

• 技术与方法 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2014.27.018

## 弥散登记在磁共振弥散张量成像中的应用价值研究

吴伟,赵建农<sup>△</sup>,谢微波

(重庆医科大学附属第二医院放射科 400010)

**摘要:**目的 通过对比磁共振弥散张量成像(DTI)数据进行两种处理后获得的 ADC 值、eADC 值和 FA 值和可视神经纤维长度,研究弥散登记在磁共振 DTI 中的应用价值。**方法** 对 20 例进行磁共振 DTI 者的资料进行回顾性分析,分别应用原始数据直接处理获得 ADC 值、eADC 值和 FA 值,施加弥散登记处理后再进行 ADC 值、eADC 值和 FA 值测量,同时对两种不同处理方式进行纤维示踪成像,分别比较每例研究者的 ADC 值、eADC 值和 FA 值在施加弥散登记前后变化,同时比较在施加弥散登记前后纤维示踪图像上相同兴趣区测量所得纤维束长度差异。**结果** 健康对照组施加弥散登记处理前后获得 ADC 值、eADC 值差异无统计学意义( $P=0.6953, P=0.6321$ ),FA 值差异有统计学意义( $P=0.0321$ );研究组施加弥散登记处理前后获得 ADC 值、eADC 值差异无明显统计学意义( $P=0.2039, P=0.0754$ ),FA 值差异有统计学意义( $P=0.0114$ ),施加弥散登记后可视纤维束变长。**结论** 弥散登记处理可获得较好质量的 ADC 图、eADC 图、FA 图和纤维示踪图,并获得更为可靠的 ADC 值、eADC 值和 FA 值。可见纤维束长度变长,在磁共振 DTI 中有较大应用价值。

**关键词:**磁共振成像;弥散登记;DTI

中图分类号:R445.2

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2014)27-3602-03

### Application value of diffusion registration in diffusion tensor imaging

Wu Wei, Zhao Jiannong<sup>△</sup>, Xie Weibo

(Department of Radiology, Second Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

**Abstract: Objective** To evaluate the value of diffusion registration in diffusion tensor imaging(DTI) through comparing the diffusion tensor data to conduct the two kinds of post-processing methods for obtaining the ADC, eADC and FA values and the visual neural fiber length, **Methods** 20 cases of DTI data were analyzed retrospectively. The original data were adopted to directly process for obtaining the ADC, eADC and FA values respectively, after exerting diffusion registration the ADC, eADC and FA values were measured again, at the same time the two different processing modes were performed the fiber trace imaging. The changes of ADC, eADC and FA values in each case were compared before and after exerting the diffusion registration, and at the same time the differences of fiber length in the same interest area in the fiber trace image were compared before and after exerting the diffusion registration. **Results** The difference of the ADC and eADC values obtained before and after exerting the diffusion registration in the normal group showed no statistical significance( $P=0.6953, P=0.6321$ ) and the FA value difference between before and after exerting the diffusion registration had statistical significance( $P=0.0321$ ); the difference of the ADC and eADC values obtained before and after exerting the diffusion registration in the clinical patients group had no statistical significance( $P=0.2039, P=0.0754$ ), the FA value difference had statistical significance( $P=0.0114$ ), the visual neural fiber length was elongated after exerting the diffusion registration. **Conclusion** The diffusion registration processing can obtain better quality of ADC, eADC, FA images and the fiber trace image, more reliable ADC, eADC and FA values, the visual fiber length is elongated, which has large application value in MR DTI.

