

论 著

扩散张量成像(DTI)在肩关节肩袖损伤中的诊断价值*

唐雪莉* 李韩建 王晓成

符程云

海南医科大学第一附属医院放射科

(海南 海口 570100)

【摘要】目的 探讨扩散张量成像(DTI)在肩关节肩袖损伤中的诊断价值。方法 选择我院于2023年1月至2023年12月肩关节肩袖损伤患者47例作为研究组;另选择我院于2023年1月~2023年12月正常肩关节者43例作为对照组。所有受试者均接受磁共振DTI检查,用工作站的图像后处理软件,测量ROI的FA值及ADC值。观察两组及不同肩袖损伤分级ADC值和FA值;采用ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤及肩袖损伤不同分级诊断价值。结果 研究组ADC值高于对照组,而FA值低于对照组($P<0.05$)。3级ADC值高于1级和2级,而FA值低于1级和2级($P<0.05$);2级ADC值高于1级,而FA值低于1级($P<0.05$)。经ROC曲线分析显示,ADC值对肩袖损伤诊断灵敏度为74.50%,特异度为83.70%;FA值对肩袖损伤诊断灵敏度为76.60%,特异度为90.70%;ADC值+FA值对肩袖损伤诊断灵敏度为89.40%,特异度为90.70%。ADC值+FA值对肩袖损伤诊断灵敏度高于ADC值和FA值($P<0.05$)。经ROC曲线分析显示,ADC值对肩袖损伤不同分级诊断灵敏度为89.20%,特异度为62.90%;FA值对肩袖损伤不同分级诊断灵敏度为87.70%,特异度为82.90%;ADC值+FA值对肩袖损伤诊断灵敏度为96.50%,特异度为94.30%。ADC值+FA值对肩袖损伤不同分级诊断特异度高于ADC值和FA值($P<0.05$)。ADC值+FA值对肩袖损伤诊断特异度高于ADC值和FA值($P<0.05$)。结论 DTI在肩关节肩袖损伤中诊断价值良好,且对肩袖损伤不同分级诊断效能良好,值得临床借鉴。

【关键词】扩散张量成像;肩关节;肩袖损伤;诊断价值

【中图分类号】R323.4+2

【文献标识码】A

【基金项目】海南省卫生健康行业科研项目-海南医科大学第一附属医院(22A200254)-扩散张量成像(DTI)在肩关节肩袖损伤中的诊断价值

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.03.052

The Diagnostic Value of Diffusion Tensor Imaging (DTI) in Rotator Cuff Injury of the Shoulder Joint*

TANG Xue-li*, LI Han-jian, WANG Xiao-cheng, FU Cheng-yun.

Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou 570100, Hainan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of diffusion tensor imaging (DTI) in rotator cuff injury of the shoulder joint. **Methods** 47 patients with rotator cuff injury in our hospital from January 2023 to December 2023 as study group; another 43 cases of normal shoulder joint in our hospital from January 2023 to December 2023 as control group. All subjects underwent magnetic resonance DTI examination, and the FA and ADC values of ROI were measured using the image post-processing software of the workstation. Observe the ADC and FA values of two groups and different grades of rotator cuff injuries; The diagnostic value of ADC and FA values for different grades of rotator cuff injury and rotator cuff injury was analyzed using ROC curve analysis. **Results** The study group ADC value higher control group, while the FA value lower control group ($P<0.05$). The ADC value of Level 3 is higher than Level 1 and Level 2, while the FA value lower Level 1 and Level 2 ($P<0.05$); the ADC value of level 2 is higher than level 1, while the FA value lower level 1 ($P<0.05$). According to ROC curve analysis, the sensitivity and specificity of ADC value in diagnosing rotator cuff injury are 74.50% and 83.70%, respectively; the sensitivity and specificity of FA value in diagnosing rotator cuff injury are 76.60% and 90.70%, respectively; the sensitivity and specificity of ADC value+FA value in diagnosing rotator cuff injury are 89.40% and 90.70%, respectively. The sensitivity of ADC value+FA value in diagnosing rotator cuff injury higher ADC value and FA value ($P<0.05$). According to ROC curve analysis, the sensitivity and specificity of ADC value in diagnosing different grades of rotator cuff injury are 89.20% and 62.90%, respectively; the sensitivity and specificity of FA value in diagnosing different grades of rotator cuff injury are 87.70% and 82.90%, respectively; the sensitivity of ADC value+FA value for diagnosing rotator cuff injury is 96.50%, and the specificity is 94.30%. The diagnostic specificity of ADC value+FA value for rotator cuff injury different grades higher ADC value and FA value ($P<0.05$). **Conclusion** DTI has good diagnostic value in rotator cuff injury of the shoulder joint, and has good diagnostic efficacy in different grades of rotator cuff injury, which is worthy of clinical reference.

