

论 著

应用磁共振弥散张量成像评估高血压性脑出血患者预后不良风险的有效性研究*

陈贵杰* 杨安强 陈有林
刘俊才 蔡中海
宜宾市第一人民医院神经外科
(四川 宜宾 644000)

【摘要】目的 研究应用磁共振弥散张量成像(Diffusion Tensor Imaging, DTI)评估高血压性脑出血(Hypertensive Intracerebral Hemorrhage, HICH)预后不良风险的有效性。方法 研究对象选取为2018年5月-2023年12月于本院就诊的HICH患者152例。基于患者发病起3个月后的受累肢体力量恢复情况,将患者划分为预后良好组、预后不良组。比较预后良好组、预后不良组一般资料、DTI参数(FA、MD、RD、AD)、NIHSS及PG评分;分析影响HICH患者预后不良的多因素;Pearson相关系数分析DTI参数变化与NIHSS及PG评分间的相关性。通过ROC曲线分析,发现DTI参数的最佳截断值,计算截断值预测HICH患者预后的敏感性和特异性。结果 152例HICH患者中预后良好组107例、预后不良组45例。两组性别、年龄、高血压严重程度、高血压病程及合并症比较,差异无统计学意义($P>0.05$);预后不良组FA、AD值低于预后良好组,MD、RD、NIHSS及PG评分高于预后良好组($P<0.05$)。二元Logistic回归模型显示:FA、AD下降,MD、RD、NIHSS及PG评分是影响HICH患者预后不良的多因素($P<0.05$)。经Pearson相关性显示:FA、AD均与NIHSS及PG评分呈负相关,MD、RD与NIHSS及PG评分呈正相关($P<0.05$)。FA、MD、RD及AD联合评估HICH患者预后风险的AUC(95% CI)、敏感度及特异度分别为0.906(0.844-0.956)、88.62%及84.33%,显著高于FA、MD、RD及AD单一评估的预测效果($P<0.05$)。结论 应用DTI技术评估HICH患者的预后不良风险具有一定预测价值,且FA、MD、RD及AD联合评估在可显著提高其预测准确性。

【关键词】磁共振;弥散张量成像;
高血压性脑出血;预后不良

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】四川省区域创新合作项目
(2024YFHZ0067)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.010

The Effectiveness of Magnetic Resonance Diffusion Tensor Imaging in Evaluating the Risk of Poor Prognosis in Patients with Hypertensive Intracerebral Hemorrhage*

CHEN Gui-jie*, YANG An-qiang, CHEN You-lin, LIU Jun-cai, CAI Zhong-hai.

Department of Neurosurgery II, The First People's Hospital of Yibin, Yibin 644000, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To study the effectiveness of DTI in evaluating the risk of poor prognosis in patients with HICH. **Methods** The subjects of this study were 152 HICH patients who were treated in our hospital from May 2018 to December 2023. Based on the recovery of affected limb strength 3 months after the onset of the disease, the patients were divided into good prognosis group and poor prognosis group. The general data, DTI parameters(FA,MD,RD,AD), NIHSS and PG scores of the good prognosis group and the poor prognosis group were compared. The multiple factors affecting the poor prognosis of HICH patients were analyzed. Pearson correlation coefficient was used to analyze the correlation between DTI parameters and NIHSS and PG scores. Through ROC curve analysis, the optimal cut-off value of DTI parameters was determined, and the sensitivity and specificity of the cut-off value in predicting the prognosis of HICH patients were evaluated. **Results** Of the 152 HICH patients, 107 were in the good prognosis group and 45 in the poor prognosis group. There was no significant difference in gender, age, severity of hypertension, duration of hypertension and complications between the two groups ($P>0.05$). The FA and AD in the poor prognosis group were lower than those in the good prognosis group, and the MD, RD, NIHSS and PG scores were higher than those in the good prognosis group ($P<0.05$). Binary logistic regression model showed that FA and AD decreased, MD, RD, NIHSS and PG scores were multiple factors affecting the poor prognosis of HICH patients ($P<0.05$). According to Pearson correlation, FA and AD were negatively correlated with NIHSS and PG scores, and MD and RD were positively correlated with NIHSS and PG scores ($P<0.05$). The AUC (95%CI), sensitivity and specificity of FA, MD, RD and AD in evaluating the prognostic risk of HICH patients were 0.906 (0.844-0.956), 88.62 % and 84.33 %, respectively, which were significantly higher than those of FA, MD, RD and AD alone ($P<0.05$). **Conclusion** The application of DTI technology to evaluate the risk of poor prognosis in patients with HICH has certain predictive value, and the combined evaluation of FA, MD, RD and AD can significantly improve its predictive accuracy.

