

## • 中枢神经影像学 •

## DTI 对鉴别脑低级别胶质瘤、脑梗死和病毒性脑炎的价值

陈晓兵, 罗天友, 彭娟

**【摘要】 目的:**探讨磁共振扩散张量成像在鉴别低级别脑胶质瘤、脑梗死和病毒性脑炎中的应用价值。**方法:**22 例低级别脑胶质瘤、26 例急性或亚急性期脑梗死和 18 例病毒性脑炎患者在治疗或手术前行常规 MRI 和 DTI 检查。脑低级别胶质瘤患者均经手术病理证实,病毒性脑炎和脑梗死患者均经临床治疗及随访证实。测量并计算 3 组病灶的表观扩散系数(ADC)值和相对表观扩散系数(rADC)值、各向异性分数(FA)值和相对各向异性分数(rFA)值,并进行统计学分析。**结果:**脑低级别胶质瘤组平均 ADC、rADC、FA 和 rFA 值分别为  $(1.55 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $1.68 \pm 0.25$ 、 $0.17 \pm 0.03$  和  $0.42 \pm 0.08$ ,脑梗死组分别为  $(0.54 \pm 0.12) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $0.64 \pm 0.12$ 、 $0.14 \pm 0.03$  和  $0.30 \pm 0.05$ ,病毒性脑炎组分别为  $(0.84 \pm 0.07) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $1.07 \pm 0.05$ 、 $0.17 \pm 0.02$  和  $0.43 \pm 0.09$ 。三组病例的平均 ADC 值及 rADC 值间的差异有高度统计学意义( $P < 0.01$ ),脑低级别胶质瘤与脑梗死的 FA 值和 rFA 值之间、病毒性脑炎与脑梗死的 FA 值和 rFA 值之间差异有高度统计学意义( $P < 0.01$ ),脑低级别胶质瘤与病毒性脑炎的 FA 值和 rFA 值之间差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论:**综合利用 DTI 的 ADC 值、rADC 值、FA 值及 rFA 值,对鉴别脑低级别胶质瘤、脑梗死和病毒性脑炎具有较高的指导价值。

**【关键词】** 脑疾病; 胶质瘤; 脑梗死; 病毒性脑炎; 磁共振成像; 扩散张量成像

**【中图分类号】** R445.2; R739.41; R512.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)07-0730-05

### Diffusion tensor imaging in the differential diagnosis of low-grade cerebral glioma, cerebral infarction and viral encephalitis

CHEN Xiao-bing, LUO Tian-you, PENG Juan. Department of Radiology, People's Hospital of Xiangxiang City, Hunan 411400, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To study the value of diffusion tensor imaging (DTI) in the differential diagnosis of low-grade cerebral glioma, cerebral infarction and viral encephalitis. **Methods:** Conventional MR imaging and DTI were performed in 22 cases with low-grade cerebral glioma, 26 cases with acute or subacute cerebral infarction and 18 cases with acute or subacute viral encephalitis before treatment or surgery. The diagnoses of cerebral low-grade glioma was confirmed by surgery and pathology, and the diagnoses of cerebral infarction/viral encephalitis were made by clinically follow-up. The apparent diffusion coefficient (ADC) value, relative ADC value (rADC), fractional anisotropy (FA) value and relative FA values (rFA) of the three groups were measured and calculated respectively. **Results:** The mean ADC values, rADC values, FA values and rFA values of the patients with low-grade cerebral glioma was  $(1.55 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $1.68 \pm 0.25$ ,  $0.17 \pm 0.03$ ,  $0.42 \pm 0.08$  respectively; of cerebral infarction was  $(0.54 \pm 0.12) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $0.64 \pm 0.12$ ,  $0.14 \pm 0.03$ ,  $0.30 \pm 0.05$  respectively; of viral encephalitis was  $(0.84 \pm 0.07) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,  $1.07 \pm 0.05$ ,  $0.17 \pm 0.02$ ,  $0.43 \pm 0.09$  respectively. There were significant differences in the mean ADC values and rADC values ( $P < 0.01$ ) among the three groups, as well as significant differences in the mean FA values and rFA values ( $P < 0.01$ ) between low grade cerebral glioma and cerebral infarction, so was between viral encephalitis and cerebral infarction ( $P < 0.01$ ). Yet there wasn't significant difference in the mean FA values and rFA values ( $P > 0.05$ ) between low-grade cerebral glioma and viral encephalitis. **Conclusion:** The combination of ADC value, rADC value, FA value and rFA value in DTI play an important role in the differential diagnosis of low-grade cerebral glioma, cerebral infarction and viral encephalitis.

