

• 中枢神经影像学 •

磁共振 DTI 及 DTT 在脑梗死白质纤维束损伤中的应用

王海滨, 陈文辉, 乔松, 许琦, 赵国库

【摘要】 目的:探讨 MR 扩散张量成像(DTI)及扩散张量纤维束成像(DTT)技术对不同时期脑梗死白质损伤的诊断价值,并观察白质纤维束的受损情况,为脑梗死后患侧肌力恢复治疗提供影像学依据。**方法:**53 例脑梗死患者按不同发病时期分为 4 组,行常规 MRI 及 DTI 检查,对比测量梗死侧与健侧相应部位脑白质的各向异性系数(FA)值,并观察梗死灶白质纤维束的改变,按照皮质脊髓束(CST)移位、连续性及破坏程度在 DTT 图像上的表现分为 3 级。**结果:**超急性期梗死侧 FA 值(0.35 ± 0.04)与健侧(0.37 ± 0.06)比较差异无统计学意义($P > 0.05$),急性期、亚急性期和慢性期梗死侧 FA 值分别为 0.17 ± 0.07 、 0.14 ± 0.06 和 0.09 ± 0.05 ,分别低于健侧相应部位的 FA 值(分别为 0.39 ± 0.08 、 0.36 ± 0.08 和 0.33 ± 0.06),差异均有显著性意义($P < 0.05$)。3 组 DTT 分级比较差异无统计学意义($P > 0.05$),患侧肌力改变与皮质脊髓束损伤程度呈正相关($r_s = 0.76$, $P < 0.05$),皮质脊髓束损伤程度可以通过重建的扩散张量纤维束成像显示。**结论:**DTI 及 DTT 技术能较好的评价不同时期脑梗死白质纤维束的损伤程度,对指导临床诊断和帮助判断预后有重要价值。

【关键词】 脑梗死; 扩散张量成像; 皮质脊髓束; 脑白质纤维束成像

【中图分类号】 R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2010)03-0267-04

MR Diffusion Tensor Imaging and Diffusion Tensor Tractography in White Matter Fiber Bundle Injury Following Cerebral Infarction WANG Hai-bin, CHEN Wen-hui, QIAO Song, et al. Department of Radiology, the First People's Hospital of Hangzhou, Hangzhou 310006, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of diffusion tensor imaging (DTI) and diffusion tensor tractography (DTT) techniques in the diagnosis of different stages of white matter injury following cerebral infarction, and to evaluate the injured conditions of white matter fiber bundles, in order to provide imaging evidence of muscle strength recovery in the affected side after treatment. **Methods:** Fifty-three patients with cerebral infarction were divided into 4 groups according to the stages of onset, conventional magnetic resonance imaging (MRI) and DTI techniques were performed routinely. The fractional anisotropy (FA) values of white matter in infarct side and contralateral side were measured and compared. The changes of white matter fiber bundle were evaluated and classified into three grades according to shifting, continuity and destruction extent of corticospinal tract (CST) manifesting in DTT images. **Results:** No significant statistical difference was existed in the FA values of infarct side (0.35 ± 0.04) and contralateral (0.37 ± 0.06) in super-acute stage ($P > 0.05$). In acute stage, sub-acute stage and chronic stage, the FA values of infarct side were 0.17 ± 0.07 , 0.14 ± 0.06 , 0.09 ± 0.05 , respectively, which were lower than that in the contralateral corresponding regions: 0.39 ± 0.08 , 0.36 ± 0.08 , 0.33 ± 0.06 , respectively, all had significant differences ($P < 0.05$). There was no statistical difference of FA values in the three groups classified by DTT grading ($P < 0.05$). The muscle strength of infarct side had positive correlation with injury degree of CST ($r_s = 0.76$, $P < 0.05$), and injury degree of CST could be demonstrated by reconstituted DTT images. **Conclusion:** The injury degree of white matter fiber bundles in different stages of cerebral infarction could be well evaluated by DTI and DTT techniques, which is of important value in the guidance of clinical diagnosis and prediction of prognosis.

