

论 著

MRI-DTI对甲状腺相关眼病诊断及活动分期的评估价值*

陈彦孜* 唐湘雍 尹安雨
曾剑兵 于大飞 方进智
张玉忠深圳市龙华区人民医院医学影像科
(广东 深圳 518109)

【摘要】目的 探讨磁共振高清晰弥散张量成像(MRI-DTI)在甲状腺相关眼病(TAO)诊断及活动分期中的应用价值。**方法** 选取本院2021年6月至2023年12月收诊的78例TAO患者(156眼)为研究对象,根据临床活动性评分(CAS)分为非活动期组(n=41)和活动期组(n=37)。MRI-DTI参数与CAS评分的相关性采用Spearman相关性分析;TAO患者活动性的影响因素采用多因素Logistic回归分析;MRI-DTI参数对活动期TAO的诊断价值采用ROC分析。**结果** 与非活动期组相比,活动期组视神经表观弥散系数(ADC)明显较高($t=4.547, P<0.05$),各向异性分数(FA)明显较低($t=5.163, P<0.05$)。与非活动期组比较,活动期组促甲状腺受体抗体(TRAb)明显较高($t=10.017, P<0.05$)。Spearman相关性分析显示,MRI-DTI参数中,ADC值与CAS评分呈正相关($r=0.415, P<0.001$),FA值与CAS评分呈负相关($r=-0.403, P<0.001$)。多因素Logistic回归显示,ADC(OR=1.429)和TRAb(OR=1.614)为TAO活动性的独立危险因素($P<0.05$),FA(OR=0.847)为TAO活动性的保护因素($P<0.05$)。ROC结果显示,ADC、FA联合诊断活动期TAO的敏感度为89.19%,特异度为80.49%,且AUC(0.900)显著高于ADC($Z=3.543, P<0.001$)、FA($Z=2.215, P=0.027$)单独诊断的AUC。**结论** MRI-DTI对TAO的诊断价值较高,ADC值、FA值及TRAb水平为TAO活动分期的影响因素,且ADC和FA值对TAO活动性具有一定鉴别诊断价值。

【关键词】 甲状腺相关眼病;
磁共振高清晰弥散张量成像;
诊断;活动分期

【中图分类号】R581

【文献标识码】A

【基金项目】广东省医学科学技术研究
基金项目(A2021489)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.014

Evaluation Value of MRI-DTI in Diagnosis and Staging of Thyroid-associated Eye Diseases*

CHEN Yan-zi*, TANG Xiang-yong, YIN An-yu, ZENG Jian-bing, YU Da-fei, FANG Jin-zhi, ZHANG Yu-zhong.

Department of Medical Imaging, the People's Hospital of Longhua, Shenzhen 518109, Guangdong Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of Magnetic resonance high definition diffusion tensor imaging (MRI-DTI) in the diagnosis and activity staging of thyroid associated ophthalmopathy (TAO). **Methods** A total of 78 TAO patients (156 eyes) admitted to our hospital from June 2021 to December 2023 were selected as the study subjects. They were separated into an inactive group (n=41) and an active group (n=37) based on clinical activity score (CAS). The correlation between MRI-DTI parameters and CAS score was analyzed using Spearman correlation analysis. The influencing factors of TAO activity were analyzed using multivariate logistic regression. The diagnostic value of MRI-DTI parameters for active TAO was analyzed using ROC analysis. **Results** Compared with the inactive group, the apparent diffusion coefficient (ADC) of the optic nerve in the active group was obviously higher ($t=4.547, P<0.05$), and the anisotropy score (FA) was obviously lower ($t=5.163, P<0.05$). Compared with the inactive group, the active group had obviously higher level of thyroid stimulating receptor antibody (TRAb) ($t=10.017, P<0.05$). Spearman correlation analysis found that among MRI-DTI parameters, ADC value was positively correlated with CAS score ($r=0.415, P<0.001$), while FA value was negatively correlated with CAS score ($r=-0.403, P<0.001$). Multivariate logistic regression found that ADC (OR=1.429) and TRAb (OR=1.614) were independent risk factors for TAO activity ($P<0.05$), while FA (OR=0.847) was a protective factor for TAO activity ($P<0.05$). ROC results showed that the sensitivity and specificity of ADC and FA in the diagnosis of active TAO were 89.19% and 80.49% respectively, and AUC (0.900) was obviously higher than AUC diagnosed solely by ADC ($Z=3.543, P<0.001$) and FA ($Z=2.215, P=0.027$). **Conclusion** MRI-DTI has high diagnostic value for TAO. ADC value, FA value, and TRAb level are influencing factors for TAO activity staging. Moreover, ADC and FA values have certain differential diagnostic value for TAO activity.