**【Key words】** Brain diseases; Gliomas; Cerebral infarction; Viral encephalitis; Magnetic resonance imaging; Diffusion weighted imaging

常规 MRI 对颅脑疾病的诊断和鉴别诊断往往是依靠病变的典型部位、形态、强化形式和周围水肿等综合分析得出结论。但在实际临床工作中,许多不同的

疾病往往具有相似的常规 MRI 表现,给疾病的诊断带来困难。脑低级别胶质细胞瘤、脑梗死和病毒性脑炎是临床上较常见的中枢神经系统疾病,对于临床症状和 MRI 表现不典型的病例,仅仅依靠常规 MRI 很难鉴别<sup>[1]</sup>。

磁共振扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是近年来在扩散加权成像(diffusion weighted

作者单位: 411400 湖南, 湘乡市人民医院放射科(陈晓兵); 400016 重庆, 重庆医科大学附属第一医院放射科(罗天友、彭娟)  
作者简介: 陈晓兵(1980-), 男, 四川三台人, 硕士, 主治医师, 主要从事中枢神经系统影像诊断工作。  
通讯作者: 罗天友, E-mail: ltychy@sina.com  
基金项目: 重庆市科技攻关计划项目(CSTC2009AC5146)

imaging, DWI)基础上发展起来的新的功能磁共振成像技术,它可通过其特征性指标如表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值和部分各向异性分数(fractional anisotropy, FA)值对水分子微观运动进行量化,并能够通过特定算法重组脑白质纤维束,已广泛运用于中枢神经系统各类疾病的研究中。目前有关 DTI 在脑胶质瘤的术前分级、显示肿瘤与白质纤维束的关系以及脑梗死的预后判断中的应用报道逐渐增多<sup>[2-5]</sup>,DTI 用于病毒性脑炎诊断亦有少量文献报道<sup>[6-7]</sup>,但将 DTI 运用于脑低级别胶质细胞瘤、脑梗死和病毒性脑炎进行对比性研究尚未见报道。本文将着重探讨 DTI 的观测指标 ADC、FA、rADC 及 rFA 值在鉴别脑低级别胶质细胞瘤、脑梗死和病毒性脑炎中的应用价值。

材料与方法

1. 一般资料

2009 年 10 月—2010 年 10 月本院共 66 例脑低级别胶质瘤、脑梗死和病毒性脑炎患者行 MRI 检查,男 42 例,女 24 例,年龄 15~78 岁,平均 47 岁。其中脑低级别胶质瘤(2007 年 WHO 分级 I~II 级)22 例,均行手术治疗并行病理学检查证实;脑梗死 26 例, MRI 检查时间均在发病后两周内完成;病毒性脑炎 18 例,呈急性或亚急性起病,发病前伴不同程度的上呼吸道感染或消化道前趋症状,均行脑脊液检查,其中 5 例发现脑脊液中蛋白和细胞数轻度增高,经抗病毒药物和皮质激素治疗后,所有病例临床症状明显好转。