**Key words:** magnetic resonance image; diffusion registration; diffusion tensor image

磁共振弥散张量成像(DTI)尤其是神经纤维束示踪成像能直接反应神经纤维的走行,对如肿瘤等颅内占位病变对神经纤维的损伤能直观反应;脑出血后的水肿、血肿对神经纤维的推压也可通过神经纤维束示踪直观显示<sup>[1-2]</sup>。然而此类患者在检查过程中大多会出现或多或少的运动,即使不影响图像诊断,也可能对准确进行定量分析造成困难;弥散登记通过对连续动态系列的图像进行比较,将图像重新对齐以校正运动,在动态扫描过程中校正患者移动,可提高施加弥散加权梯度图像的图像质量。本文旨在通过对施加弥散登记处理前后的磁共振 DTI 获得的 ADC 值、eADC 值和 FA 值和纤维示踪图比较,分析弥散登记在 DTI 中的应用价值。

### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选择 2012 年 2~7 月本院收治的 10 例患者为研究对象(研究组),患者为出血后和恢复期复查病例,能够

配合进行 DTI 扫描,其中男 6 例,女 4 例,年龄 50~83 岁,平均(64.4±8.3)岁。选择 10 例健康志愿者为健康对照组,男 7 例,女 3 例,年龄 51~72 岁,平均(61.7±7.8)岁,经常规扫描证实无颅内病变,无神经、精神病史,体检无明显神经系统症状和体征,行 DTI 时均知情同意。

### 1.2 方法

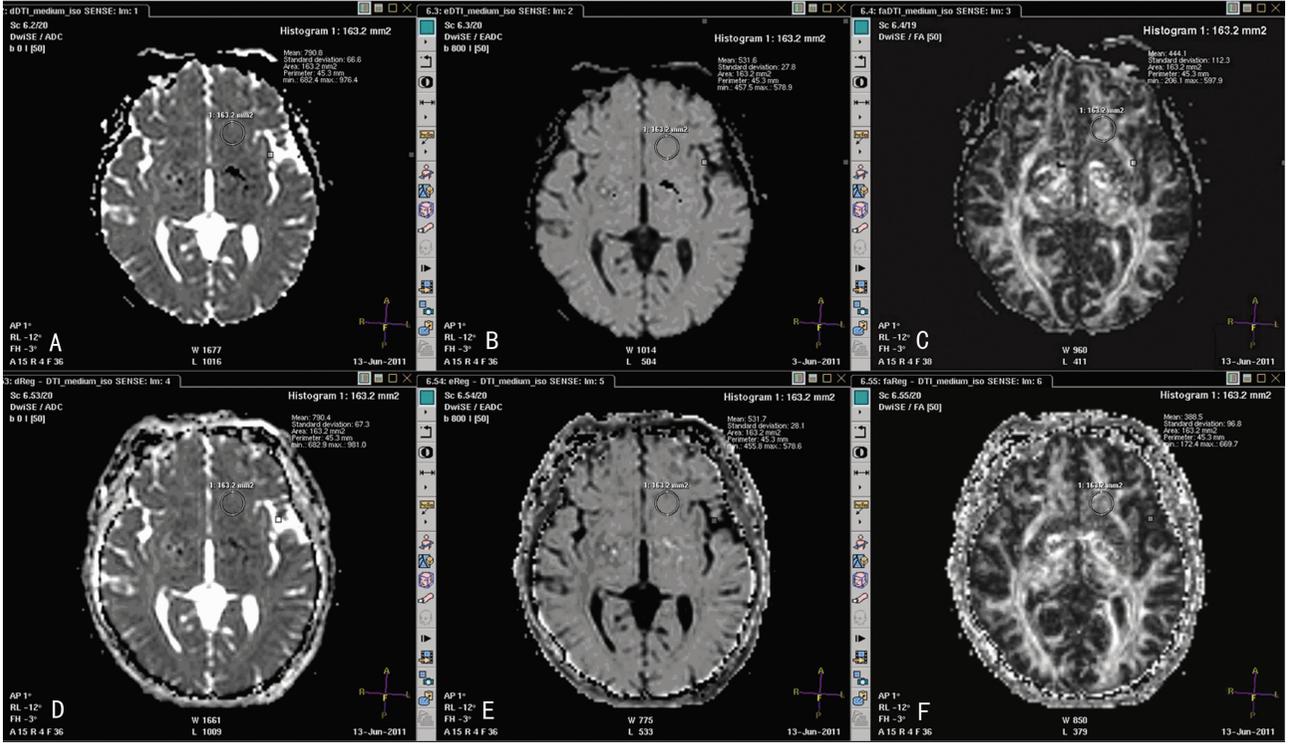
**1.2.1 检查方法** 采用 3.0T MR 扫描仪(Achieva 3.0T TX, Philips),八通道头部 SENSE 线圈,行常规 T2 加权、FLAIR 和 3D-T1、DTI 扫描;3D-T1 采用快速场回波脉冲序列(FFE)扫描,扫描参数:TR 7.0 ms, TE 3.4 ms,翻转角 8°,视野 250 mm,矩阵 240×240,层厚 2.2 mm,层间距 1.1 mm,激励次数 1;DTI:采用单次激发平面回波成像,扫描参数为 TR 6 000 ms, TE 66 ms,翻转角 90°,视野 250 mm,矩阵 128×128,层厚 5 mm,层间距 0,施加 15 个方向弥散梯度,弥散加权