Keywords: Magnetic Resonance; Diffusion Tensor Imaging; Hypertensive Cerebral Hemorrhage; Poor Prognosis

高血压性脑出血(hypertensive intracerebral hemorrhage, HICH)作为一种严重的脑血管疾病,其高发病率、高致残率及高死亡率已成为全球公共卫生领域的重大挑战^[1]。HICH通常由长期高血压导致的小血管病变所引发,当血压急剧升高时,小血管可能出现破裂出血,进而压迫周围脑组织,引发偏瘫、失语、甚至意识障碍等神经功能障碍。由于HICH的病情发展迅速,且复杂多变,其预后往往较差,给患者及其家庭带来沉重的身心负担^[2]。因此,准确评估HICH患者的预后风险显得尤为重要。然而,传统的预后评估方法主要依靠于患者的临床表现、影像学检查结果及基础疾病情况等,但其易受患者个体差异、疼痛耐受度、主观感受及评估者经验等多种因素影响,从而导致预后评估效果存在偏差。近年来,随着医学影像技术的飞速发展,磁共振弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)作为一种无创、高分辨率的神经影像学技术,在脑白质纤维束的微观结构评估中具有一定应用^[3]。DTI通过测量水分子在脑组织中的扩散特性,可定量评估白质纤维束的完整性、方向性和连通性,从而提供关于脑组织微观结构变化的详细信息^[4]。目前,已有研究初步探讨DTI在HICH患者预后评估中的应用,但大多集中于描述性分析层面,缺乏系统的量化评估和截断值验证^[5]。基于此,本研究旨在研究应用DTI评估HICH患者预后不良风险的有效性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 研究对象选取为2018年5月-2023年12月于本院就诊的HICH患者152例。其中男90例、女62例;年龄47-85岁,平均年龄(62.28±8.35)岁;高血压严重程度:1级高血压(轻度)32例、2级高血压(中度)78例、3级高血压(重度)或伴有靶器官损害42例;高血压病程3-25年,平均病程(10.18±2.25)年。

纳入标准:参照《中国高血压性脑出血诊治指南》^[6],有明确的高血压病史,且经头颅CT或MRI证实为HICH,表现为脑实质内出血灶,排除其他非高血压性病因;入院后24h内行DTI检查;具有完整的临床记录、影像学资料;排除标准:由动脉瘤破裂、血管畸形、外伤、肿瘤卒中等非高血压原因引起的脑出血患者;患有严重的心、肺、肝、肾

【第一作者】陈贵杰,男,主治医师,主要研究方向:神经外科。E-mail: 15183185856@163.com

【通讯作者】陈贵杰

等系统性疾病；存在磁共振检查禁忌；意识障碍或认知障碍者。

1.2 方法

1.2.1 分组方法 基于患者发病起3个月后的受累肢体力量恢复情况，将患者划分为两个预后组别：预后良好组标准为Brunnstrom肌力分级达到或超过3级；预后不良组标准为肌力分级低于3级。Brunnstrom肌力分级体系详细界定如下：1级，代表上下肢完全无自主运动能力；2级，仅下肢展现出微弱的随意运动迹象；3级，标志着患者能够启动协同运动模式；4级，观察到共同运动的出现；5级，展示出相对独立于协同运动之外的活动能力；6级，则标志着运动协调性接近正常水平^[7]。

1.2.2 DTI检查方法 使用西门子公司生产的3.0T超导型核磁共振仪，患者保持头部静止。TR=5000ms、TE=80ms、b=1000s/mm²、层厚=2mm，层间距=0.5mm、采集矩阵=256×256，在多个非共线方向上施加弥散梯度，至少12个方向，以全面捕捉水分子扩散的各向异性信息。启动DTI扫描序列，对患者头部进行连续多层扫描，收集包含弥散信息的原始数据。将采集的原始数据导入西门子Syngo平台相关模块，利用软件中的DTI分析工具，对原始数据进行重建和计算，生成FA图、MD图、RD图和AD图。