2. MRI 检查方法

采用 GE Signa HDxt 3.0T 全身 MR 系统,头部专用 8 通道相控阵表面线圈。所有病例均行常规 MRI 及 DTI 扫描。常规扫描序列包括横轴面 T<sub>1</sub>-FLAIR、FSE T<sub>2</sub>WI 和 T<sub>2</sub>-FLAIR,矢状面或冠状面 T<sub>1</sub>-FLAIR 以及横轴面、矢状面和冠状面 T<sub>1</sub>-FLAIR 增强扫描。扫描参数:T<sub>1</sub>-FLAIR 为 TR 1750 ms,TE 24 ms, TI 860 ms;FSE T<sub>2</sub>WI 为 TR 4800 ms,TE 120 ms;T<sub>2</sub>-FLAIR 为 TR 8000 ms,TE 120 ms, TI 2250 ms;视野 24 cm×24 cm,层厚 5 mm,间隔 0 mm,矩阵 320×224,激励次数 1。增强扫描采用顺磁性对比剂 Gd-DTPA,剂量 0.1 mmol/kg,采用经肘前静脉注入,注射流率为 3 ml/s。

DTI 采用单次激发 SE EPI 序列,扫描参数:TR 8000 ms,TE 89 ms,层厚与层间距与常规 MRI 扫描保持一致,b 值为 0 和 1000 s/mm<sup>2</sup>,在 15 个方向施加扩散敏感梯度场,激励次数 1,扫描时间 2 min 16 s。DTI 扫描在增强扫描前完成。

3. 图像处理和数据测量

利用 GE ADW 4.4 工作站 Functool 软件构建平均 ADC 图和 FA 图。结合常规 MRI、DWI、ADC 伪彩图和 FA 伪彩图,分别在病灶实质、对侧相应正常脑白质区各选 3~5 个兴趣区,ROI 的选择尽量避开血管、坏死、囊变、出血及钙化区域,每个 ROI 用 10~15 个像素大小采样,测量其 ADC 值和 FA 值,分别计算病灶平均 ADC 值、平均 FA 值和 rADC、rFA 值(病灶与对侧相应正常脑白质区的比值)。

4. 统计学分析

采用 SPSS 11.5 专用统计分析软件包,统计结果以均数±标准差表示。对 3 组病例的平均 ADC 值、rADC 值、平均 FA 值及 rFA 值均进行正态分布检验和方差齐性检验,在符合正态分布且各组均数方差齐的情况下做差异性检验,不符合者则先行数据变换后符合条件后再做检验。三组病例之间的 ADC 值、rADC 值、FA 值及 rFA 值比较采用单因素方差分析(Oneway-ANOVA),组间两两比较采用 SNK 法(Student-Newman-Keuls)q 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

三组病例的平均 ADC 值、rADC 值、FA 值和 rFA 值测量结果见表 1,统计学分析结果见表 2。

表 2 三组病例各观测指标两两比较

| 比较类型         | ADC 值 | rADC 值 | FA 值  | rFA 值 |
|--------------|-------|--------|-------|-------|
| 胶质瘤与脑梗死的比较   |       |        |       |       |
| q 值          | 22.25 | 17.03  | 9.03  | 12.11 |
| P 值          | <0.01 | <0.01  | <0.01 | <0.01 |
| 胶质瘤与病毒性脑炎的比较 |       |        |       |       |
| q 值          | 20.70 | 11.43  | 2.14  | 4.02  |
| P 值          | <0.01 | <0.01  | 0.88  | 0.53  |
| 脑梗死与病毒性脑炎的比较 |       |        |       |       |
| q 值          | 19.31 | 15.45  | 9.32  | 11.13 |
| P 值          | <0.01 | <0.01  | <0.01 | <0.01 |

三组病例中,脑低级别星形细胞瘤的 ADC 值和 rADC 值最高,脑梗死最低,而病毒性脑炎病灶介于两

表 1 三组病例平均 ADC 值、rADC 值、FA 值和 rFA 值比较

| 观测指标                                        | 低级胶质瘤     | 脑梗死       | 病毒性脑炎     | F 值    | P 值   |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|
| ADC 值(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) | 1.55±0.08 | 0.54±0.12 | 0.84±0.07 | 714.97 | <0.01 |
| rADC 值                                      | 1.68±0.25 | 0.64±0.12 | 1.07±0.05 | 242.59 | <0.01 |
| FA 值                                        | 0.17±0.03 | 0.14±0.03 | 0.17±0.02 | 10.50  | <0.01 |
| rFA 值                                       | 0.42±0.08 | 0.30±0.05 | 0.43±0.09 | 21.01  | <0.01 |