Keywords: Diffusion Tensor Imaging; Shoulder Joint; Shoulder Sleeve Injury; Diagnostic Value

肩关节是人体稳定性最差、最灵活且活动度最大的关节之一,常见于运动损伤^[1]。肩袖是支持和稳定肩关节的主要解剖结构,在肱骨头稳定与减压上发挥重要作用^[2]。肩袖损伤是常见所致的肩部疼痛病因之一,据统计表明其患病率占肩关节疾病17%~41%,严重影响人们日常生活^[3]。肩袖损伤以肩袖部分肌腱部位的撕裂为主要临床表现,导致肩外侧和前方较为明显疼痛,特别在夜间更为明显,导致患者睡眠和情绪受到严重影响,从而降低患者生活质量^[4-5]。因此,采取及时有效的诊断肩关节肩袖损伤方法尤为关键。既往,多采用关节造影、X线及CT诊断肩袖损伤,虽能够提供相应诊断依据,但容易出现误诊或漏诊。随着磁共振成像(MRI)技术的不断发展,由于其软组织分辨率高、安全无辐射等优点,广泛用于肩袖损伤的诊断^[6]。扩散张量成像(DTI)主要是在扩散加权成像基础上延伸的无创显示神经微观结构变化的一种MRI技术,可微观探查患者肩关节组织的改变,达到早期诊断的效果。基于此,选择我院于2023年1月至2023年12月肩关节肩袖损伤患者90例,通过探讨DTI在肩关节肩袖损伤中的诊断价值,以期临床早期诊治肩袖损伤提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择我院于2023年1月至2023年12月肩关节肩袖损伤患者47例作为研究组,其中男性29例,女性18例;年龄25~73岁,平均 (48.38 ± 7.79) 岁;体质指数 $15\sim 31\text{kg/m}^2$,平均 $(22.76\pm 3.18)\text{kg/m}^2$;肩袖损伤:1级12例,2级21例,3级14例。另选择我院于2023年1月~2023年12月正常肩关节者43例作为对照组,其中男性27例,女性16例;年龄24~71岁,平均 (47.71 ± 8.84) 岁;体质指数 $16\sim 29\text{kg/m}^2$,平均 $(22.31\pm 2.78)\text{kg/m}^2$ 。两组一般资料比较无显著差异($P>0.05$)。

纳入标准:经肩关节镜检查证实为肩袖损伤;伴不同程度肩关节功能障碍、肩关节不稳、肩部疼痛等;年龄 ≥ 18 岁;获得知情同意。排除标准:既往存在肩关节手术史者;凝血功能障碍者;精神异常者;肝肾、心肺严重异常者;妊娠或哺乳期妇女。

1.2 方法

1.2.1 扩散张量成像(DTI)检查:所有受试者均接受磁共振DTI检查,应用荷兰Philips超导磁共振成像仪(Ingenia 3.0T),并配备体部扫描专用线圈。沿着肩关节肌腱走行方向,在其损伤处及其上端、偏上部、中部、偏下部及下端分别设置ROI,根据ROI自动搜

【第一作者】唐雪莉,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像学。E-mail: 1527648859@qq.com

【通讯作者】唐雪莉

索存在的纤维束，按照最短纤维长度=10mm，最大角度90°，最小FA值0.15，进行纤维束示踪成像(DTT)，见图1-2。用工作站的图像后处理软件，测量ROI的FA值及ADC值。