【Key words】 Cerebral infarction; Diffusion tensor imaging; Corticospinal tract; Cerebral white matter fiber bundle imaging

脑梗死是一种致残率和致死率较高的脑血管疾病,脑白质纤维束损伤是脑梗死主要表现之一,它的早期诊断和判断临床预后直接影响到治疗效果和康复情况。随着磁共振功能成像的发展,为白质损伤的早期诊断提供了方法,扩散张量成像(diffusion tensor ima-

ging, DTI)是评价脑白质纤维束的影像学新技术。

材料与方法

1. 临床资料

本院 2007 年 5 月~2008 年 7 月 53 例患者,男 38 例,女 15 例,年龄 27~78 岁,平均(52.3 ± 12.5)岁,按检查时发病时间^[1]分 4 组:超急性期(< 6 h)5 例,急性期(6~72 h)12 例,亚急性期(72 h~14 d)29 例,慢性期(> 14 天)7 例。梗死部位:桥脑 19 例,基底节区 10

作者单位: 310006 杭州,杭州市第一人民医院放射科(王海滨、陈文辉); 310013 杭州,浙江省浙江医院神经内科(乔松),放射科(许琦); 130021 吉林,吉林大学第一医院放射科(赵国库)

作者简介: 王海滨(1981-),男,吉林长春人,硕士研究生,住院医师,主要从事中枢神经系统疾病的影像诊断和研究工作。

通讯作者: 陈文辉, E-mail: chenwenhui-1@163.com

例,胼胝体 6 例,额叶 8 例,颞叶 10 例。所有患者均知情同意后行常规 MRI 及 DTI 检查。选择其中 10 例较典型的脑梗死患者,根据手部肌力分级(Brunnstrom 标准),探讨患侧皮质脊髓束(cortical spinal tract, CST)表现与肌力改变的相关性。

2. MRI 检查方法及相关技术参数

使用 Siemens Avanto 1.5T 超导型磁共振仪,采用头部 12 通道阵列线圈,常规行横轴面 T₁WI (TR 400 ms, TE 7.8 ms)、T₂WI (TR 3250 ms, TE 99 ms) 及 FLAIR 序列 (TR 9000 ms, TE 109 ms, TI 2500 ms),并依不同需要选做矢状面 T₂WI 或冠状面 FLAIR 序列,层厚 6 mm,层间隔 1.2 mm,视野 230 mm×230 mm。DTI 采用平面回波成像序列,所有病例均行 12 个方向敏感梯度的扩散权重采集, b=1000 s/mm²,扫描层面平行于常规 MRI,层厚 2.8 mm,TR 4500 ms,TE 80 ms,间隔 0.36 mm,视野 230 mm×230 mm,激励次数 5,采集时间约 4 min 19 s。

3. DTI 图像重建分析处理

将 DTI 数据传输至 Leonard 工作站,使用纤维束成像软件包进行 DTI 图像分析处理,由同一位技师重建各向异性分数(fractional anisotropy, FA)图、三维彩色方向编码张量图并设置相关参数值:角阈值 35°,各向异性阈值 0.18,显示纤维束直径 0.50 mm。由 2 位

经验丰富的医学影像学医师采取双盲法进行观察、分析,对比常规 MRI 和 DTI 图像在脑梗死病灶检出率、信号异常程度及病灶显示范围等方面的差异,在梗死区与健侧对应脑白质区进行 FA 值测量。

4. 统计学处理

采用 SPSS 13.0 统计分析软件包,计量资料的比较采用 *t* 检验, *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 不同时期脑梗死区白质纤维束 FA 值

各时期脑梗死灶的 FA 值测量结果见表 1。随着发病时间的增加,脑梗死灶的 FA 值呈递减性改变,超急性期患侧与健侧 FA 值比较下降不明显 (*P* > 0.05),急性期、亚急性期和慢性期患侧与健侧 FA 值比较明显降低 (*P* < 0.05)。

表 1 不同时期脑梗死灶与健侧 FA 值测量结果

分期	例数	FA 值		P 值
		梗死侧	健侧	
超急性期	5	0.35±0.04	0.37±0.06	0.58
急性期	12	0.17±0.07	0.39±0.08	<0.01
亚急性期	29	0.14±0.06	0.36±0.08	<0.01
慢性期	7	0.09±0.05	0.33±0.06	<0.01