Keywords: Thyroid Associated Ophthalmopathy; Magnetic Resonance High Definition Diffusion Tensor Imaging; Diagnosis; Activity Staging

甲状腺相关眼病(TAO)属于自身免疫性疾病,临床表现有眼睑充血水肿、眼球突出、流泪、畏光、视力下降等,严重者会出现视野缺损、色觉障碍,为患者带来一定身心压力,影响生活质量^[1]。TAO的治疗手段包括药物、手术、放疗,及时诊断及准确评估对于后期治疗效果具有一定积极意义^[2]。目前,临床上主要依据临床活动性评分(CAS)对TAO患者活动性进行评估,但该方法具有一定主观性,其准确评估离不开影像学检查。磁共振成像(MRI)对软组织分辨率高,且无辐射,能够清晰的显示出眼眶形态学变化。扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是一种无创功能成像技术,可以反映组织微结构定量和方向性信息^[3]。目前, MRI-DTI对于TAO活动分期的评估价值尚存在一定争议。本研究探讨MRI-DTI在TAO诊断及活动分期中的应用价值,为TAO的临床诊疗提供影像诊断依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取本院2021年6月至2023年12月收诊的78例TAO患者(156眼)为研究对象,根据CAS评分分为非活动期组(n=41,两只眼均<3分)和活动期组(n=37,至少一只眼≥3分)。

纳入标准: (1)明确诊断为TAO^[4]; (2)治疗前行MRI-DTI检查; (3)年龄>18岁; (4)患者知情同意。排除标准: (1)入院前3个月未接受相关治疗; (2)眼部手术史; (3)不能配合研究; (4)合并自身免疫性疾病; (5)合并恶性肿瘤; (6)临床资料不全; (7)存在MRI-DTI检查禁忌。本研究经医学伦理委员会审核通过。

1.2 方法

1.2.1 MRI-DTI检查 使用飞利浦3.0T MRI仪扫描患者眼部,先行常规扫描,再行高清晰弥散张量成像(DTI)扫描,扫描时间283 s,选取30个方向,TE为70 ms,TR为4170 ms,FOV为180 mm×180 mm,层厚2.5 mm,层间距0.25 mm, b值0 s/mm²、1000s/mm²。图像处理:后处理机器对视神经表观弥散系数(ADC)、轴向弥散率(AD)、径向弥散率(RD)、

【第一作者】陈彦孜,男,主治医师,主要研究方向:医学影像。E-mail: qycqs4@163.com

【通讯作者】陈彦孜

各向异性分数(FA)图进行测量,在视神经最大横断面勾画3个感兴趣区(面积3 mm²),取3个区域平均值为最终值。取两只眼睛平均值为最终数据。操作步骤由高资历医师完成。

1.2.2 临床资料及实验室指标检测 电化学发光法检测促甲状腺受体抗体(TRAb)等甲状腺相关指标,收集患者TAO家族史、TAO病程、吸烟饮酒史等基本资料,由专业医师测量患者眼压、视力及眼轴。

1.3 统计学分析 SPSS 25.0处理数据。性别、吸烟史、饮酒史、TAO家族史为计数资料,用n(%)表示,采用检验。ADC、AD等

均为计量资料,用($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立t检验。Spearman相关性分析MRI参数与CAS评分的相关性;TAO患者活动性的影响因素采用多因素Logistic回归分析;MRI参数对活动期TAO的诊断价值采用ROC分析,将最大约登指数对应的值作为最佳截断值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MRI对TAO的诊断率 78例TAO患者中,MRI诊断出74例,诊断率为94.87%。影像资料见图1、图2。