1.2.3 美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)、瘫痪分级(PG)的评分标准 NIHSS评分体系含意识水平、语言能力、肢体运动等七大维度，其总分为0至42分，分数上升表示神经功能缺损程度加剧^[8]。PG分级总分为0至8分，分数提升反映四肢运动功能逐步衰退^[9]。

1.3 观察指标 (1)比较预后良好组、预后不良组一般资料(包括性别、年龄、高血压严重程度、高血压病程及合并症)、DTI参数(包括FA、MD、RD、AD)、NIHSS及PG评分。(2)分析影响HICH患者预后不良的多因素。(3)分析DTI参数变化与NIHSS及PG评分间的相关性。(4)通过ROC曲线分析，确定DTI参数的最佳截断值，评估截断值预测HICH患者预后的敏感性和特异性。

1.4 统计学方法 运用SPSS 24.0软件，对于连续变量，以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，使用独立样本t检验；对于分类变量，以n(%)表示，用 χ^2 检验；使用二元Logistic回归模型分析影响HICH患者预后不良的多因素；Pearson相关系数分析DTI参数变化与NIHSS及PG评分间的相关性；对每个DTI参数(FA、MD、RD、AD)分别绘制ROC曲线；计算AUC，评估各参数的预测效能；P<0.05表示，差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 152例患者预后情况 152例HICH患者中预后良好组107例

(70.39%)，预后不良组45例(29.60%)。

2.2 比较预后良好组、预后不良组一般资料、DTI参数、NIHSS及PG评分 两组性别、年龄、高血压严重程度、高血压病程及合并症比较差异无统计学意义(P>0.05)；预后不良组FA、AD低于预后良好组，MD、RD、NIHSS及PG评分高于预后良好组(P<0.05)。见表1。

表1 比较预后良好组、预后不良组一般资料、DTI参数、NIHSS及PG评分[n(%)]					
类别		预后良好组 (n=107)	预后不良组 (n=45)	χ^2/t	P
性别	男	66(61.68)	24(53.33)	0.914	0.338
	女	41(38.32)	21(46.67)		
年龄(岁)		61.50±7.80	62.73±7.92	0.883	0.378
高血压严重程度	轻度	20(18.70)	2(44.44)	5.401	0.067
	中度	60(56.07)	28(62.22)		
	重度	27(25.23)	15(33.34)		
高血压病程(年)		10.53±2.18	11.07±2.29	1.373	0.171
合并症	冠心病	20(18.69)	12(26.66)	1.212	0.270
	糖尿病	15(14.02)	10(22.22)	1.551	0.212
	高脂血症	30(28.04)	15(33.34)	0.426	0.513
DTI参数	FA	0.53±0.10	0.23±0.03	19.720	<0.001
	MD	0.71±0.17	0.99±0.28	7.562	<0.001
	RD	0.55±0.14	0.79±0.20	8.445	<0.001
	AD	1.25±0.34	0.88±0.23	6.679	<0.001
NIHSS评分(分)		6.54±2.37	14.86±3.75	16.459	<0.001
PG评分(分)		2.55±0.81	5.80±1.42	17.807	<0.001

2.3 DTI图像特征 见图1-4。

2.4 分析影响HICH患者预后不良的多因素 将表1具有统计学差异的指标代入二元Logistic回归模型，可见FA、AD下降，MD、RD、NIHSS及PG评分是影响HICH患者预后不良的多因素(P<0.05)。见表2。