系数(b 值)为 0,1 000 s/mm<sup>2</sup>。

1.2.2 图像后处理 应用 DTI 原始数据直接处理获得 ADC 值、eADC 值和 FA 值,施加弥散登记处理后再进行 ADC 值、eADC 值和 FA 值测量,同时对两种不同处理方式进行纤维示踪成像;分别比较每例研究组相同兴趣区的 ADC 值、eADC 值和 FA 值在施加弥散登记前后变化,同时比较施加弥散登记前

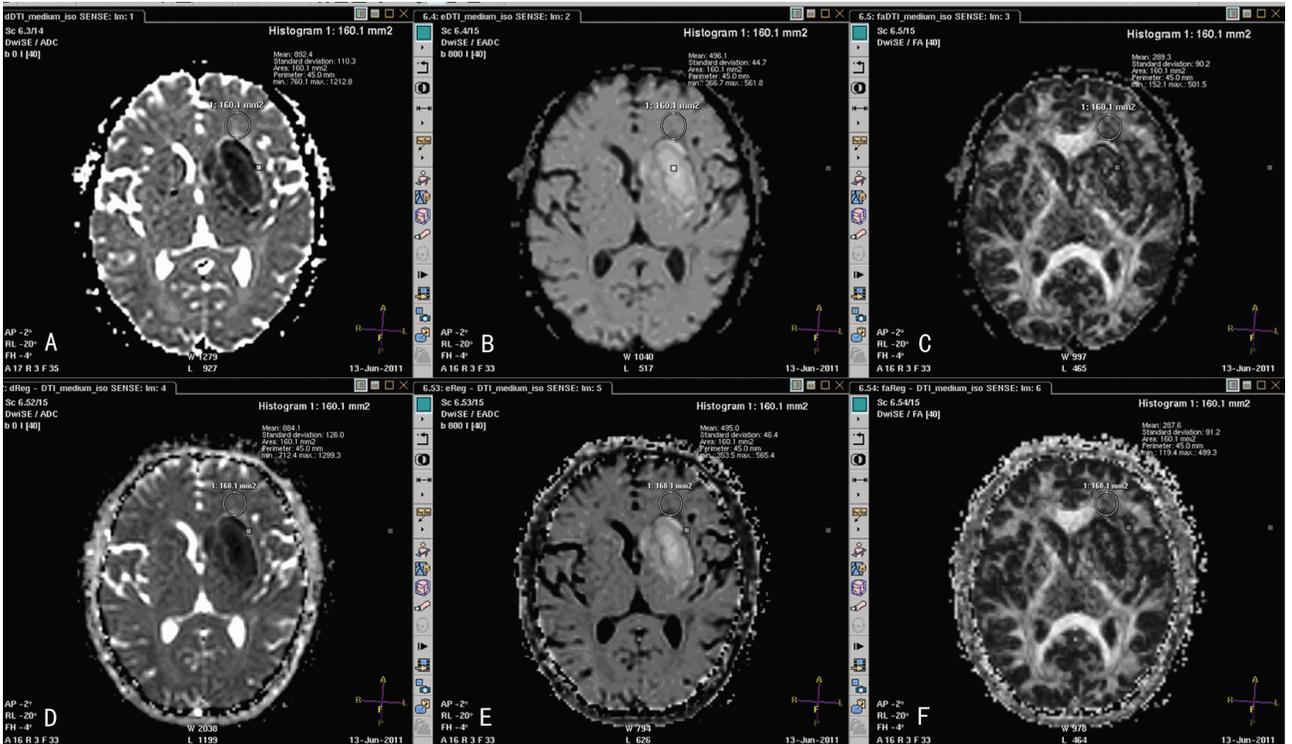
后纤维示踪图像上相同兴趣区测量所得纤维束长度差异;再综合比较两组施加弥散登记与否对上述数据测量的影响。