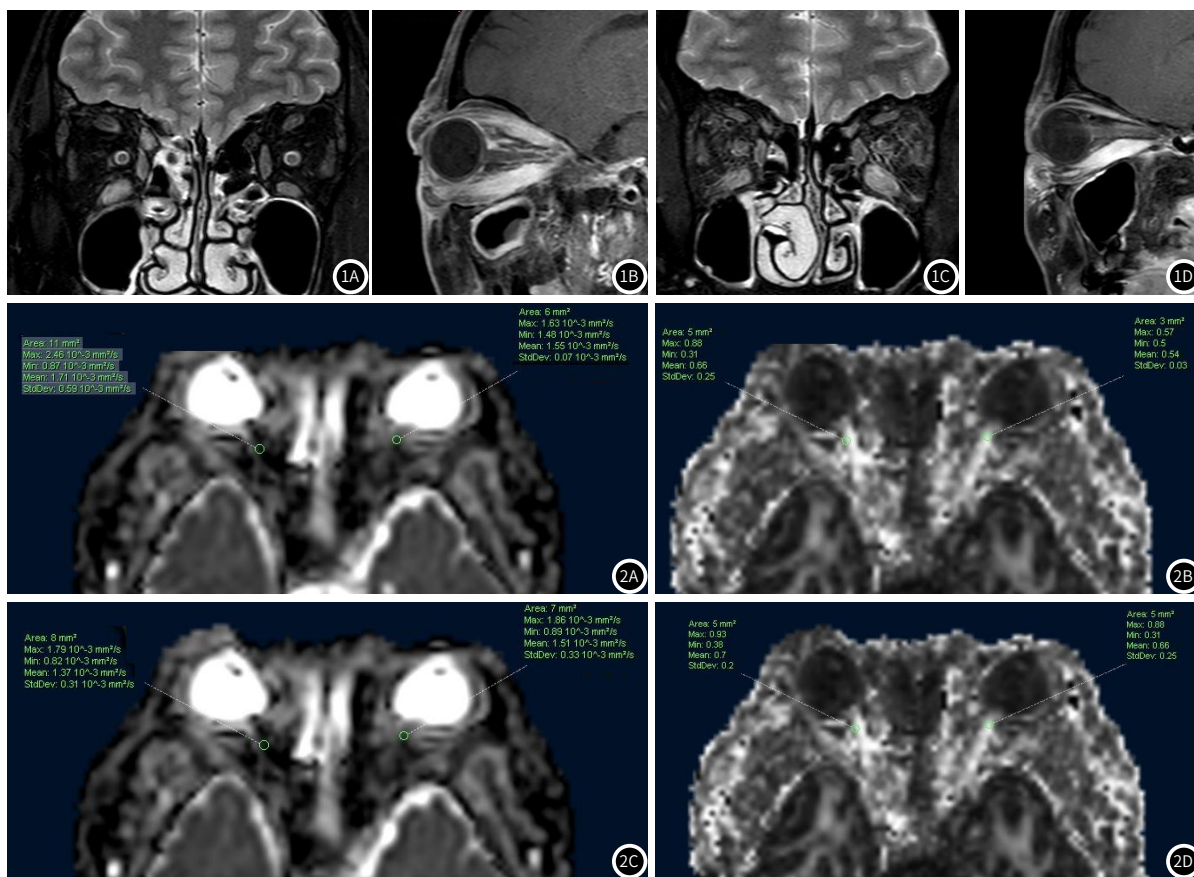


图1 图1A~1D分别为1名48岁女性活动期TAO患者影像图。图1A:T2WI冠状图像示双侧眼外肌增粗,以肌腹为主,右下直肌明显;1B:T1WI增强矢状位图像示右侧眼外肌增粗、强化,肌腹为主,下直肌明显;1C、1D为DTI-ADC及FA图。
图2 图2A~2D分别为1名50岁女性非活动期TAO患者影像图。图2A:T2WI冠状图像示双侧眼外肌增粗,以肌腹为主,左眼下直肌明显;图2B:T1WI增强矢状位图像示左侧眼外肌增粗、强化,肌腹为主,下直肌明显;图2C、图2D为DTI-ADC及FA图。图1C、1D、2C、2D示活动期TAO较非活动期的ADC值增高,FA值减低。