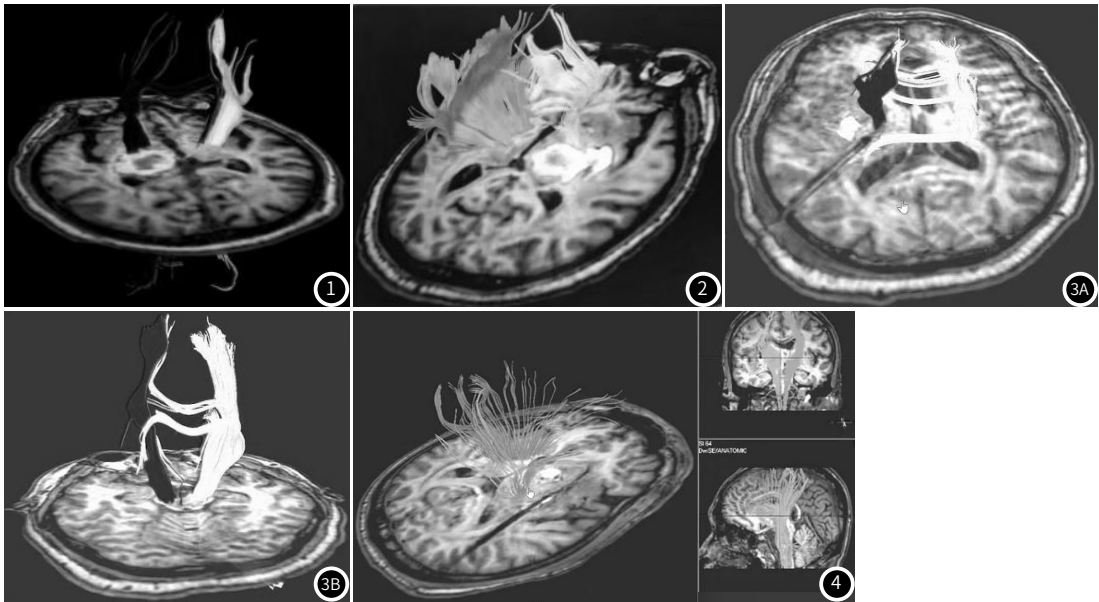


图1 基于DTI融合的右侧基底节脑出血示意图，右侧基底节区皮质脊髓束排列。
图2 基于DTI融合的左侧基底节脑出血示意图，左侧基底节区皮质脊髓束排列。
图3A-图3B 右侧基底节血肿减少后，皮质脊髓束排列。
图4 左侧基底节血肿减少后，皮质脊髓束排列。

表2 分析影响HICH患者预后不良的多因素

因素	赋值	β值	SE	Wald χ^2 值	P值	OR(95% CI)值
FA	0=升高, 1=下降	0.653	0.188	12.867	<0.001	1.921(1.329-2.777)
MD	0=下降, 1=升高	0.426	0.157	7.655	0.005	1.531(1.125-2.082)
RD	0=下降, 1=升高	0.870	0.215	8.369	0.003	2.386(1.566-3.637)
AD	0=升高, 1=下降	0.425	0.169	7.636	0.006	1.529(1.098-2.130)
NIHSS评分(分)	0=下降, 1=升高	0.152	0.034	10.693	<0.001	1.164(1.089-1.244)
PG评分(分)	0=下降, 1=升高	0.083	0.026	11.355	<0.001	1.086(1.032-1.143)

2.5 DTI参数变化与NIHSS及PG评分间的相关性 经Pearson相关性可知, FA、AD均与NIHSS及PG评分呈负相关, MD、RD与NIHSS及PG评分呈正相关($P<0.05$)。见表3。

2.6 DTI参数评估HICH患者预后风险的预测效能 FA、MD、RD及AD联合评估HICH患者预后风险的AUC(95% CI)、敏感度及特异度分别为0.906(0.844-0.956)、88.62%及84.33%, 显著高于FA、MD、RD及AD单一评估的预测效果($P<0.05$)。见表4、图5。

表3 DTI参数变化与NIHSS及PG评分间的相关性

指标	FA		MD		RD		AD	
	r	P	r	P	r	P	r	P
NIHSS评分	-0.458	0.001	0.435	0.001	0.538	<0.001	-0.376	0.012
PG评分	-0.556	<0.001	0.522	<0.001	0.496	<0.001	-0.390	0.010

表4 DTI参数评估HICH患者预后风险的预测效能

检查方法	截断值	AUC	95% CI	敏感度(%)	特异度(%)	P值
FA	<0.35	0.732	0.702-0.854	78.54	73.62	<0.001
MD	>0.75	0.662	0.625-0.784	70.58	72.66	<0.001
RD	>0.60	0.679	0.651-0.797	75.36	73.15	<0.001
AD	<1.20	0.636	0.605-0.719	68.90	67.44	<0.001
联合	-	0.906	0.844-0.956	88.62	84.33	<0.001