2. 不同时期脑梗死侧白质纤维束 DTT 图表现

按照 CST 在 DTT 图像上的受累情况分为 3 级。

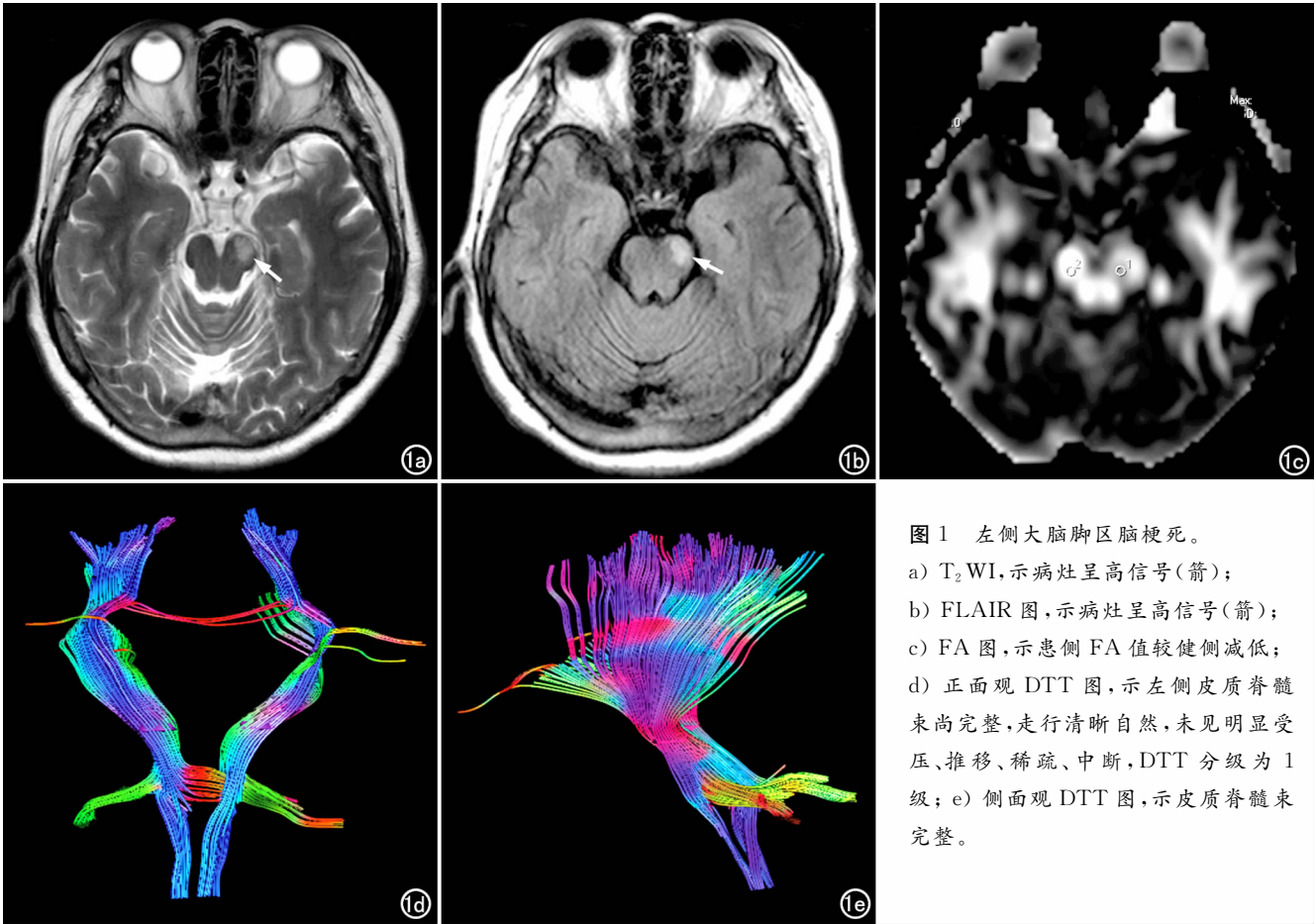


图 1 左侧大脑脚区脑梗死。
a) T₂WI,示病灶呈高信号(箭);
b) FLAIR 图,示病灶呈高信号(箭);
c) FA 图,示患侧 FA 值较健侧减低;
d) 正面观 DTT 图,示左侧皮质脊髓束尚完整,走行清晰自然,未见明显受压、推移、稀疏、中断,DTT 分级为 1 级;
e) 侧面观 DTT 图,示皮质脊髓束完整。