者之间(图 1~3), 三组间差异有高度统计学意义( $P < 0.01$ )。脑低级别星形细胞瘤的 FA 值、rFA 值与脑梗死组比较, 差异具有高度统计学意义( $P < 0.01$ ), 脑梗死与病毒性脑炎组间差异亦具有高度统计学意义( $P < 0.01$ ), 而脑低级别星形细胞瘤与病毒性脑炎组间差异无统计学意义( $P$  值分别为 0.88、0.53)。

## 讨 论

脑低级别胶质瘤是临床上常见的脑肿瘤, 其本质上是一种弥漫性生长的肿瘤, 既可表现为边界清楚的肿块或囊状病变, 也可表现为弥漫浸润生长而完全没有肿块形成<sup>[8]</sup>。当肿瘤表现为扩散性生长而没有明确肿块时, 其常规 MRI 表现无特异性, 与脑炎、脑梗死相似, 鉴别诊断困难。病毒性脑炎的诊断主要是通过临床症状、体征和脑脊液检查。但一些脑炎的病毒类型

目前尚难通过病毒分离或其它实验室检查来确定, 故影像学检查日益成为重要的诊断依据。在常规 MRI 上, 病毒性脑炎有时类似于低级胶质瘤和脑梗死, 不易鉴别。

DTI 利用水分子的扩散运动特性进行成像。水分子的扩散是一个三维的过程, 在生理条件下, 水分子运动受到各方向的阻力不同, 更容易沿扩散阻力小的方向扩散, 称为各向异性扩散(anisotropic diffusion), 各向异性扩散是大脑白质纤维 DTI 成像的基础。ADC 值和 FA 值是 DTI 的常用观测指标, 反映组织中水分子的扩散特性。在活体中, ADC 值和 FA 值除了受病变组织的影响, 还与生理活动、年龄、扫描机型等有关<sup>[9-10]</sup>。为了消除这些因素的影响, 使其标准化, 本研究中同时采用了 rADC 值、rFA 值来进行分析。