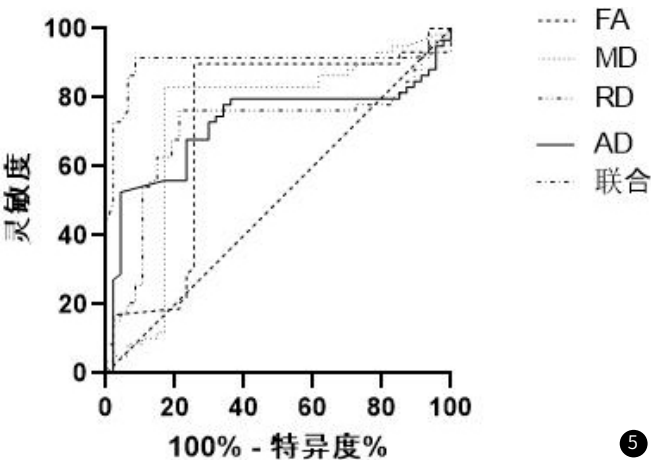


图5 DTI参数评估HICH患者预后风险的预测效能ROC曲线。

3 讨 论

HICH发生往往与长期高血压控制不佳密切相关, 其病理过程涉及血管破裂、血肿形成及随后的脑组织损伤, 导致患者神经功能受损, 严重影响生活质量^[10]。因此, 准确评估HICH患者的预后不良风险, 对于制定个体化治疗方案、提高患者生存质量具有重要意义。

本研究结果显示, 预后不良组FA、AD显著低于预后良好组, 而MD、RD及NIHSS、PG评分则显著高于预后良好组; 且经二元Logistic回归模型, 可见FA、AD下降, MD、RD、NIHSS及PG评分是影响HICH患者预后不良的多因素; 提示, DTI参数能够反映HICH患者脑白质纤维束的损伤程度, 进而预测患者的预后情况。FA作为DTI中最常用的参数之一, 其降低反映白质纤维束的完整性受损, 是导致患者预后不良的关键因素。而AD的降低和MD、RD的升高则进一步印证脑组织微观结构的破坏, 与患者的神经功能缺损程度密切相关。NIHSS评分和PG评分的差异则直接反映预后不良组患者在神经功能恢复上的劣势。本研究结果与既往多项研究相一致, 均可说明DTI在HICH预后评估中的重要作用。例如, 周笑笑等人的研究也发现, HICH患者患侧皮质脊髓束(CST)的FA值显著降低, 且与神经功能损害及预后存在明确的相关关系^[11]。此外, 也有研究通过DTI和弥散张量纤维束示踪成像(DTT)技术评估了CT立体定向血肿穿刺引流术的疗效, 并指出DTI、DTT对HICH患者短期预后的评估具有显著价值^[12]。同时在上述研究基础上, 本研究进一步细化DTI在HICH患者预后评估中的应用。通

过Pearson相关性发现FA和AD的降低与NIHSS及PG评分的升高呈负相关, 而MD和RD的升高则与这些评分的升高呈正相关。FA的降低反映脑白质纤维束完整性的破坏, 可能是由于HICH导致的血肿压迫、水肿及随后的炎症反应所致; 而神经纤维的受损使得水分子在纤维束内的扩散方向性降低, 从而表现为FA值的下降^[13]。AD的降低则直接关联到神经纤维轴向弥散能力的减弱, 同样是由于神经纤维受损所致。因此, FA和AD的降低共同反映神经功能的损伤程度, 与NIHSS和PG评分的升高相一致。MD的升高表明脑组织整体弥散性的增加, 可能是由于细胞毒性水肿、血管源性水肿或两者共同作用的结果。水肿导致细胞间隙增大, 水分子在脑组织中的扩散更加容易, 从而表现为MD值的升高。RD的升高则反映水分子在垂直于神经纤维方向上的弥散增加, 可能是由于神经纤维的径向损伤(如剪切力损伤)所致。RD的升高进一步证实脑组织的微观结构变化与宏观神经功能状态之间的紧密联系^[14]。

目前, 已有相关研究认为DTI检查在评估其他类型脑损伤(如脑卒中、脑外伤等)预后具有一定作用, 但直接针对HICH患者预后风险的多参数联合评估研究相对较少^[15-16]。与既往研究相比^[17], 本次研究创新性地采用FA、MD、RD及AD四种DTI参数联合评估HICH患者的预后风险, 结果显示, 联合评估AUC值达到0.906(95% CI: 0.844-0.956), 敏感度为88.62%, 特异度为84.33%, 显著高于单一参数的预测价值; 表明DTI参数联合在预测HICH患者预后不良风险方面具有较高的准确性和临床实用。笔

