

缓解期双相情感障碍 I 型患者白质纤维结构异常的扩散张量成像研究

林泰锋, 杜碧茵, 陈锦佳, 吴海珊, 肖叶玉, 陈俊浩

【摘要】 目的:探讨缓解期双相情感障碍(BD) I 型患者脑白质神经纤维束的改变,及患者认知功能与脑白质病变的关系。**方法:**采用汉密尔顿抑郁量表(HAMD),杨氏躁狂量表(YMRS)和重复性成套神经心理状态量表(RBANS)对患者进行入组的筛查与认知评估。应用 3.0T 磁共振仪对 76 例缓解期 BD-I 型患者以及 66 例年龄、性别相匹配的健康志愿者(对照组)行 DTI 扫描,使用 PANDA 软件包提取全脑白质纤维束的各向异性分数(FA)和平均扩散率(MD),采用独立样本 *t* 检验进行组间差异比较,及 Pearson 相关分析探讨 BD 组中各纤维束的 FA 与临床可重复神经心理状态测验(RBANS)评分间的相关性。**结果:**相较于对照组,BD-I 型组的左、右侧钩束、右侧上纵束、右侧下额枕束及左侧毯束的 FA 值降低,MD 值升高,差异均具有统计学意义($P < 0.01$)。BD-I 型组的左、右侧钩束、右侧上纵束和右侧下额枕束的 FA 值与 RBANS 量表评估的总分及即刻记忆、延迟记忆、视觉广度和注意力四项因子的评分均具有正相关关系($r = 0.32 \sim 0.44, P$ 均 < 0.05)。**结论:**缓解期双相障碍 BD I 型患者多个脑白质神经纤维束微观结构受损,且与认知功能改变相关。

【关键词】 双相情感障碍; 扩散张量成像; 脑白质; 神经纤维束

【中图分类号】 R445.2; R749.4 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2024)04-0455-06

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.04.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A diffusion tensor imaging study for white matter microstructural abnormalities in patients with type-I bipolar disorder in euthymic period LIN Tai-feng, DU Bi-yin, CHEN Jin-jia, et al. Department of Radiology, the Affiliated Brain Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510370, China

【Abstract】 Objective: The aim of this study was to investigate the changes of white matter fiber bundles in patients with bipolar disorder type I (BD-I) in euthymic period, and the relationship between cognitive impairment and white matter lesions. **Methods:** Hamilton depression scale (HAMD), Young mania rating scale (YMRS) and repeatable battery scale for the assessment of neuropsychological status (RBANS) were used for screening and cognitive assessment. 76 patients with BD-I in euthymic period and 66 matched healthy subjects (HS group) were recruited and underwent diffusion tensor imaging at a 3.0T magnetic resonance scanner. The DTI data were post-processed by the PANDA software package to extract the diffusion parameters of fiber bundles in white matter of the whole brain, including fractional anisotropy (FA) and mean diffusivity (MD). Independent-sample *t*-test was used to analyze the inter-group difference of fractional anisotropy (FA) and mean diffusivity (MD), while Pearson correlation analysis was performed to analyze the correlation between FA of each white matter fiber and RBANS scores. **Results:** Compared with HS group, significant decrease of FA values and increase of MD values in bilateral uncinate fasciculus (UF), right superior longitudinal fasciculus (SLF), right inferior fronto-occipital fasciculus (IFOF) and left tapetum (TAP) in BD-I group were observed, and the differences were statistically significant (all $P < 0.01$). FA values of the bilateral UFs, right SLF, right IFOF and left TAP were positively correlated with part of the RBANS results ($r = 0.32 \sim 0.44$, all $P < 0.05$), including total score and scores of four index (immediate memory, de-

作者单位: 510370 广东广州, 广州医科大学附属脑科医院放射科(林泰锋、杜碧茵、陈锦佳、吴海珊、陈俊浩); 510800 广东广州, 广州市中西医结合医院医学影像科(肖叶玉)

作者简介: 林泰锋(1985-), 男, 广东广州人, 硕士研究生, 主治医师, 主要从事神经系统影像诊断工作。

通讯作者: 陈俊浩; E-mail: 370009039@qq.com

基金项目: 广东省中医药局科研项目(20222180); 广州市卫生健康科技项目(20201A010030)

layed memory visuospatial-construction, and attention). **Conclusion:** The patients with BD type I in euthymic period have cognitive impairment in a certain extent, which may be related to white matter lesions.