本组结果显示, 脑低级别胶质瘤、脑梗死、病毒性脑

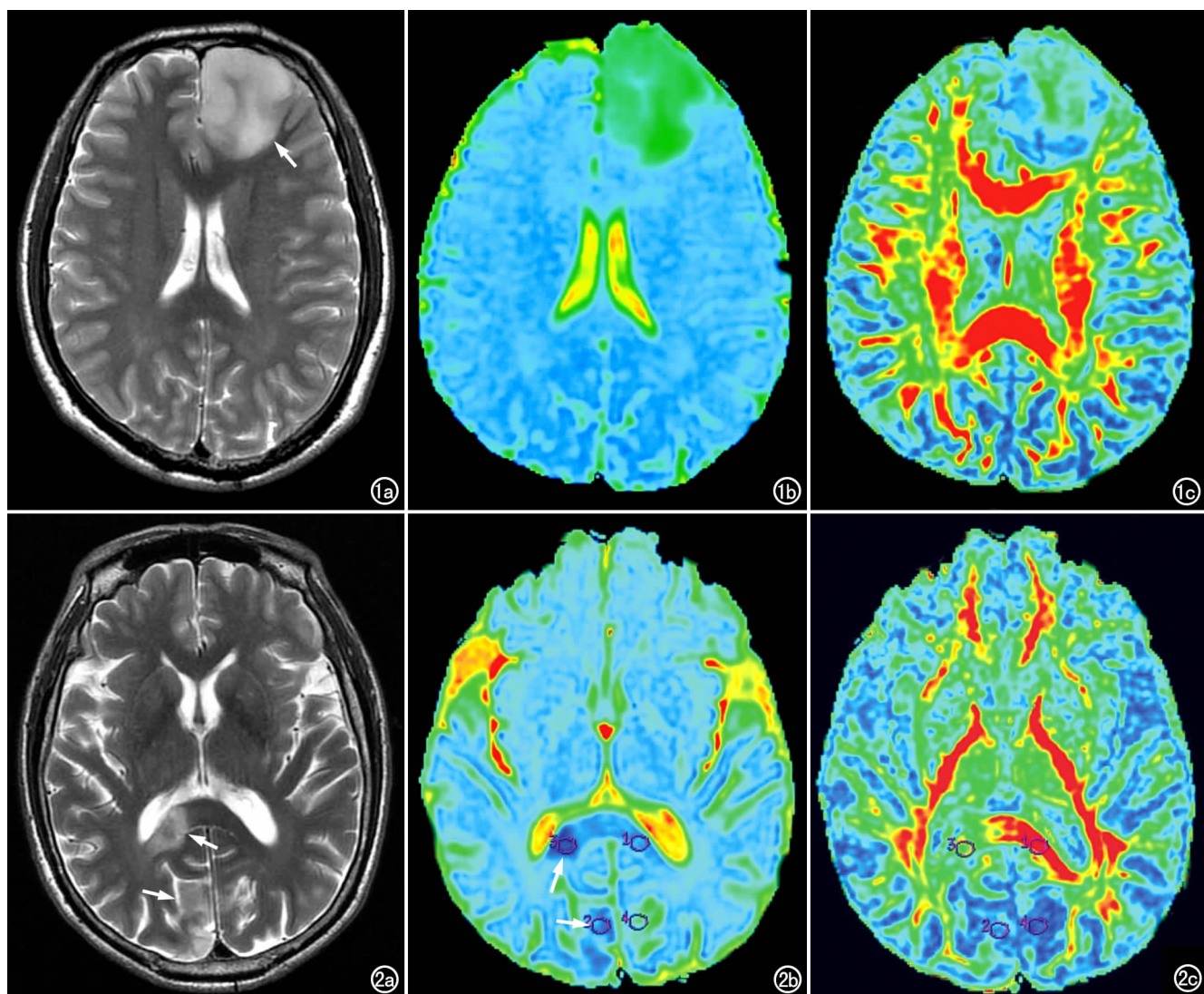


图 1 脑胶质细胞瘤(I~II级)。a)  $T_2$ WI 示左额叶病灶呈不均匀稍高信号(箭); b) ADC 图示病灶呈黄绿色, 提示扩散较对侧相应脑白质区加快; c) FA 图示病灶呈蓝绿色, 提示各向异性降低。图 2 脑梗死。a)  $T_2$ WI 示右侧颞顶区及枕叶有稍高信号灶(箭); b) ADC 图示病灶呈蓝色或深蓝色(箭), 提示扩散较对侧相应脑白质区明显受限; c) FA 图示病灶呈不均匀深蓝色, 内有点条状蓝绿色, 提示各向异性降低。