1.3 统计学处理 采用 SPSS12.0 统计软件进行统计分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,进行两独立样本 t 检验;P<0.05 为差异有统计学意义。



A~C:登记前的 ADC 图、eADC 图和 FA 图;D~F:登记处理后的 ADC 图、eADC 图和 FA 图。

图 1 健康对照组弥散登记处理前后的 ADC 图、eADC 图和 FA 图



A~C:登记前的 ADC 图、eADC 图和 FA 图;D~F:登记处理后的 ADC 图、eADC 图和 FA 图。

图 2 研究组弥散登记处理前后的 ADC 图、eADC 图和 FA 图

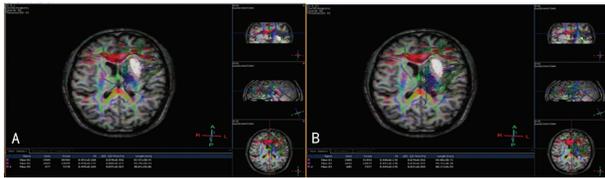
表 1 两组经过弥散登记处理前后的测量参数( $\bar{x} \pm s$ )

| 时间  | 健康对照组( $n=10$ ) |              |              | 研究组( $n=10$ )   |               |               |
|-----|-----------------|--------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
|     | ADC 值           | eADC 值       | FA 值         | ADC 值           | eADC 值        | FA 值          |
| 登记前 | 807.98±75.36    | 526.88±29.19 | 435.00±83.33 | 1 002.95±376.88 | 473.14±113.61 | 313.00±133.03 |
| 登记后 | 808.03±71.30    | 526.07±27.99 | 416.17±97.32 | 1 021.97±368.51 | 461.70±104.73 | 270.19±131.87 |
| P   | 0.695 3         | 0.632 1      | 0.032 1      | 0.203 9         | 0.075 4       | 0.011 4       |

ADC 值单位为  $10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$ , eADC 值、FA 值无单位。

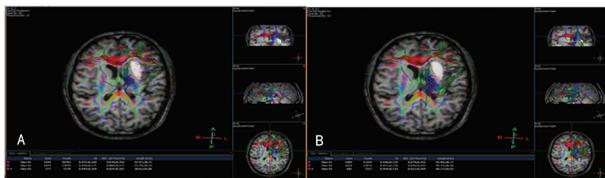
## 2 结 果

健康对照组施加弥散登记处理前后获得 ADC 值、eADC 值差异无统计学意义( $P=0.695 3, P=0.632 1$ ), FA 值差异有统计学意义( $P=0.032 1$ ); 研究组施加弥散登记处理前后获得 ADC 值、eADC 值差异无明显统计学意义( $P=0.203 9, P=0.075 4$ ), FA 值差异有统计学意义( $P=0.011 4$ ) (表 1, 图 1、2); 经过弥散登记后, 两组可视纤维束长度均变长(图 3、4)。