【Key words】 Bipolar disorder; Diffusion tensor imaging; Brain white matter; Nerve fiber bundle

双相情感障碍(bipolar disorder, BD)是一种严重的精神障碍,其特征是显著的情绪波动和情绪调节缺陷,多伴有认知功能损害,且具有高发病、高自杀率、高致残和疾病负担重等特征^[1],影响全世界 1%~3%的人口^[2]。神经影像学研究提示 BD 患者局部脑体积及功能连接与健康人群存在差异^[3]。而联络各脑区的白质纤维结构异常可能是与 BD 风险增加相关的内表型。磁共振 DTI 是目前公认的能有效观察和追踪活体脑白质纤维束微观结构的非侵入性成像技术,通过检测水分子在脑组织中的扩散,能够有效的表征活体内脑白质纤维束的走行与微观结构的完整性^[4-6]。本研究选取缓解期 BD-I 型患者作为研究对象,因为此型患者具有躁狂和抑郁发作的典型双相障碍的表现^[7]。利用 DTI 技术分析缓解期 BD-I 型患者脑白质微观变化与认知功能的关系,旨在为早期诊断、指导临床治疗和预后评估提供参考依据。

材料与方法

1. 研究对象

将 2015 年 6 月—2017 年 12 月在本院就诊并明确诊断为 BD-I 型的患者纳入本研究。入组标准:①依据美国精神障碍诊断和统计手册第 4 版(the diagnostic and statistical manual of mental disorders, fourth edition, DSM-IV)诊断为 BD-I 型^[8];②患者病程处于缓解期。缓解期诊断标准为汉密尔顿抑郁量表(Hamilton rating scale for depression, HAMD)评分 < 7 分,杨氏躁狂量表(Young mania rating scale, YMRS)评分 < 6 分,且躁狂或者抑郁症状消失 ≥ 3 个月。

健康对照(healthy control, HC)组来自同期通过广告方式向社区招募的社会人士。入组标准:①无任何既往或现患符合 DSM-IV 标准的精神疾病病史;②两代三系无精神疾病家族史;③年龄、受教育程度与患者组匹配。

两组的一般排除标准:①有神经系统合并症(如癫痫、头部外伤,神经发育障碍);②有脑外伤所致昏迷史;③目前有失代偿性疾病;④有 MR 扫描禁忌证;⑤有物质滥用或者依赖史。

所有受试者和/或他们的监护人在参与本项目之前签署了知情同意书。本研究方案获得医院伦理委员

会批准,并按照《赫尔辛基宣言》的修正原则进行。

2. 临床评估

由两位经过一致性检验的精神科医师对所有 BD-I 型患者在 MRI 检查前进行 HAMD 及 YMRS 量表评估,同时采用重复性成套神经心理状态量表(repeatable battery for the assessment of neuropsychological status, RBANS)对 BD-I 型患者进行认知功能评估。RBANS 量表由 12 项分测试组成,主要评估 5 个方面的神经心理功能状况:即刻记忆,共 64 分(故事复述 24 分+词汇学习 40 分);延迟记忆,共 62 分(图形回忆 20 分+故事回忆 12 分+词汇再认 20 分+词汇回忆 10 分);视觉广度,共 40 分(线条定位 20 分+图像临摹 20 分);言语能力,共 50 分(语言流畅 40 分+图画命名 10 分);注意力,共 105 分(编码测验 89 分+数字广度 16 分)。分值越高代表该项认知功能水平越高。

3. MRI 数据采集

所有被试 MRI 数据采集均在 Philips Achieva X 3.0T MR 系统上进行,并在临床评估当天完成。使用泡沫垫和耳机固定以减少头部运动和降低扫描仪噪音。①先行横轴面 T₂WI 扫描,以排除颅内异常病变者。②3D-T₁WI 扫描采用 GRE 序列,扫描参数:TR 8.2 ms, TE 3.8 ms,视野 256 mm×256 mm,矩阵 256×256,矢状层数 188,层厚 1 mm,体素的大小 1 mm×1 mm×1 mm。③随后行 DTI 扫描,以前、后联合的连线为扫描基线,采用单次激发 EPI 序列,扫描参数:TR 6000 ms, TE 70 ms,矩阵 128×128,视野 256 mm×256 mm,层厚 3.0 mm,层间距 0 mm,50 层,扩散敏感梯度方向 32 个, b=1000 s/mm²。总扫描时间 7 min 48 s。