者分析原因在于FA值变化反映水分子扩散运动的方向性降低，与脑白质纤维束的完整性受损密切相关；MD值的升高则反映脑组织的整体弥散特性增强，与脑组织水肿和细胞毒性损伤有关；AD和RD值的变化则分别反映神经纤维轴向和径向的弥散特性变化，与神经纤维的完整性和损伤程度直接相关。

综上所述，应用DTI技术评估HICH患者的预后不良风险具有一定预测价值，且FA、MD、RD及AD联合评估在可显著提高其预测准确性。因此，建议在临床实践中推广DTI技术的应用，以便更早识别预后不良风险较高的HICH患者，并采取相应的干预措施，以改善患者的预后和生活质量。

参考文献

[1] 赵烨, 刘超, 邓能, 等. 磁共振成像弥散张量成像参数联合血清NSE、Lp-PLA2在脑梗死患者的诊断和预后不良风险评估中的应用价值[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(23): 4463-4467.

[2] 焦泽琦, 周苏键, 王碰起, 等. 基于DTI探讨高压氧治疗对高血压性脑出血患者运动功能的影响[J]. 神经损伤与功能重建, 2020, 15(9): 530-532.

[3] 林静辉, 蔺志清, 周圣军, 等. 应用弥散张量纤维束成像图研究基底节区脑出血术后皮质脊髓束与肢体运动功能的相关性[J]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2021, 14(1): 37-40.

[4] 刘晓荣, 兰天, 卢旺, 等. 脑卒中合并脑出血患者应用核磁共振进行病情诊断的临床价值[J]. 生命科学仪器, 2023, 21(z2): 49.

[5] 杨诗友, 庄建峰, 徐航哲, 等. 功能磁共振影像低频振幅对自发性脑出血微创血肿清除术后患者预后的评估价值[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2022, 21(4): 357-363.

[6] 中华医学会神经外科学分会, 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 等. 高血压性脑出血中国多学科诊治指南[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36(8): 757-770.

[7] 丁文晶, 王幸云. Bobath技术结合Brunnstrom技术应用于脑卒中偏瘫患者对其躯体屈曲痉挛和肌张力及肢体活动能力的影响[J]. 临床医药实践, 2022, 31(10): 743-746.

[8] 徐阳, 金凡夫, 赵丽, 等. 急性脑梗死静脉溶栓前后美国国立卫生研究院卒中量表评分与收缩压变化值在颅内出血性转化中的预测价值[J]. 安徽医药, 2021, 25(2): 250-254.

[9] 刘兴宇, 田宝刚, 崔建忠, 等. DTI技术在评估微创引流治疗HICH患者预后及认知中的应用[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(6): 1155-1160.

[10] 邹璇, 刘三春, 沈龙山, 等. 磁共振DTI技术对高血压性脑出血患者预后评估[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(11): 1983-1985.

[11] 张爱玲, 田龙, 丁娜, 等. 基于临床和扩散加权成像高信号病变的列线图对脑出血患者预后的预测价值[J]. 中华内科杂志, 2023, 62(10): 1187-1193.

[12] 周笑笑, 董利英, 蔡勇, 等. 磁共振波谱成像联合弥散加权成像技术对自发性脑出血患者康复效果的预测价值[J]. 中国医师杂志, 2022, 24(2): 282-285.

[13] 张磊, 宋杰, 谢晶军, 等. 磁共振弥散张量成像技术联合补阳还五汤对自发性基底节区出血患者肢体康复的影响[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2024, 31(2): 189-192.

[14] 田海港, 王本瀚, 肖国辉, 等. DTI在中等量高血压性基底节区出血中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志, 2023, 28(12): 681-684.

[15] Kumaran SP, Gurram SL, Viswamitra S, et al. Utility of DTI (diffusion tensor imaging) metrics to study microstructural changes of trigeminal nerve in patients with trigeminal neuralgia (TN) [J]. Neurology India, 2022, 70(1): 270-274.

[16] Sills RC, Johnson GA, Anderson RJ, et al. Qualitative and quantitative neuropathology approaches using magnetic resonance microscopy (diffusion tensor imaging) and stereology in a hexachlorophene model of myelinopathy in sprague-dawley rats [J]. Toxicologic Pathology, 2020, 48(8): 965-980.

[17] Liu CB, Yang DG, Li J, et al. Diffusion tensor imaging reveals brain structure changes in dogs after spinal cord injury [J]. Neural Regeneration Research, 2023, 18(1): 176-182.