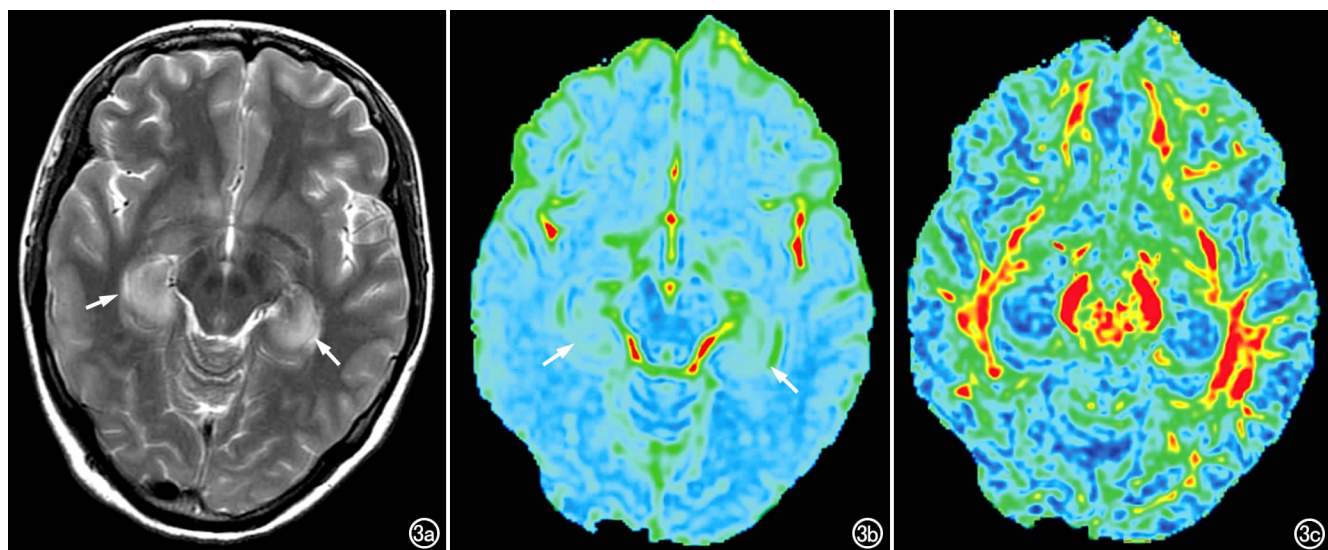


图3 病毒性脑炎。a)  $T_2$ WI 示双侧海马有高信号灶,边界欠清(箭); b) ADC 图示病灶呈黄绿色(箭),提示扩散较对侧相应脑白质区加快; c) FA 图示病灶呈蓝绿色,提示各向异性降低。

炎三者之间的平均 ADC 值及 rADC 值差异有统计学意义,此结果与文献报道一致<sup>[11]</sup>。其中脑低级胶质瘤 ADC 值及 rADC 值最高,脑梗死最低。ADC 值代表每一个像素的各个方向上扩散张量本征值的平均值,能够全面反映水分子扩散运动的快慢。研究表明,ADC 值与细胞外间隙和含水量正相关<sup>[12]</sup>。脑低级胶质瘤肿瘤细胞较少,有丝分裂和血管内皮细胞增殖不明显,因而细胞外间隙相对较宽,水分子易于扩散,ADC 值较对侧正常脑白质升高。脑梗死急性期以细胞毒性水肿为主要改变,细胞内水分子增加,细胞器肿胀、裂解,产生大量的碎片,造成细胞内黏度增加,胞浆流动减慢;同时细胞外水分子减少,细胞外间隙变小,均导致水分子扩散明显受限,ADC 值降低<sup>[13]</sup>。脑梗死亚急性期虽有细胞膜破坏、细胞间质水肿增加等使水分子扩散速度较急性期有所增加,但由于限制水分子扩散的因素仍占优势,因此其 ADC 值仍明显低于正常组织<sup>[4-5]</sup>。病毒性脑炎对脑实质细胞的损害主要表现为弥漫性或局灶性神经元变性、坏死,白质脱髓鞘改变,淋巴细胞和浆细胞浸润,周围血管炎性反应等<sup>[14]</sup>。Agid 等<sup>[15]</sup>认为由于病毒性脑炎病变的轻重和病程不同,水分子运动受限的程度也不同,利用 ADC 值的监测可以区分炎症的不同时期。本组 18 例病毒性脑炎中,3 例发病时间在 3 天内,病灶区 ADC 值较对侧减低;另 15 例发病时间在 1~2 周,病灶区 ADC 值较对侧升高,符合 Agid 等<sup>[15]</sup>的观点。在病程早期,由于神经元变性坏死导致能量代谢障碍、 $Na^+-K^+-ATP$  泵机能失调、 $Na^+$  内流增加造成细胞毒性水肿,细胞外间隙相对变窄,导致水分子扩散受限,平均 ADC 值明显减低;随着病程发展,机体自身免疫反应

导致脑白质脱髓鞘性损害,神经元坏死以及炎症细胞的浸润导致细胞外间隙扩大、血脑屏障破坏和血管源性水肿导致组织含水量增加,因此病灶平均 ADC 值升高<sup>[16]</sup>。