图像预处理及定量参数的测量:使用 PANDA 软件(<https://www.nitrc.org/project/panda>)进行图像分析和定量指标的测量^[9]。具体步骤:①将各序列扫描获得的 DICOM 格式的图像转换为 NIFTI 文件;②对图像进行涡流校正,包括扩散图像的变形以及扫描过程的轻微头动,可通过将扩散图像配准到 B0 图像的过程中的放射变换来进行校正;③剥离头皮、颅骨等非脑组织,降低运算量;④扩散张量指标的计算,包括各向异性分数(fractional anisotropy, FA)及平均扩散率(mean diffusivity, MD),并生成 FA 图和 MD 图;⑤

将个体原始空间 FA 图非线性配准至标准空间 FA 模板,并对扩散图像进行重采样;⑥采用白质模板(the ICBM-DTI-81 WM labels atlas)对全脑白质进行分割,生成 50 个 ROI,计算每个 ROI 内扩散指标的平均值作为白质纤维束的扩散值。

4. 统计分析

使用 SPSS 22.0 软件对临床资料(一般人口学资料及临床量表评分)进行统计分析。计数资料采用卡方检验;对计量资料首先进行正态性检验,符合正态分布者组间比较采用独立样本 t 检验,对不符合正态分布者组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。对组间差异有统计学意义的白质纤维束的 FA 值,将其与 RBANS 量表评分进行 Pearson 相关性分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 人口学资料的比较

所有被试者经评估为右利手。两组被试人口学资料的比较结果见表 1。BD-I 组与 HC 组之间年龄、性别和受教育程度的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

表 1 两组被试人口学资料的比较

指标	BD-I 组 (76 例)	HC 组 (66 例)	统计量	P 值
年龄/岁	24.0±5.7	24.2±7.1	-0.17 ^a	0.87
性别比(男/女)	28/48	29/37	0.74 ^b	0.39
受教育年限	12.7±3.2	12.2±2.8	1.05 ^a	0.30

注:^a为 t 值;^b为 χ^2 值。

2. 扩散指标值的比较

对全脑白质进行自动分割并生成 50 个 ROI,对 BD-I 组和 HC 组的各 ROI 的扩散指标值进行双样本配对 t 检验,组间差异有统计学意义的结果详见表 2~3。双侧钩束、右侧上纵束、右侧下额枕束及左侧毯束共 5 条神经纤维束的 FA 值和 MD 值在 2 组间的差异有统计学意义($P < 0.05$);其余 45 根神经纤维束的 FA 值和 MD 值在 2 组间的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。BD-I 组双侧钩束、右侧上纵束、右侧下额枕束及左侧毯束的 FA 值均低于健康对照组,MD 值均高于 HC 组。

在 BD-I 组患者的 FA 图上自动标记出 FA 值异常的神经纤维束的位置(图 1)。

表 2 BD-I 组与 HC 组神经纤维束 FA 值的比较结果

部位	BD-I 组	对照组	t 值	P 值
左侧钩束	0.31±0.03	0.34±0.038	-5.09	<0.01
右侧钩束	0.29±0.03	0.32±0.03	-5.39	<0.01
右侧上纵束	0.45±0.04	0.47±0.04	-3.72	<0.01
右侧下额枕束	0.33±0.03	0.37±0.04	-5.62	<0.01
左侧毯束	0.30±0.04	0.33±0.03	-4.49	<0.01

表 3 BD-I 组与 HC 组神经纤维束 MD 值的比较结果 / $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$

部位	BD-I 组	对照组	t 值	P 值
左侧钩束	0.83±0.02	0.79±0.03	6.46	<0.01
右侧钩束	0.83±0.03	0.79±0.02	6.60	<0.01
右侧上纵束	0.77±0.03	0.74±0.02	6.45	<0.01
右侧下额枕束	0.77±0.02	0.75±0.02	4.19	<0.01
左侧毯束	0.13±0.01	0.12±0.01	2.86	0.01