A: 登记处理前纤维束示踪图; B: 登记处理后纤维束示踪图。

图 3 健康对照组弥散登记处理前后纤维束示踪图



A: 登记处理前纤维束示踪图; B: 登记处理后纤维束示踪图。

图 4 研究组弥散登记处理前后纤维束示踪图

## 3 讨 论

随着经济社会的不断发展和生活水平的不断提高, 因“三高”等各种原因造成的脑出血呈增多趋势, 高龄患者甚至一些年轻的高血压患者会因脑出血而造成瘫痪甚至失去生命。对脑出血产生的神经纤维受损情况进行准确的定性和定量分析, 对临床进行脑出血的术前指导和术后评估具有重要意义<sup>[3]</sup>。急诊 CT 检查长期以来作为脑出血的金标准, 可以快速及时地对脑出血的位置、出血量等进行判断, 可直接反映患者病情轻重。但作为单一的密度图像, 无法判断出血处及其周围神经纤维的受损情况, 对是否损伤功能区更缺乏判断依据; 对临床手术方式的指导以及术后恢复的判断价值有限<sup>[4]</sup>。

类似相位对比法血管成像, 在激励脉冲和重聚脉冲之间添加完全对称的双极梯度, 即弥散敏感场梯度(又称运动探查梯度), 在重聚脉冲和对称梯度的作用下, 静止水分子表现为高信号, 而运动水分子由于相位离散变为低信号。就是说, 在组织中弥散受限的水分子, 为依据其受限程度表现为不同程度的高信号<sup>[5]</sup>。3 个方向施加弥散梯度 2 个 b 值即可准确计算出 ADC 值, 描述水分子的微观运动; 而 DTI 则需要至少 6 个方向的弥散梯度来获得体内水分子的弥散数据, 也就是部分各向异性 FA 值。通常用椭圆球来模拟这种各向异性的运动, 3 个方向的直径分别对应其弥散本征值  $\lambda$ <sup>[6]</sup>。对于弥散加权的影响因素如磁场均匀性、梯度切换、温度、被检组织运动和呼吸、心跳、毛细血管灌注、组织结构等, 这些因素不是所有都可控, 如呼吸、心跳和被检组织运动等<sup>[7]</sup>。而弥散登记通过对连续动

态系列的图像进行比较, 图像将会重新对齐以校正运动, 可用于在动态扫描过程中校正患者移动。这样, 弥散登记可提高施加弥散加权梯度图像的图像质量, 本文通过对比施加弥散登记前后结果(表 1)也证明了弥散登记可提高参数测量的准确性; 在 DTI 中最重要的是 b 值可以自由选择, 主要反映梯度强度、持续时间、间隔时间等<sup>[8]</sup>, 其大小与信号强度衰减成正比, 一般认为 b 值越高, 水分子测量越准确, 但扫描时间越长。本研究选取头部成像通常采用的是  $1 000 \text{ s}/\text{mm}^2$ , 既兼顾扫描时间, 也保证水分子弥散数据测量的准确<sup>[9]</sup>。

在本研究中采用 Philips 3.0T 磁共振成像仪, 其关于兴趣区(ROI)的选取在主机和工作站略有不同, 为了保证处理前后图像兴趣区大小和位置一致, 在主机可以通过分屏对比, 然后将 ROI 复制到粘贴板然后再从粘贴板到处理后生成的图像, 这样可保证 ROI 大小位置完全一致<sup>[10]</sup>。在工作站相对简单, 将处理前后图像全部放到病例回看窗口可直接复制以保证 ROI 大小位置完全一致; 而保证 ROI 大小位置完全一致是进行数据分析统计的基本前提<sup>[11]</sup>。ADC 值只需 3 个方向梯度就可计算, 这期间时间间隔相对较短, 在弥散登记处理前后测量虽有变化但差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 但是从表 1 中 ADC 值的前后对比也可看出, 数据明显更准确方向接近, 正常脑组织 ADC 值在  $0.7 \sim 0.9$ , 而处理后测量结果也有往此靠近的趋势<sup>[12]</sup>; 而 FA 值测量至少需要 6 个方向, 本文选取 15 个方向, b 值为  $1 000 \text{ s}/\text{mm}^2$ , 时间相对较长, 此期间由于各种原因导致 FA 值差异有统计学意义( $P<0.05$ )。由于纤维束示踪只能一次性处理, 不能保证两次选取 ROI 完全一致, 因此不可避免会有误差, 从图 3、4 可以看出虽然选取 3 个兴趣区均有可视纤维束长度的增加, 但是不能保证其结果完全客观, 所以没有进行统计分析。在进行病例选取时, 健康对照组为一般体检且病史无特殊的健康者, 告之会进行 DTI 扫描并取得同意后; 而研究组为出血后和恢复期复查病例, 以能配合进行 DTI 扫描为患者选取标准。