FA 值是组织的物理特性,受髓鞘的完整性、神经纤维的密度及平行性等影响<sup>[2-3]</sup>。本文研究结果显示,脑低级胶质细胞瘤、脑梗死和病毒性脑炎病灶区平均 FA 值较对侧均降低,其中脑梗死病灶 FA 值降低最明显。胶质瘤实质部分 FA 值下降的机制目前尚未完全明确,部分学者认为,由于病变组织内轴突丧失了排列的方向和顺序性,瘤细胞微结构破坏及瘤细胞的侵袭作用所导致的神经纤维髓鞘结构丢失,使得 FA 值降低<sup>[2-3]</sup>。在低级胶质瘤中,尽管有丝分裂和血管内皮细胞增殖不太明显,但肿瘤组织内部的细胞构成使其扩散屏障缺乏像正常白质那样高度有序的方向性,并且肿瘤组织存在异常增殖,内部发生微囊坏死,导致细胞微结构破坏,从而导致肿瘤实质部分 FA 值降低<sup>[2]</sup>。急性或亚急性期脑梗死患者梗死区 FA 值显著降低,这是由于脑梗死发生后,局部脑组织缺血,细胞结构破坏,组织微观结构的正常顺序丧失,从而导致组织各向异性的降低;另外白质内细胞骨架破坏、水分子运动减弱、快速轴索内传输中断等同样导致组织的各向异性下降,FA 值降低<sup>[4-5]</sup>。另有学者对超急性期脑梗死 FA 值观测发现部分病灶 FA 值增高,推测可能是由于细胞毒性水肿,细胞外间隙变窄,髓鞘肿胀,纤维束间隙变小迂曲限制了垂直于纤维束方向的水分子的扩散运动<sup>[17]</sup>。本组中未发现 FA 值升高病例,可能与发病后扫描时间有关。病毒性脑炎病灶 FA 值的改变同 ADC 值一样是一个动态的过程,在病脑病程早期病变

区平均 FA 值较正常对侧升高,随着病程进展,病变区平均 FA 值逐渐降低,这与文献报道一致<sup>[6-7]</sup>。在脑炎早期,病灶 FA 值的升高与细胞毒性水肿导致的细胞肿胀,细胞外间隙扭曲有关。当白质受累时使纤维束间的空间减少,水分子在沿着垂直于纤维束方向上移动限制增加,从而导致各向异性扩散增加,FA 值升高,而各向异性升高的水平反映了细胞肿胀和细胞膜损害的程度<sup>[18]</sup>。病灶 FA 值的降低则反映了病变区白质神经元细胞膜和纤维髓鞘完整性被破坏,组织微观结构的正常顺序丧失。具体发生机制可能有以下几点<sup>[19]</sup>:①血管源性水肿,使水分子的扩散在各个方向上活跃,从而使各向异性降低;②细胞外间隙水分子增多,使单位体积内的神经纤维数量减少,从而使水分子在各个方向扩散受到限制减少,导致各向异性降低;③机体自身免疫反应导致脑白质脱髓鞘性损害(轴突和髓鞘崩解或脱失),使髓鞘对水分子扩散的限制作用降低,从而造成组织各向异性的降低。FA 值的动态变化趋势反映了病毒性脑炎受累神经元细胞膜和纤维髓鞘的完整性有无破坏等微观结构信息,因此病灶 FA 值同样有助于判断病情的严重程度和不同病程、帮助了解预后等。

本文初步探讨了 DTI 对脑低级胶质细胞瘤、脑梗死和病毒性脑炎的鉴别诊断价值,但由于病例数有限,特别是病毒性脑炎病例较少,且缺乏相关病理学和实验室结果的对照分析,因此有必要扩大样本量和构建动物模型进行进一步研究。

总之,DTI 作为一种新的无创性功能磁共振成像技术,综合利用其多个观测指标能有效鉴别脑低级胶质瘤、脑梗死和病毒性脑炎,同时可用于病毒性脑炎患者病程和病情严重程度监测,具有较高的临床实用价值。