3. 相关性分析

将组间差异有统计学意义的各条白质纤维束的

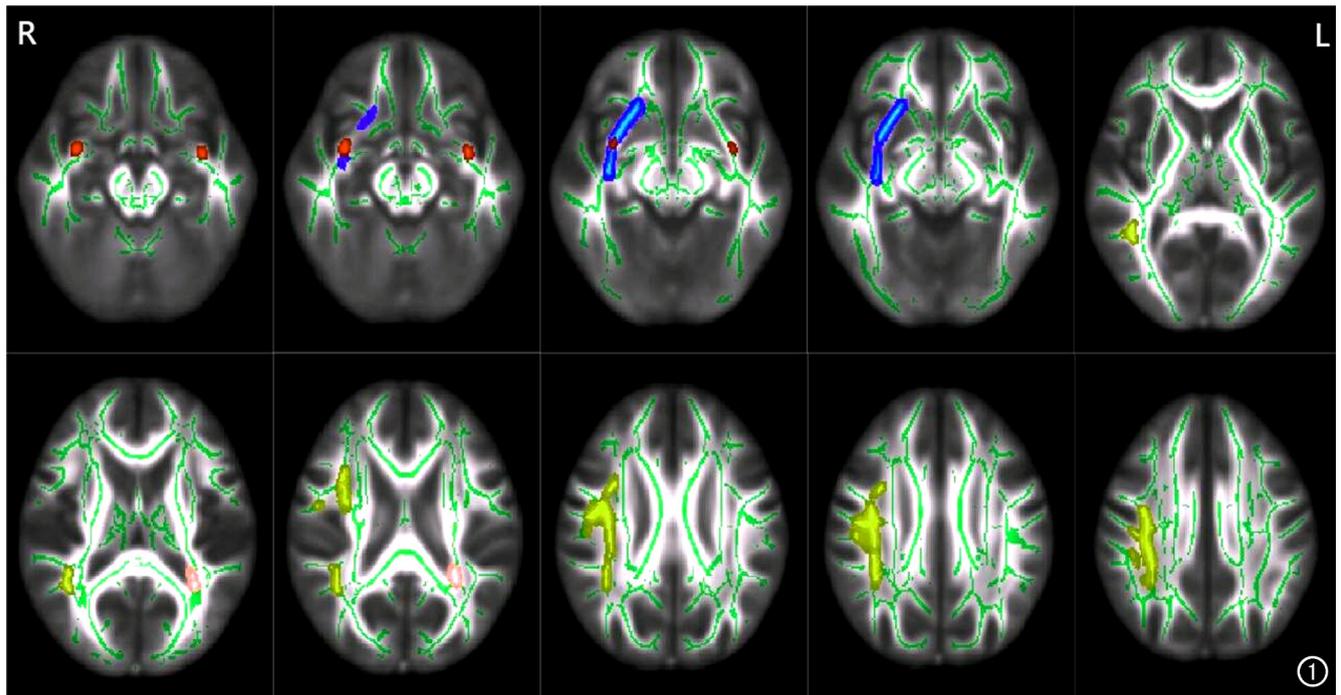


图 1 BD-I 患者不同层面 FA 伪彩图,显示与 HC 组之间 FA 值差异有统计学意义的 5 根神经纤维束的位置。注:红色代表钩束,蓝色代表下额枕束,黄色代表上纵束,粉色代表毯束。

FA 值与 RBANS 总分及各子维度评分结果进行相关性分析,有统计学意义结果详见表 4。左侧钩束的 FA 值与 RBANS 量表的总分及即刻记忆、延迟记忆、视觉广度和注意力的评分呈正相关($P < 0.05$),与言语能力无显著相关性($P > 0.05$);右侧钩束的 FA 值与 RBANS 量表的总分及即刻记忆、延迟记忆、视觉广度和注意力的评分呈正相关($P < 0.05$),与言语能力无显著相关性($P > 0.05$);右侧上纵束的 FA 值与 RBANS 量表中延迟记忆的评分呈正相关;右侧下额枕束的 FA 值与 RBANS 量表中即刻记忆和延迟记忆的评分均呈正相关($P < 0.05$);毯束的 FA 值与 RBANS 量表的总分及其 5 个子维度的评分均无显著相关性($P > 0.05$)。

表 4 各神经纤维束的 FA 值与 RBANS 量表评分的相关性分析结果

相关性分析的变量		r 值	P 值
各神经纤维束的 FA 值	RBANS 量表评分		
左侧钩束	总分	0.39	0.01
左侧钩束	即刻记忆	0.34	0.02
左侧钩束	延迟记忆	0.44	0.01
左侧钩束	视觉广度	0.39	0.01
左侧钩束	注意	0.34	0.02
右侧钩束	总分	0.35	0.02
右侧钩束	即刻记忆	0.32	0.03
右侧钩束	延迟记忆	0.42	0.01
右侧钩束	视觉广度	0.33	0.03
右侧钩束	注意	0.31	0.04
右侧上纵束	延迟记忆	0.40	0.01
右侧下额枕束	即刻记忆	0.37	0.02
右侧下额枕束	延迟记忆	0.35	0.03