2.2 非活动期组、活动期组MRI-DTI参数比较 与非活动期组相比,活动期组视神经ADC明显较高($t=4.547, P < 0.05$),FA明显较

低($t=5.163, P < 0.05$)。两组视神经AD及RD值均无显著差异($P > 0.05$)。见表1。

表1 非活动期组、活动期组MRI-DTI参数比较

组别	例数	ADC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	AD($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	RD($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	FA
非活动期组	41	1.47 \pm 0.15	2.86 \pm 0.34	0.99 \pm 0.13	0.65 \pm 0.09
活动期组	37	1.64 \pm 0.18	2.82 \pm 0.32	1.03 \pm 0.14	0.55 \pm 0.08
t值	-	4.547	0.533	1.308	5.163
P值	-	<0.001	0.595	0.195	<0.001

2.3 非活动期组、活动期组临床资料比较 与非活动期组比较,活动期组TRAb明显较高($t=10.017, P<0.05$),见表2。

2.4 MRI-DTI参数与CAS评分的相关性 Spearman相关性分析显示,ADC与CAS评分呈正相关($r=0.415, P<0.001$),FA值与CAS评分呈负相关($r=-0.403, P<0.001$),AD、RD与CAS评分不存在相关性($r=-0.195、0.226, P>0.05$)。

2.5 TAO活动性的多因素Logistic回归分析 以TAO活动性为因变量(活动期=1、非活动期=0),以ADC、FA、TRAb为自变量(均以

原值代入)进行多因素Logistic回归,结果显示,ADC($OR=1.429$)和TRAb($OR=1.614$)为TAO活动性的独立危险因素($P<0.05$),FA($OR=0.847$)为TAO活动性的保护因素($P<0.05$)。见表3。

2.6 MRI-DTI参数对活动期TAO的诊断价值 以TAO活动性为因变量,以ADC、FA为检验变量进行ROC分析,结果显示,ADC、FA联合诊断活动期TAO的敏感度为89.19%,特异度为80.49%,AUC为0.900,显著高于ADC($Z=3.543, P<0.001$)、FA($Z=2.215, P=0.027$)单独诊断的AUC。见图3、表4。

表2 非活动期、活动期临床资料比较[n(%)]

指标	非活动期组 (n=41)	活动期组 (n=37)	t/ χ^2 值	P值
年龄(岁)	51.27±7.73	52.92±8.51	0.897	0.372
女性	25(60.98)	27(72.97)	1.260	0.262
体重指数(kg/m ²)	22.65±2.31	22.94±2.42	0.541	0.590
吸烟史	14(34.15)	10(27.03)	0.163	0.496
饮酒史	13(31.71)	9(24.32)	0.524	0.469
TAO病程(月)	6.32±1.48	5.73±1.37	1.821	0.073
甲状腺原疾病病程(年)	5.95±1.45	6.52±1.51	1.700	0.093
TAO家族史	4(9.76)	2(5.41)	0.087	0.768
眼压(mmHg)	16.53±3.05	17.01±3.12	0.687	0.494
视力(LogMAR)	0.14±0.03	0.15±0.04	1.257	0.213
眼轴(mm)	22.06±1.91	22.34±1.95	0.640	0.524
促甲状腺激素(mIU/L)	1.21±0.24	1.28±0.26	1.236	0.220
游离三碘甲状腺原氨酸(pmol/L)	9.18±2.02	8.73±1.91	1.008	0.317
游离甲状腺素(pmol/L)	23.75±4.57	22.69±4.49	1.031	0.306
TRAb(IU/L)	4.04±1.05	7.12±1.63	10.017	<0.001

表3 TAO活动性的多因素Logistic回归分析

变量	β 值	SE值	Wald 值	P值	OR值	95% CI
ADC	0.357	0.153	5.444	0.020	1.429	1.059~1.929
FA	-0.166	0.070	5.627	0.018	0.847	0.738~0.972
TRAb	0.479	0.167	8.217	0.004	1.614	1.163~2.239