#### 参考文献:

- [1] Dale RC, de Sousa C, Chong WK, et al. Acute disseminated encephalomyelitis, multiphasic disseminated encephalomyelitis and multiple sclerosis in children [J]. *Brain*, 2000, 123 (12): 2407-2422.
- [2] Ferda J, Kastner J, Petr M, et al. Diffusion tensor magnetic resonance imaging of glial brain tumors [J]. *Eur J Radiol*, 2010, 74(3): 428-436.
- [3] Yen PS, Teo BT, Chiu CH, et al. White matter tract involvement in brain tumors: a diffusion tensor imaging analysis [J]. *Surg Neurol*, 2009, 72(5): 464-469.
- [4] Nelles M, Gieseke J, Flacke D, et al. Diffusion tensor pyramidal tractography in patients with anterior choroidal artery infarcts [J]. *AJNR*, 2008, 29(3): 488-493.
- [5] Parmar H, Golay X, Lee KE, et al. Early experiences with diffusion tensor imaging and magnetic resonance tractography in stroke patients [J]. *Singapore Med J*, 2006, 47(3): 198-203.
- [6] 舒红格, 漆剑频, 王承缘, 等. 病毒性脑炎扩散张量成像的初步研究 [J]. *放射学实践*, 2009, 23(4): 386-388.
- [7] 王静, 张新娟, 武乐斌, 等. 3.0T 磁共振 DTI 和 DTT 技术对病毒性脑炎的应用研究 [J]. *实用放射学杂志*, 2010, 26(1): 7-10.
- [8] 李涛, 马林, 梁丽. 弥漫浸润生长的 WHO II 级星形细胞瘤的 MR 诊断 [J]. *中国医学影像技术*, 2005, 21(1): 49-51.
- [9] Yang D, Korogi Y, Sugahara T, et al. Cerebral gliomas: prospective comparison of multivoxel 2D chemical-shift imaging proton MR spectroscopy, echoplanar perfusion and diffusion-weighted MRI [J]. *Neuroradiol*, 2002, 44(8): 656-666.
- [10] Lee CE, Danielian LE, Thomasson D, et al. Normal regional fractional anisotropy and apparent diffusion coefficient of the brain measured on a 3T MR scanner [J]. *Neuroradiol*, 2009, 51(1): 3-9.
- [11] 彭娟, 罗天友, 吕发金, 等. DWI 对病毒性脑炎、脑梗死和脑低级星形细胞瘤的鉴别诊断价值 [J]. *临床放射学杂志*, 2007, 26(5): 448-452.
- [12] Jenkinson M, Plessis DG, Smith T, et al. Cellularity and apparent diffusion coefficient in oligodendroglial tumours characterized by genotype [J]. *J Neurooncol*, 2010, 96(3): 385-392.
- [13] 刘翔, 戴建平, 李丽林, 等. 脑梗死的扩散张量成像与扩散加权成像比较研究 [J]. *中国医学影像技术*, 2004, 20(6): 853-855.
- [14] Kuker W, Ruff J, Gaertner S, et al. Modern MRI tools for the characterization of acute demyelinating lesions: value of chemical shift and diffusion-weighted imaging [J]. *Neuroradiol*, 2004, 46(6): 421-426.
- [15] Agid R, Duereux D, Halliday WC, et al. MR diffusion-weighted imaging in a case of West Nile virus encephalitis [J]. *Neurology*, 2003, 61(12): 1821-1823.
- [16] Ganapathy S, Elizabeth HE, Wolfson BJ, et al. Transient isolated lesion of the splenium associated with clinically mild influenza encephalitis [J]. *Pediatr Radiol*, 2008, 38(11): 1243-1245.
- [17] 于向荣, 李敏, 贾中正, 等. 3.0TMR 扩散张量成像在脑梗死诊断中的应用 [J]. *放射学实践*, 2010, 25(5): 481-484.
- [18] Christopher HS. The role of diffusion tensor imaging in the evaluation of ischemic brain injury—a review [J]. *NMR Biomed*, 2002, 15(7-8): 516-569.
- [19] Akasaka M, Sasaki M, Ehara S, et al. Transient decrease in cerebral white matter diffusivity on MR imaging in human herpes virus-6 encephalopathy [J]. *Brain Dev*, 2005, 27(1): 30-33.

(收稿日期: 2011-11-10 修回日期: 2012-04-30)