讨 论

本研究选取 2 项 DTI 参数(FA 及 MD)进行分析,旨在能较全面地分析缓解期 BD-I 型患者脑白质完整性的变化。FA 值是 DTI 研究中最常用的参数,FA 图观察大脑白质纤维的结构最清楚。FA 值反映了水分子在脑组织中各向扩散的能力,取值范围为 0~1;0 代表扩散不受限制,如脑脊液的 FA 值接近于 0;对于非常规则的具有方向性的组织,其 FA 值大于 0,如大脑白质纤维的 FA 值接近于 1。FA 值降低可能代表轴突细胞膜和白质纤维髓鞘的完整性受到破坏以及轴突运输速度的下降。MD 值常用作 FA 值的补充指标,MD 只反映扩散能力的大小,而与扩散的方向无关。MD 值的增加表示扩散阻力增大,信号传递速度减慢,有助于解释潜在的白质微结构完整性的改变。

BD 的特征是显著的情绪波动和情绪调节缺陷。钩状束(uncinate fasciculus,UF)是连接腹侧前额叶皮层和杏仁核的主要纤维束,在情绪调节回路中起着关键作用^[10-11]。本研究发现缓解期 BD-I 型患者相较于 HC 组,双侧钩束的 FA 值降低,MD 值升高,差异均有显著统计学意义($P < 0.05$)。双侧钩束的 FA 值降低,

MD 值升高,提示纤维束髓鞘的脱失及连接的失常,可能引起额叶所负责的情绪管理、决策调控及执行等方面的能力降低,造成 BD-I 型患者情绪和情感调控功能的异常。通过将各神经纤维束的 FA 值与 RBANS 认知量表的评分进行相关性分析,发现左、右侧钩束的 FA 值与即刻记忆、延迟记忆、视觉广度、注意四项子维度的评分及量表总分均呈正相关($P < 0.05$)。这也进一步证明了,前额叶和皮层下区域形成的情绪调节网络可能存在中断。另外一项通过 fMRI 的研究也显示,双相障碍患者前额叶皮质与边缘系统之间的有效功能连接降低^[12]。Sun 等^[13]的研究发现眶额区钩束的腹外侧支体积出现异常,有增大的趋势。另有研究团队发现,在 BD 患者后代中,也存在钩束的异常^[14]。以上研究均表明钩束的异常可能是情绪调节障碍的内表型。

上纵束(superior longitudinal fasciculus,SLF)位于放射冠背外侧区,是较大的白质纤维束,它连接并允许额叶、顶叶、枕叶和颞叶之间的通信;而且它连接额叶与顶颞叶,是建立记忆、语言、注意力和情感的基本级联所需的多模态神经网络所必需的^[15]。本研究中发现缓解期 BD-I 型患者相较于 HC 组,上纵束颞支的 FA 值降低,MD 值升高,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$);其 FA 值与 RBANS 量表中延迟记忆的评分呈正相关($P < 0.05$)。在本研究中发现,SLF 中较低的 FA 值是局灶性的,而不是整个区域都存在异常,位于上纵束的颞支,其作用是将前额叶皮层连接至与记忆和认知控制相关的颞叶边缘部分^[16]。而上纵束的额支、顶支及枕支的 FA 值却并未发现与对照组间存在显著差异。本研究中 RBANS 量表子维度之一的延迟记忆的评分与 FA 值的相关性也印证了这一点,表明 BD-I 型患者位于颞支的记忆网络出现了异常改变。但是,Mamah 等^[17]的研究中发现,与 HC 组相比,BD 组的双侧 SLF 后部的 FA 值升高。造成不同研究中结果不一致的原因,笔者认为可能与不同研究中所纳入患者的年龄、性别、医疗状况和疾病状态存在差异,以及对纤维束的成像方法等也可能不一致等。