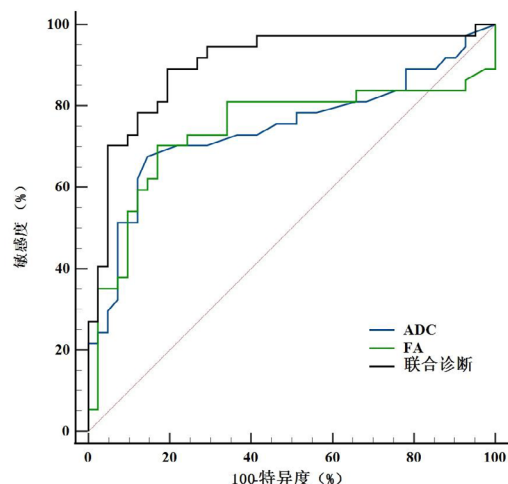


图3 MRI-DTI参数诊断活动期TAO的ROC曲线。

表4 MRI-DTI参数活动期对TAO的诊断价值

变量	AUC	截断值	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)	约登指数
ADC	0.744	$1.52 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	0.632~0.836	67.57	85.37	0.529
FA	0.740	0.62	0.628~0.832	70.27	82.93	0.532
联合诊断	0.900	-	0.812~0.957	89.19	80.49	0.697

3 讨论

TAO的发病机制尚不明确,可能与眼眶组织与甲状腺组织存在共同抗原有关,例如促甲状腺激素受体^[5]。TAO活动期患者炎症反应强烈、肿胀明显,非活动期则以胶原沉积及纤维化为主,TAO的治疗需根据活动分期选择合适的治疗手段^[6]。因此,准确区分活动期与非活动期对于改善TAO患者预后至关重要。

MRI能够进行多序列多方位成像,在TAO、糖尿病视网膜病变、眼部肿瘤等眼部疾病中均具有一定鉴别价值^[7]。除MRI外,超声、CT也可对TAO进行诊断,但超声对视神经结构成像较差,CT会产生一定电离辐射。本研究结果显示,78例TAO患者中,MRI-DTI诊断出74例,诊断率达到94.87%,与郑勇^[8]报道的95.80%(92/96)较为接近,可见MRI-DTI对于TAO的诊断率较高。本研究进一步对TAO组不同活动分期组MRI-DTI参数进行比较,结果显示,活动期组视神经ADC明显高于非活动期组,FA明显低于非活动期组,且多因素Logistic回归分析也表明,ADC值越高、FA值越低,处于活动期的风险越高,两项结果提示ADC及FA与TAO患者活动分期密切相关,有望作为TAO分期的评估指标。ADC能够反映组织内水分子弥散速度,高ADC值与组织水肿,水分子扩散加快有关;FA取值范围为0~1,越接近于0表明弥散运动越趋于各向同性,低FA值可能与纤维破坏或易位、细胞溶解有关^[9]。分析认为,活动期患者炎症浸润,水肿严重,因此ADC值较高,非活动期出现间质纤维化,因此FA值较大^[10]。曹一杨等^[11]的研究也报道,与非活动期组相比,活动期组TAO患者泪腺ADC较大,FA值较小。然而张小辉等^[12]的研究中,活动期组及非活动期组视神经ADC并不存在显著差异,结果偏倚与样本量、数据准确性等有一定关联,有待后续验证。此外,Spearman相关性分析显示,TAO患者视神经ADC值与CAS评分呈正相关,FA值与CAS评分呈负相关,但AD、RD与CAS评分不存在相关性,该结果再次提示ADC、FA值与TAO活动分期的相关性。曹一杨等^[11]的研究中,泪腺ADC及FA联合诊断活动期TAO的敏感度和特异度分别为91.20%和65.40%,AUC为0.861。本研究进一步分析了ADC及FA值对TAO活动分期的鉴别价值,结果显示,ADC、FA单独诊断活动期TAO的AUC分别为0.744和0.740,而ADC、FA二者联合诊断活动期TAO的敏感度为89.19%,特异度为80.49%,AUC达0.900,提示二者联合对TAO活动期及非活动期的区分度更高,临床上可根据患者ADC及FA值对疾病活动分期进行辅助评估。