(收稿日期: 2024-09-28)

(校对编辑: 翁佳鸿、韩敏求)

(上接第19页)

综上所述，我们在本研究中发现，SLE脑结构损伤发生在精神精神事件之前，并且与亚临床症状相关，如轻度认知功能下降，而VBM可以有效监测non-NPSLE患者脑结构改变，这为临床早期干预、延缓SLE患者脑损伤提供了新的影像学依据。

参考文献

[1] Schwartz N, Stock AD, Putterman C. Neuropsychiatric lupus: new mechanistic insights and future treatment directions[J]. Nat Rev Rheumatol, 2019, 15(3): 137-152.

[2] Liu S, Cheng Y, Zhao Y, et al. Hippocampal atrophy in systemic lupus erythematosus patients without major neuropsychiatric manifestations[J]. J Immunol Res, 2020, 2020: 2943848.

[3] Niu C, Tan X, Liu X, et al. Cortical thickness reductions associate with abnormal resting-state functional connectivity in non-neuropsychiatric systemic lupus erythematosus[J]. Brain Imaging Behav, 2018, 12(3): 674-684.

[4] Barraclough M, Elliott R, McKie S, et al. Cognitive dysfunction and functional magnetic resonance imaging in systemic lupus erythematosus[J]. Lupus, 2015, 24(12): 1239-1247.

[5] Hochberg MC. Updating the American College of Rheumatology revised criteria for the classification of systemic lupus erythematosus[J]. Arthritis Rheum, 1997, 40(9): 1725.

[6] Li S, Bai R, Yang Y, et al. Abnormal cortical thickness and structural covariance networks in systemic lupus erythematosus patients without major neuropsychiatric manifestations[J]. Arthritis Res Ther, 2022, 24(1): 259.

[7] Liu S, Cheng Y, Zhao Y, et al. Clinical factors associated with brain volume reduction in systemic lupus erythematosus patients without major neuropsychiatric manifestations[J]. Front Psychiatry, 2018, 9: 8.

[8] 李晓露, 周文苏, 张鹏, 等. 基于静息态功能磁共振成像的非神经精神系统性红斑狼疮低频振幅和功能连接的研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(12): 7.

[9] Hanly JG, Kozora E, Beyea SD, et al. Review: nervous system disease in systemic lupus erythematosus: current status and future directions[J]. Arthritis Rheumatol, 2019, 71(1): 33-42.

[10] Lauvsnes MB, Tjensvoll AB, Maroni SS, et al. The blood-brain barrier, TWEAK, and neuropsychiatric involvement in human systemic lupus erythematosus and primary Sjögren's syndrome[J]. Lupus, 2018, 27(13): 2101-2111.

[11] Hanly JG, Urowitz MB, Sanchez-Guerrero J, et al. Neuropsychiatric events at the time of diagnosis of systemic lupus erythematosus: an international inception cohort study[J]. Arthritis Rheum, 2007, 56(1): 265-273.

[12] Barraclough M, McKie S, Parker B, et al. The effects of disease activity, inflammation, depression and cognitive fatigue on resting state fMRI in systemic lupus erythematosus[J]. Rheumatology (Oxford), 2022, 61(S1): S139-S147.

[13] Kozora E, Arciniegas DB, Filley CM, et al. Cognitive and neurologic status in patients with systemic lupus erythematosus without major neuropsychiatric syndromes[J]. Arthritis Rheum, 2008, 59(11): 1639-1646.

[14] 王磊, 郑桂敏. 系统性红斑狼疮脑结构磁共振表现与认知损害关系及免疫抑制剂干预作用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(4): 10-12.

[15] Uddin LQ, Nomi JS, Hébert-Seropian B, et al. Structure and function of the human insula[J]. J Clin Neurophysiol, 2017, 34(4): 300-306.

[16] Knierim JJ. The hippocampus[J]. Curr Biol, 2015, 25(23): R1116-R1121.

[17] Krangelbach ML. The human orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience[J]. Nat Rev Neurosci, 2005, 6(9): 691-702.

[18] Zhang P, Liu Y, Yu FX, et al. Hierarchical integrated processing of reward-related regions in obese males: a graph-theoretical-based study[J]. Appetite, 2021, 159: 105055.

[19] 张鹏, 夏建国, 周文苏, 等. DTI技术在non-NPSLE患者脑白质微结构变化中的研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 31-33.

(收稿日期: 2023-12-23)

(校对编辑: 翁佳鸿、韩敏求)