下额枕束(inferior fronto-occipital fasciculus,IF-OF)是连接额叶与枕叶的联合纤维。在额叶,它部分包含钩束额支的投射纤维,在枕叶其又与下纵束(ILF)的部分纤维合并。IFOF 的定位是调解腹侧视觉流、辅助对象和面部识别以及与情绪相关的皮质区域(即眶额皮质)之间的远程相互作用。它可以促进情感反应和早期视觉信息的结合,从而允许从面部表情中识别情绪^[18]。本研究中发现缓解期 BD-I 型患者相较于 HC 组,右侧下额枕束的 FA 值降低,MD 值升高;且其 FA 值与 RBANS 量表中即刻记忆和延迟记

忆 2 项子维度的评分呈正相关($P < 0.05$)。IFOF 和 ILF 被认为对面部情绪的处理至关重要^[19]。正确识别面部情绪的能力的困难被认为是潜在的 BD 的内表型^[20]。

毯束(tapetum, TAP)是连接左右侧大脑半球的连合纤维,与胼胝体部分重合,位于颞侧。对于毯束的功能,尚不清楚。目前对它的认识主要是解剖结构上的区分。本研究发现缓解期 BD- I 型患者相较于 HC 组,左侧毯束 FA 值降低,MD 值升高;且毯束的 FA 值与 RBANS 量表总分及各子维度评分均无显著相关性($P > 0.05$)。本研究结果说明毯束的异常也可能是引起双相障碍的生物学指标,但是毯束所连接的功能网络以及其损害如何导致双相障碍的发生仍然需要进一步研究。

对双相障碍患者的 DTI 研究,国内的相关文献报道很少,且目前的文献中报道的 BD 患者中发生异常改变的神经纤维束也不尽相同。笔者认为可能由于各研究中使用的成像仪器不同、各区域环境的差异导致疾病的程度不同以及样本的选取标准及样本量的不同等所导致。到目前为止,对于 BD 患者有无特定的神经纤维束损伤仍未达成共识。本研究首先对 BD 的亚型进行了区分,选取了能代表 BD 典型发病特征的 BD- I 型患者作为研究对象,同时也为了确保样本的同一性,样本量也达到了统计学的可靠性。最终本研究中发现的异常神经纤维束,能恰当地解释导致 BD- I 型发病的作用机制。而且,这些神经纤维束的异常 FA 值与精神评分量表评分的相关性也与 BD- I 型损害的功能相印证。总之,本研究的异常纤维束与疾病的作用机制的契合性很高。

本研究也存在一定的局限性:①本研究中仅采用 DTI 的方法分析 BD- I 型患者神经纤维结构的改变,在今后的研究中应该尝试采用多模态方法,更进一步地探讨脑白质的损伤是否造成对应脑区脑功能的改变。②本研究中只选取了 BD- I 型患者作为研究对象,为了完善对双相情感障碍的研究,接下来将对 BD- II 型患者进行研究。③既往的文献报道中对毯束的研究比较少,毯束的异常能否作为识别 BD- I 型的标志物,可在今后进一步增加样本量进行验证,并且可以前沿性的探讨毯束在双相障碍中的影响机制。

综上所述,本研究采用 3.0T 高场临床磁共振仪结合 DTI 技术,探讨缓解期 BD- I 型患者白质纤维结构是否存在异常改变,结果提示缓解期 BD- I 型患者的双侧钩束、右侧上纵束、右侧下额枕束及左侧毯束的 FA 值降低,MD 值升高。钩束、上纵束及下额枕束的 FA 值一定程度能早期识别并量化缓解期 BD- I 型严重程度。

参考文献:

- [1] Smith DJ, Whitham EA, Ghaemi SN, et al. Bipolar disorder[J]. *Handb Clin Neurol*, 2012, 106: 251-263. DOI: 10.1016/B978-0-444-52002-9.00015-2.
- [2] 杨若楠,郭敏,于雪雪,等.多参数结构脑网络融合技术诊断双相障碍[J].*中国医学影像技术*, 2022, 38(8): 1232-1237.
- [3] 王红霞,孟楠,任继鹏,等.磁共振扩散张量成像在新生儿缺氧缺血性脑病中的应用价值[J].*放射学实践*, 2019, 34(3): 322-327.
- [4] Jiang J, Zhao YJ, Hu XY, et al. Microstructural brain abnormalities in medication-free patients with major depressive disorder: a systematic review and meta-analysis of diffusion tensor imaging [J]. *J Psychiatry Neurosci*, 2017, 42(3): 150-163.
- [5] van Velzen LS, Kelly S, Isaev D, et al. White matter disturbances in major depressive disorder: a coordinated analysis across 20 international cohorts in the ENIGMA MDD working group[J]. *Mol Psychiatry*, 2020, 25(7): 1511-1525.
- [6] 高璐月,李元昊,李丽,等.多参数弥散磁共振成像评估胶质瘤 IDH1 基因型及肿瘤增殖活性[J].*放射学实践*, 2023, 38(1): 39-46.
- [7] Torrisi S, Moody TD, Vizueta N, et al. Differences in resting corticolimbic functional connectivity in bipolar I euthymia[J]. *Bipolar Disord*, 2013, 15(2): 156-166.
- [8] 陈美英,张斌.《精神障碍诊断与统计手册第五版》双相障碍分类和诊断标准的循证依据[J].*中华脑科疾病与康复杂志(电子版)*, 2014(4): e207-e211[2014.04.01]. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-123X.2014.04.001.
- [9] Cui Z, Zhong S, Xu P, et al. PANDA: a pipeline toolbox for analyzing brain diffusion images[J/OL]. *Front Hum Neurosci*, 2013, 7: e42[2013 Feb 21]. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00042.
- [10] d'Arbeloff TC, Kim MJ, Knodt AR, et al. Microstructural integrity of a pathway connecting the prefrontal cortex and amygdala moderates the association between cognitive reappraisal and negative emotions[J]. *Emotion*, 2018, 18(6): 912-915.
- [11] Hein TC, Mattson WI, Dotterer HL, et al. Amygdala habituation and uncinate fasciculus connectivity in adolescence: a multi-modal approach[J]. *Neuroimage*, 2018, 183: e617-e626[2018 Aug 30]. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.08.058.
- [12] Almeida JR, Versace A. Abnormal amygdala-prefrontal effective connectivity to happy faces differentiates bipolar from major depression[J]. *Biol Psychiatry*, 2009, 66(5): 451-459.
- [13] Sun ZY, Houenou J, Duclap D, et al. Shape analysis of the cingulum, uncinate and arcuate fasciculi in patients with bipolar disorder[J]. *J Psychiatry Neurosci*, 2017, 42(1): 27-36.
- [14] Li X, Lu W, Zhang R, et al. Integrity of the uncinate fasciculus is associated with the onset of bipolar disorder: a 6-year followed-up study[J/OL]. *Transl Psychiatry*, 2021, 11(1): e111[2021 Feb 5]. DOI: 10.1038/s41398-021-01222-z.
- [15] Petrides M, Pandya DN. Comparative cytoarchitectonic analysis of the human and the macaque ventrolateral prefrontal cortex and corticocortical connection patterns in the monkey[J]. *Eur J Neurosci*, 2002, 16(2): 291-310.
- [16] Mori S, Aggarwal M. In vivo magnetic resonance imaging of the human limbic white matter[J/OL]. *Front Aging Neurosci*, 2014, 6: e321[2014 Nov 27]. DOI: 10.3389/fnagi.2014.00321.
- [17] Mamah D, Ji A, Rutlin J, et al. White matter integrity in schizo-

phrenia and bipolar disorder: tract- and voxel-based analyses of diffusion data from the Connectom scanner[J/OL]. Neuroimage Clin, 2019, 21: e101649[2018 Dec 31]. DOI: 10.1016/j.nicl.2018.101649.

- [18] Barysheva M, Jahanshad N, Foland-Ross L, et al. White matter microstructural abnormalities in bipolar disorder: a whole brain diffusion tensor imaging study[J/OL]. Neuroimage Clin, 2013, 2: e558-e568[2013 Apr 5]. DOI: 10.1016/j.nicl.2013.03.016.

[19] Philippi CL, Mehta S, Grabowski T, et al. Damage to association fiber tracts impairs recognition of the facial expression of emotion[J]. J Neurosci, 2009, 29(48): 15089-15099.

[20] Brotman MA, Guyer AE, Lawson ES, et al. Facial emotion labeling deficits in children and adolescents at risk for bipolar disorder[J]. Am J Psychiatry, 2008, 165(3): 385-359.

(收稿日期: 2023-10-21 修回日期: 2024-01-14)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

遵照同行评议、价值导向、等效应用原则,国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序,《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家自然科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,致力于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过“添加朋友”,在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“放射学实践”即可找到微信公众号,点击“关注”,添加到通讯录。
3. 打开微信,点击“扫一扫”,手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



关注有惊喜!