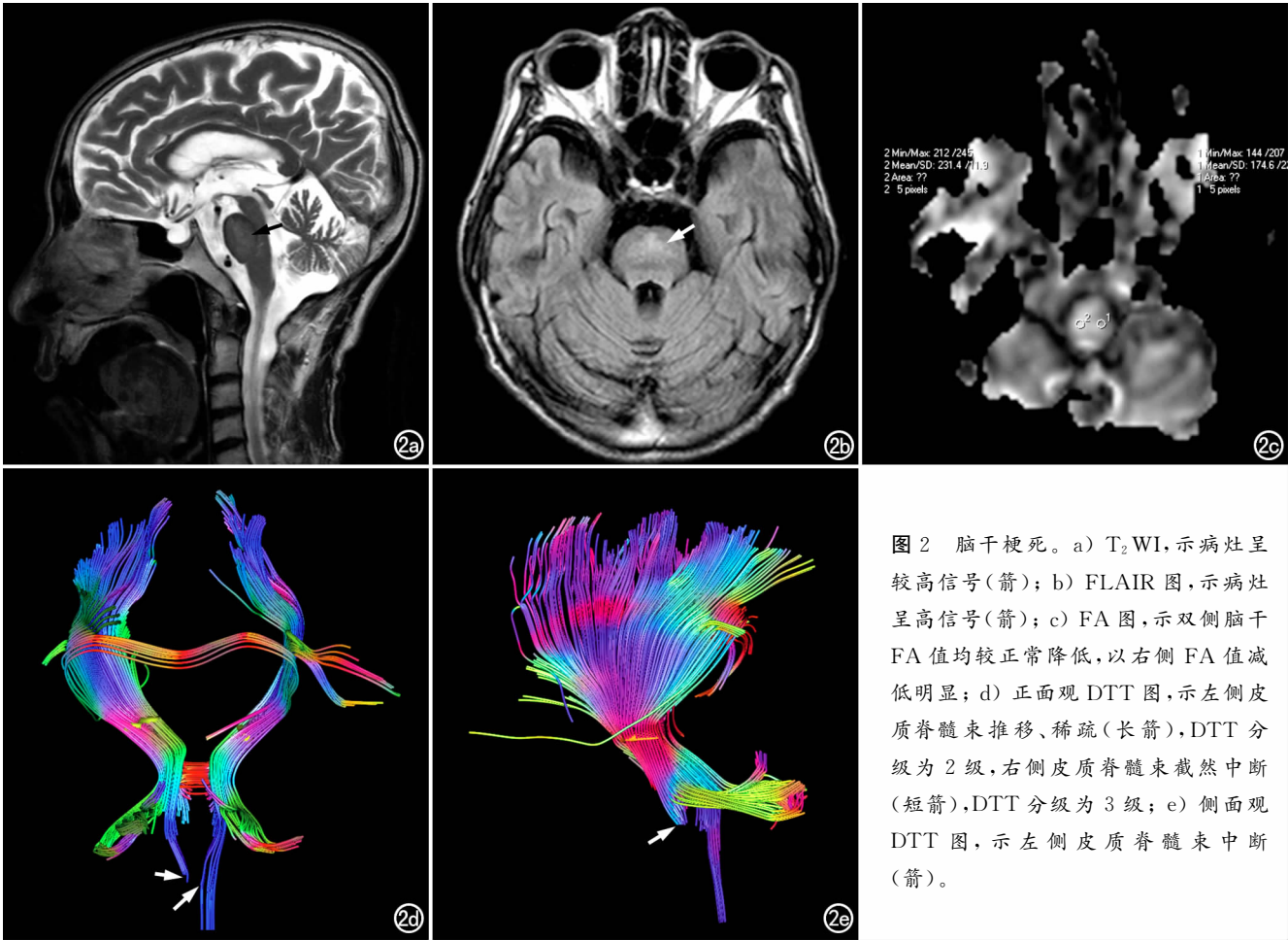


图 2 脑干梗死。a) T₂WI, 示病灶呈较高信号(箭); b) FLAIR 图, 示病灶呈高信号(箭); c) FA 图, 示双侧脑干 FA 值均较正常降低, 以右侧 FA 值减低明显; d) 正面观 DTT 图, 示左侧皮质脊髓束推移、稀疏(长箭), DTT 分级为 2 级, 右侧皮质脊髓束截然中断(短箭), DTT 分级为 3 级; e) 侧面观 DTT 图, 示左侧皮质脊髓束中断(箭)。

