centers for movement in GBM patients: fMRI study[J]. Clin Neuroradiol, 2017, 27:71-79.

[2] Hervey-Jumper SL, Berger MS. Role of surgical resection in low- and high-grade gliomas[J]. Curr Treat Options Neurol, 2014, 16: 284.

[3] Yuanzheng H, Lichao M, Xiaolei C, Bainan X. Functional outcome of surgery for glioma directly adjacent to pyramidal tract depicted by diffusion-tensor based fiber tracking[J]. Turk Neurosurg, 2015, 25:438-445.

[4] Louis DN, Perry A, Reifenberger G, von Deimling A, Figarella-Branger D, Cavenee WK, Ohgaki H, Wiestler OD, Kleihues P, Ellison DW. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary[J]. Acta Neuropathol, 2016, 131:803-820.

[5] Witwer BP, Moftakhar R, Hasan KM, Deshmukh P, Haughton V, Field A, Arfanakis K, Noyes J, Moritz CH, Meyerand ME, Rowley HA, Alexander AL, Badie B. Diffusion-tensor imaging of white matter tracts in patients with cerebral neoplasm[J]. J Neurosurg, 2002, 97:568-575.

[6] Field AS, Alexander AL, Wu YC, Hasan KM, Witwer B, Badie B. Diffusion tensor eigenvector directional color imaging patterns in the evaluation of cerebral white matter tracts altered by tumor[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 20:555-562.

[7] Wang K, Ha T, Chen X, Li S, Ai L, Ma J, Dai J. A combined diffusion tensor imaging and Ki-67 labeling index study for evaluating the extent of tumor infiltration using the F98 rat glioma model[J]. J Neurooncol, 2018, 137:259-268.

[8] Yan JL, van der Hoorn A, Larkin TJ, Boonzaier NR, Matys T, Price SJ. Extent of resection of peritumoral diffusion tensor

- imaging-detected abnormality as a predictor of survival in adult glioblastoma patients[J]. *J Neurosurg*, 2017, 126:234-241.
- [9] Wang S, Martinez-Lage M, Sakai Y, Chawla S, Kim SG, Alonso-Basanta M, Lustig RA, Brem S, Mohan S, Wolf RL, Desai A, Poptani H. Differentiating tumor progression from pseudoprogression in patients with glioblastomas using diffusion tensor imaging and dynamic susceptibility contrast MRI [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2015, 59:355-357.
- [10] Ormond DR, D'Souza S, Thompson JA. Global and targeted pathway impact of gliomas on white matter integrity based on lobar localization[J]. *Cureus*, 2017, 9:E1660.
- [11] Wu DQ, Liu Y, Chen Q, Li XQ, Li HC. An investigation on the development of corticospinal tract using MR diffusion tensor imaging [J]. *Gong Neng Yu Fen Zi Yi Xue Ying Xiang Xue (Dian Zi Ban)*, 2017, 6:1254-1258. [吴道清, 刘耀, 陈钦, 李晓卿, 李华灿. MR 扩散张量成像对正常人脑皮质脊髓束生长发育规律的分析[J]. *功能与分子医学影像学(电子版)*, 2017, 6:1254-1258.]
- [12] Lui YW, Law M, Chacko-Mathew J, Babb JS, Tuvia K, Allen JC, Zagzag D, Johnson G. Brainstem corticospinal tract diffusion tensor imaging in patients with primary posterior fossa neoplasms stratified by tumor type: a study of association with motor weakness and outcome[J]. *Neurosurgery*, 2007, 61:1199-1207.
- [13] Min ZG, Niu C, Zhang QL, Zhang M, Qian YC. Optimal factors of diffusion tensor imaging predicting corticospinal tract injury in patients with brain tumors[J]. *Korean J Radiol*, 2017, 18:844-851.
- [14] Zhu W, Begum G, Pointer K, Clark PA, Yang SS, Lin SH, Kahle KT, Kuo JS, Sun D. WNK1 - OSR1 kinase - mediated phospho - activation of Na⁺ - K⁺ - 2Cl⁻ cotransporter facilitates glioma migration[J]. *Mol Cancer*, 2014, 13:31.
- [15] Mandelli ML, Berger MS, Bucci M, Berman JI, Amirbekian B, Henry RG. Quantifying accuracy and precision of diffusion MR tractography of the corticospinal tract in brain tumors [J]. *J Neurosurg*, 2014, 121:349-358.
- [16] Amirhossein JS, Arya N, Mario G, Amir S. In reply: evaluation of diffusion tensor imaging - based tractography of the corticospinal tract: a correlative study with intraoperative magnetic resonance imaging and direct electrical subcortical stimulation[J]. *Neurosurgery*, 2017, 81:E7.
- [17] Bieza A, Krumina G. The value of magnetic resonance spectroscopy and diffusion tensor imaging in characterization of gliomas growth patterns and treatment efficiency [J]. *JBiSE*, 2013, 6:518-526.
- [18] Barajas RF Jr, Hess CP, Phillips JJ, Von Morze CJ, Yu JP, Chang SM, Nelson SJ, McDermott MW, Berger MS, Cha S. Super - resolution track density imaging of glioblastoma: histopathologic correlation [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013, 34:1319-1325.
- [19] Rosenstock T, Grittner U, Acker G, Schwarzer V, Kulchytka N, Vajkoczy P, Picht T. Risk stratification in motor area-related glioma surgery based on navigated transcranial magnetic stimulation data[J]. *J Neurosurg*, 2017, 126:1227-1237.
- [20] Zhang D, Guo L, Zhu D, Li K, Li L, Chen H, Zhao Q, Hu X, Liu T. Diffusion tensor imaging reveals evolution of primate brain architectures[J]. *Brain Struc Funct*, 2013, 218:1249-1250.