此外,本研究还发现,活动期组TRAb水平明显较非活动期组高,与吴叶萌^[13]的报道较为一致,提示TAO患者活动分期可能与TRAb水平有关。TRAb直接作用于甲状腺细胞膜上的促甲状腺激素受体,其水平是诊断及评估TAO活动性的重要指标^[14]。由于多因素Logistic回归中纳入的自变量个数有样本量限制,本研究纳入的指标有限,后期将增加样本量进行全面分析。

综上所述,MRI-DTI对TAO的诊断价值较高,且ADC和FA值对TAO活动性具有一定鉴别诊断价值,临床上可根据TAO患者MRI-DTI参数对其活动性进行评估。但目前收集的病例尚且较少,MRI-DTI在TAO活动分期中的应用价值仍待后续探讨。

参考文献

- [1] Liu P, Luo B, Feng Y, et al. Aberrant spontaneous brain activity in patients with thyroid-associated ophthalmopathy with and without optic neuropathy: a resting-state functional MRI study [J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(11): 7981-7991.
- [2] Pan Y, Chen YX, Zhang J, et al. Doxycycline vs placebo at 12 weeks in patients with mild thyroid-associated ophthalmopathy: a randomized clinical trial [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2022, 140(11): 1076-1083.
- [3] 万正国. DTI在脑膜瘤、胶质瘤及转移瘤患者诊断及手术指导中的应用研究 [J]. *少疾病杂志*, 2022, 29(1): 24-50.
- [4] Bartley GB, Gorman CA. Diagnostic criteria for Graves' ophthalmopathy [J]. *Am J Ophthalmol*, 1995, 119(6): 792-795.
- [5] 申露, 吴青伟. 甲状腺功能和TFQI与甲状腺功能正常人群糖尿病风险的相关性分析 [J]. *罕少疾病杂志*, 2025, 32(8): 64-66.
- [6] 钟思思, 方思捷, 孙静, 等. 糖皮质激素联合MTX和单纯激素治疗中重度活动期甲状腺相关眼病的比较研究 [J]. *临床眼科杂志*, 2023, 31(2): 130-135.
- [7] Chen Z, Xu H, Liu M, et al. The evaluation of the maculopathy using dynamic contrast-enhanced MRI in patients with proliferative diabetic retinopathy [J]. *Curr Med Imaging*, 2022, 18(1): 67-73.
- [8] 郑勇. MRI在甲状腺相关性眼病中的临床诊断价值 [J]. *深圳中西医结合杂志*, 2021, 31(6): 106-107.
- [9] Yu W, Zheng L, Shuo Z, et al. Evaluation of extraocular muscles in patients with thyroid associated ophthalmopathy using apparent diffusion coefficient measured by magnetic resonance imaging before and after radiation therapy [J]. *Acta Radiol*, 2022, 63(9): 1180-1186.
- [10] Jiang M, Song X, Zhang H, et al. The combination of T2-mapping value of lacrimal gland and clinical indicators can improve the stage prediction of Graves' ophthalmopathy compared to clinical activity scores [J]. *Endocrine*, 2022, 78(2): 321-328.
- [11] 曹一杨, 胡昊, 吴倩, 等. 基于分段读出平面回波成像的扩散张量成像泪腺定量测量评估甲状腺相关眼病活动性 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2022, 30(5): 447-450.
- [12] 张小辉, 李咏梅, 郁斌, 等. 磁共振高清晰弥散张量成像技术在甲状腺相关性眼病活动性分期中的价值 [J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2021, 27(5): 403-407.
- [13] 吴叶萌. 甲状腺相关性眼病患者血清细胞因子及血脂的表达水平及临床意义 [D]. 南昌: 南昌大学, 2023.
- [14] Katahira M, Tsunekawa T, Mizoguchi A, et al. Clinical significance of thyroglobulin antibodies and thyroid peroxidase antibodies in Graves' disease: a cross-sectional study [J]. *Hormones (Athens)*, 2023, 22(2): 253-261.

(收稿日期: 2024-07-02)

(校对编辑: 韩敏求)