综上所述, 弥散登记可提高施加弥散加权梯度图像的图像质量。经过弥散登记处理后的 DTI 可获得较高质量的 ADC 图、eADC 图、FA 图, 并获得较为可靠的 ADC 值、eADC 值和 FA 值, 且可见纤维束长度变长, 在 DTI 成像中有较大应用价值。

## 参 考 文 献:

- [1] Wozniak JR, Lim KO. Advances in white matter imaging: a review of in vivo magnetic resonance methodologies and their applicability to the study of development and aging [J]. Neurosci Biobehav Rev, 2006, 30(6):762-774.
- [2] 郭睿, 邓奎国, 刘铁军. 磁共振 DTI 成像在中枢神经系统的应用研究进展[J]. 医学影像学杂志, 2009, 19(6):762-765.
- [3] Faro SH, Mohamed FB. BOLD fMRI A Guide to Functional Imaging for Neuroscientists[M]. (下转第 3607 页)

心理健康问题越严重。不同抚养方式的学生心理健康差异不明显,原因可能在于政府对农村留守儿童大力推行寄宿管理,政府大力投入专项经费,安排生活老师照料留守儿童的生活,减弱了不同抚养方式对留守学生内隐问题行为的影响<sup>[10]</sup>。

外显问题行为方面,黔北农村留守初中生吸烟、饮酒和赌博行为的检出率为 4.5%、8.0%、13.5%,性别差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),且随年级升高发生率升高。这与张立敏等<sup>[7]</sup>的研究结果相符。在伤害行为方面,离家出走想法的发生率为 22.2%,自杀意念的发生率为 13.1%,女生自杀意念和自杀计划的检出率高于男生。本结果与江苏的相关调查结果相似,低于四川省的调查结果<sup>[8,11]</sup>。对于成长过程中有很大脆弱性的留守儿童,传统文化的性别角色定位,黔北独特的地域酒文化,以及青春期男女心理发育的敏感程度不同,都可能影响着不同性别初中生在学社会化、成人化和压力宣泄方面的行为差异。也提示相关部门在开展相关教育工作时要注意针对不同性别特征进行,加大对男生的控烟、控酒、控赌力度。同时,伤害已成为我国青少年的首要死因,开展预防伤害和生命教育刻不容缓,并且有性别差异的生命教育和情绪管理显得尤为重要。

在性相关行为方面,男生看过色情制品、有抚摸行为的发生率均高于女生。初中生进入青春期,性心理和性生理都进一步发展。而农村地区落后的性观念,使得家长避而不谈,学校的性教育形式化和缺失,使得学生的性认识大多通过色情光碟和书刊中得来。逐步改变家长、学校的性观念,勇敢而科学的实施初中生性教育,正确传授引导其性观念及性保护知识,对留守儿童的自我保护极为重要。

在品行行为方面,各项行为男生检出率高于女生,在课堂违纪和讲脏话方面,随年级升高,检出率升高。刘霞等<sup>[12]</sup>发现留守初中生在违法违规等外显问题行为上较为突出,可能与父母外出打工造成亲子教育的基本缺失造成攻击违纪等问题行为相关。

综上所述,黔北农村留守初中生的问题行为呈现不同的性别、年级差异,提示应针对不同目标行为,开展差异性的心理健康教育。

(上接第 3604 页)

New York:Springer Science and Business Media,2010.