(收稿日期:2018-08-29)

· 小词典 ·

中英文对照名词词汇(三)

世界卫生组织 World Health Organization(WHO)

世界卫生组织生活质量量表

World Health Organization Quality of Life-100 (WHOQoL-100)

事件相关电位 event-related potential(ERP)

视觉模拟评分 Visual Analogue Scale(VAS)

视野 field of view(FOV)

水痘-带状疱疹病毒 varicella-zoster virus(VZV)

糖尿病机械性痛 diabetic mechanical allodynia(DMA)

特发性全面性癫痫 idiopathic generalized epilepsy(IGE)

McGill疼痛问卷 McGill Pain Questionnaire(MPQ)

疼痛障碍指数 Pain Disability Index(PDI)

体重指数 body mass index(BMI)

12条简明健康状况调查表

Medical Outcomes Study 12-Item Short-Form Health Survey (SF-12)

同源性磷酸酶-张力蛋白

phosphatase and tensin homolog(PTEN)

α-突触核蛋白 α-synuclein(α-Syn)

突触素 synaptophysin(Syn)

徒手肌力测定 Manual Muscle Testing(MMT)

微血管减压术 microvascular decompression(MVD)

卫星胶质细胞 satellite glial cells(sGCs)

纤维密度指数 fiber density index(FDi)

相对纤维密度指数

relative fiber density index(rFDi)

相对危险度 relative risk(RR)

小脑后下动脉 posterior inferior cerebellar artery(PICA)

小脑前下动脉 anterior inferior cerebellar artery(AICA)

小脑上动脉 superior cerebral artery(SCA)

兴趣区 region of interest(ROI)

一氧化氮 nitric oxide(NO)

异常肌反应 abnormal muscle response(AMR)

原发性红斑性肢痛症 primary erythralgia(PE)

阵发性剧痛症 paroxysmal extreme pain disorder(PEPD)

中毒性表皮坏死松解症 toxic epidermal necrolysis(TEN)

椎动脉 vertebral artery(VA)

椎-基底动脉 vertebral-basilar artery(VBA)

Stevens-Johnson 综合征 Stevens-Johnson syndrome(SJS)