1 级:纤维束走形自然、形态完整(图 1),共 12 例;2 级:纤维束受压、推移、稀疏(图 2),共 16 例;3 级:纤维束截然中断(图 2),共 25 例。其中 12 例急性期组中 2 级和 3 级占 91.6%,亚急性期组中 2 级和 3 级占 79.3%,慢性期病例中 2 级和 3 级占 71.4%(表 2)。DTT 各级例数在不同时期脑梗死中所占百分比之间的差异无显著性意义($P>0.05$)。

表 2 不同时期脑梗死灶 DTT 分级结果 (例)

分期	DTT 分级			合计
	1 级	2 级	3 级	
超早期	3	1	1	5
急性期	1	4	7	12
亚急性期	6	9	14	29
慢性期	2	2	3	7

3. DTT 分级与肌力的关系

不同脑梗死部位梗死区 FA 值均较健侧相应部分降低($t=4.16, P<0.05$),当 DTT 分级升高时,患侧肌力减弱程度逐渐加重,经直线相关性分析,10 例患者 DTT 分级与肌力的减弱程度呈正相关($r_s=0.76, P<0.05$)。

讨 论

扩散张量成像是利用水分子在不均质组织中的扩散具有各向异性特征进行成像,人体组织的扩散特征大多表现为各向异性,尤以大脑白质为著。DTI 通过改变扩散敏感梯度方向测量体素内水分子在各个方向上的扩散强度,在三维空间内定量分析组织内水分子的扩散运动,与常规 MRI 不同,DTI 是以参数值而不是以灰阶反映组织特征,不同参数成像从不同的侧面反映体素内水分子的平均位移、分子位移差别及其主要方向。其中主要参数中最常用的是 FA^[2],FA 值指扩散张量的各向异性部分与总扩散张量之比^[3],FA 取值范围是 0~1。FA 图的像素值取决于 FA 的值,即体素中水分子扩散各向异性的程度,各向异性程度越高,FA 值越大,图像越亮;反之,FA 值越小,图像越暗。FA 值的测量和 DTT 重建图像主要反映脑组织神经纤维的多少、排列方向的一致性及纤维束完整性,目前主要用于评价组织结构完整性、病理改变及组织结构和功能关系,是 DTI 的重要组成部分。

本组研究结果显示,5 例超早期患者 FA 值先轻度升高后降低,样本量较少可能是造成超急性期组 FA 值无统计学意义的原因。41 例急性期和亚急性期

患者其患侧 FA 值较对侧均明显降低(梗死侧 0.14 ± 0.06 , 健侧 0.36 ± 0.08), 7 例慢性期患者 FA 值较健侧持续降低(梗死侧 0.09 ± 0.05 , 健侧 0.33 ± 0.06), 可见 FA 值变化随病程的进展呈递减的趋势。笔者认为超早期梗死区的脑组织产生细胞毒性脑水肿, 细胞外水分稍减少, 细胞膜向外弯曲度增加, 白质纤维束间相对空间减少, 增加了水分子沿垂直于髓鞘方向的扩散限制, 扩散的各向异性程度稍有升高, 但随着病程进展, 纤维束髓鞘微细结构发生变化, 会逐渐降低水分子位移在垂直于髓鞘方向的扩散的限制, 故扩散的各向异性程度(FA 值)也会逐渐降低。这与 Carano 等^[4]利用实验鼠行 DTI 研究认为 FA 值在脑梗死发生后最初 1 h 内升高, 但在随后的 3 h 内开始下降的结果基本相符。本组中 48 例急性期、亚急性期和慢性期患者患侧 FA 值较对侧均明显降低, 与国内外研究结果相似^[5-8], 各期脑梗死灶 FA 值变化在指导临床对脑梗死的鉴别和分期方面有一定的实际意义。