- [4] 汪桦,鲁晓杰,蔺玉昌,等. DTI 融合神经导航技术在 17 例脑肿瘤术前计划中的应用[J]. 重庆医学,2011,40(1):46-48.
- [5] Lehbeck JT,Brassen S,Weber-Fahr W, et al. Combining voxel-based morphometry and diffusion tensor imaging to detect age-related brain changes[J]. Neuroreport,2006,17(5):467-470.
- [6] Salat DH,Tuch DS,Greve DN, et al. Age-related alterations in white matter microstructure measured by diffusion tensor imaging[J]. Neurobiol Aging,2005,26(8):1215-1227.
- [7] Bürgel U,Mdler B,Honey CR, et al. Fiber tracking with distinct software tools results in a clear diversity in anatomical fiber tract portrayal[J]. Cent Eur Neurosurg,2009,70(1):27-35.
- [8] Yen PS,Teo BT,Chiu CH, et al. White matter tract involve-

#### 参考文献:

- [1] 全国妇联. 全国农村留守儿童状况研究报告(节选)[J]. 中国妇运,2008(6):34-37.
- [2] Macdonald VM,Achenbach TM. Attention problems versus conduct problems as six-year predictors of problem scores in a national sample[J]. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry,1996,35(9):1237-1246.
- [3] 林细华,沈敏,王琳,等. 中国农村留守儿童心理健康状况的 Meta 分析[J]. 华中科技大学学报:医学版,2010,39(2):228-231.
- [4] 范兴华,方晓义. 不同监护类型留守儿童与一般儿童问题行为比较[J]. 中国临床心理学杂志,2010,18(2):232-234,237.
- [5] 皮华英. 破解城乡二元教育体系难题与预防农村青少年犯罪[J]. 湖南农业大学学报:社会科学版,2008,9(2):44-48.
- [6] 王极盛,李焰,赫尔实. 中国中学生心理健康量表的编制及其标准化[J]. 社会心理科学,1997(4):15-20.
- [7] 张立敏,李玉堂,赵瑞兰,等. 北京市顺义区中学生健康危险行为[J]. 中国公共卫生,2011,27(10):1081-1083.
- [8] 许滋宁,朱湘竹,龚士斌. 江苏启东市青少年伤害危险行为现状分析[J]. 中国学校卫生,2008,12(12):1089-1091.
- [9] 姚应水,康耀文,金岳龙,等. 安徽省留守青少年心理健康状况现状调查[J]. 中华流行病学杂志,2010,31(12):1359-1362.
- [10] 邹联克,罗忠勇,任世晟. 贵州省寄宿制初级中学管理现状与对策研究[J]. 贵州教育,2011(11):4-11.
- [11] 孙莉,朱鸿斌,张成云,等. 四川省城市青少年健康危险行为现状分析[J]. 中国学校卫生,2006,27(12):1069-1072.
- [12] 刘霞,范兴华,申继亮. 初中留守儿童社会支持与问题行为的关系[J]. 心理发展与教育,2007,23(3):98-102.

(收稿日期:2014-03-18 修回日期:2014-06-22)

ment in brain tumors;a diffusion tensor imaging analysis[J]. Surg Neurol,2009,72(5):464-469.

- [9] Hua J,Stevens RD,Huang AJ, et al. Physiological origin for the BOLD poststimulus undershoot in human brain: vascular compliance versus Oxygen metabolism[J]. J Cerebr Blood F Met,2011,31(7):1599-1611.
- [10] Hattingen E,Rathert J,Jurcoane B, et al. A standardised evaluation of pre surgical imaging of the corticospinal tract: where to place the seed ROI[J]. Neurosurg Rev,2009,32(3):445-456.
- [11] 黄德乔,胡涛,陈志光,等. 急性期脑卒中患者和健康成人食指被动运动 BOLD-fMRI[J]. 放射学实践,2010,25(3):271-275.
- [12] 黄强,李海涛,谢延风,等. 1H-MRS 与 DTI 在胶质瘤分级中的临床价值[J]. 重庆医学,2013,42(21):2456-2457,2460.

(收稿日期:2014-03-21 修回日期:2014-06-30)