本组 53 例脑梗死患者中, 超急性期纤维束在 DTT 图上主要表现为形态、结构尚完整, 无明显稀疏或中断(1 级), 急性期和亚急性期时在 DTT 图上纤维束主要表现为受压、推移、稀疏和截然中断(2~3 级), 慢性期时 DTT 图上纤维束主要表现为截然中断(3 级), DTT 分级基本与临床病理生理过程一致, DTT 分级可以较准确、直观地显示纤维束的损伤程度, 国外研究也有相关报道^[9]。在实际临床工作中发现脑梗死临床分期及症状与 DTT 分级具有较明显的相同变化趋势, 但本组 DTT 各级例数在不同时期脑梗死中所占百分比之间的比较无统计学意义, 考虑可能与部分样本例数较少有关, 可进一步加大样本例数加以证实。

DTT 显示健侧皮质脊髓束解剖形态与健康人群大致相吻合, 患侧皮质脊髓束表现为受压、推移、稀疏及截然中断, 并随脑梗死病程的延长, DTT 分级逐渐升高, CST 损伤程度逐渐加重。而皮质脊髓束司肢体运动功能, 梗死后大多数患者出现肢体症状, 一般表现为肌力减退, 主要是病变累及皮质脊髓束所致^[10]。笔者认为 DTT 分级与肌力的减弱程度呈正相关正是上述原因造成。本实验中 12 例 DTT 1 级的患者皮质脊髓束无明显受压中断, 患者无肌力减退或轻度减退, 肌力均在 5~6 级; 16 例 DTT 2 级的患者仅有皮质脊髓束受压、移位和稀疏, 穿过病灶处无截然中断、破坏者, 肌力在 2~4 级之间, 经治疗后肌力可恢复; 25 例

DTT 3 级即皮质脊髓束截然中断、破坏者, 肌力均在 2 级以下, 症状恢复极差甚至出现肢体瘫痪, 故 DTT 分级在评价梗死后皮质脊髓束改变与治疗患侧肌力恢复情况有较大的应用价值。

综上所述, 笔者认为 DTI 在不同时期脑梗死的水分子扩散各向异性特征(FA 值)的改变符合各期脑梗死病理生理的演变; DTT 分级可以较准确、直观地显示皮质脊髓束的损伤程度; DTT 分级与皮质脊髓束损伤程度、患侧肌力减弱程度呈正相关。故通过 DTI 及 DTT 分级对脑梗死患者进行长期随访, 可以观察梗死前和治疗后白质纤维束的恢复情况, 对指导脑梗死患者的康复治疗及为临床提供有利的影像学依据有较大的应用价值。

参考文献:

- [1] 王维治. 神经病学(第 4 版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001. 130.
- [2] Guo AC, MacFall JR, Provenzale JM. Multiple sclerosis; diffusion tensor MR imaging for evaluation of normal appearing white matter[J]. Radiology, 2002, 222(3): 729-736.
- [3] Sundgren PC, Dong Q, Gómez-Hassan D, et al. Diffusion tensor imaging of the brain: review of clinical applications[J]. Neuro-radiology, 2004, 46(12): 339-350.
- [4] Carano RA, Li F, Irie K, et al. Multispectral Analysis of the temporal evolution of cerebral ischemia in the rat brain[J]. J Magn Reson Imag, 2000, 12(5): 842-858.
- [5] Werring DJ, Clark CA, Parker GJ, et al. A Direct Demonstration of both structure and function in the visual system: combining diffusion tensor imaging with functional magnetic resonance imaging[J]. Neuroimage, 1999, 9(2): 352-361.
- [6] Nimsky C, Ganslandt O, Hastreiter P, et al. Intraoperative diffusion tensor MR imaging: shifting of white matter tracts during neurosurgical procedures initial experience[J]. Radiology, 2005, 234(3): 218-225.
- [7] Gillard JH, Papadakis NG, Martin K, et al. MR diffusion tensor imaging of white matter tract disruption in stroke at 3T[J]. Br J Radiol, 2001, 74(6): 642-647.
- [8] 梁志坚, 曾进胜. 脑梗死远隔区继发性损害的弥散张量成像[J]. 国外医学: 脑血管疾病分册, 2005, 13(4): 510-512.
- [9] Lie C, Hirsch JG, Robmanith C, et al. Clinicotopographical correlation of corticospinal tract stroke: a color coded diffusion tensor imaging study[J]. Stroke, 2004, 36(1): 86-93.
- [10] Melhem ER, Moris S, Mukundan G. Diffusion tensor MR imaging of the brain and white matter tractography[J]. AJR, 2002, 178(8): 3216-3221.

(收稿日期: 2009-07-30 修回日期: 2009-10-31)