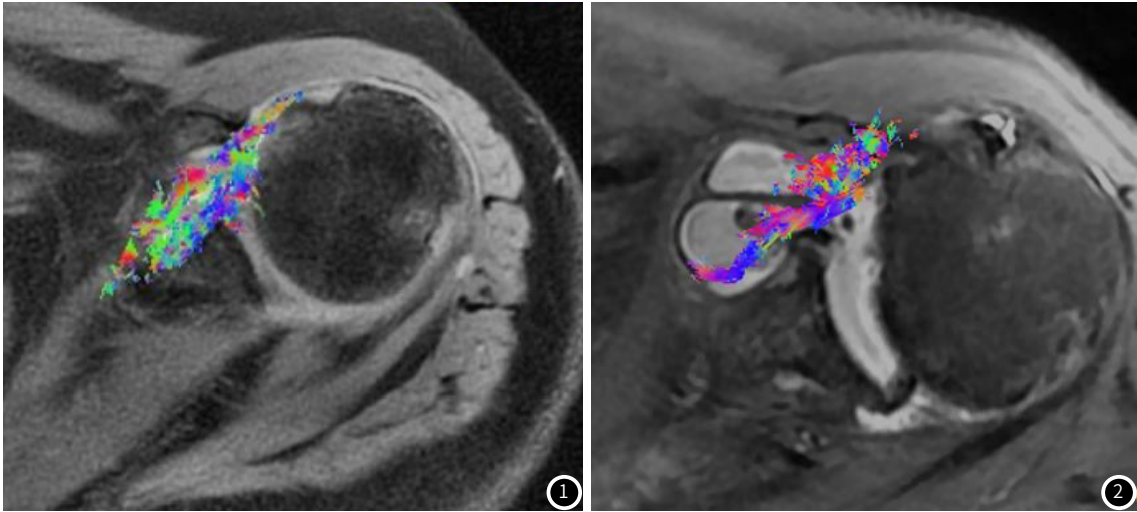


图1 女，54岁，正常肩胛下肌DTT，以绿色为主。图2 男，69岁，肩胛下肌部分撕裂DTT，以红、蓝色为主。

1.2.2 肩关节肩袖损伤分级：(1)0级：肩袖肌肉韧带形态正常，呈低信号，且信号均匀一致；(2)1级：肩袖肌韧带形态未见异常，但信号有所改变，在均匀一致的低信号中出现弥漫或短线条样高信号；(3)2级：肩袖肌韧带形态失常，肌腱变薄，呈高信号改变；(4)3级：肩袖肌韧带低信号中断，或低信号被高信号取代，累计肌腱全程，或肌腱回缩。

1.3 观察指标 (1)观察两组ADC值和FA值；(2)观察不同肩袖损伤分级ADC值和FA值变化；(3)采用ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤诊断价值；(4)采用ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤不同分级诊断价值。

1.4 统计学处理 运用SPSS 25.0软件分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)描述，两组间采用t检验；多组间采用单因素方差分析，采用F检验，两两比较采用q检验。采用ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤诊断价值。P<0.05示差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组ADC值和FA值比较 研究组ADC值高于对照组，而FA值低于对照组(P<0.05)。见表1。

2.2 不同肩袖损伤分级ADC值和FA值比较 3级ADC值高于1级和2级，而FA值低于1级和2级(P<0.05)；2级ADC值高于1级，而FA值低于1级(P<0.05)。见表2。

2.3 ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤诊断价值 经ROC曲线分析显示，ADC值对肩袖损伤诊断灵敏度为74.50%，特异度为83.70%；FA值对肩袖损伤诊断灵敏度为76.60%，特异度为90.70%；ADC值+FA值对肩袖损伤诊断灵敏度为89.40%，特异度为90.70%。ADC值+FA值对肩袖损伤诊断灵敏度高于ADC值和FA值(P<0.05)。见表3和图3。

表1 两组ADC值和FA值比较

组别	例数	ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	FA值
研究组	47	1.87±0.43	0.43±0.12
对照组	43	1.07±0.32	0.89±0.25
t值	-	9.938	11.278
P值	-	<0.001	<0.001

表2 不同肩袖损伤分级ADC值和FA值比较

不同肩袖损伤分级	例数	ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	FA值
1级	12	1.39±0.31	0.65±0.17
2级	21	1.82±0.42	0.42±0.13
3级	14	2.36±0.47	0.26±0.08
F值	-		
P值	-	<0.001	<0.001

注：与1级比较，*P<0.05；与2级比较。

表3 ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤诊断价值

指标	曲下面积	截断值	P	灵敏度	特异度	95%CI
ADC值	0.782	1.445	0.000	74.50%	83.70%	0.681~0.883
FA值	0.837	0.645	0.000	76.60%	90.70%	0.744~0.930
ADC值+FA值	0.950	-	0.000	89.40%	90.70%	0.909~0.990

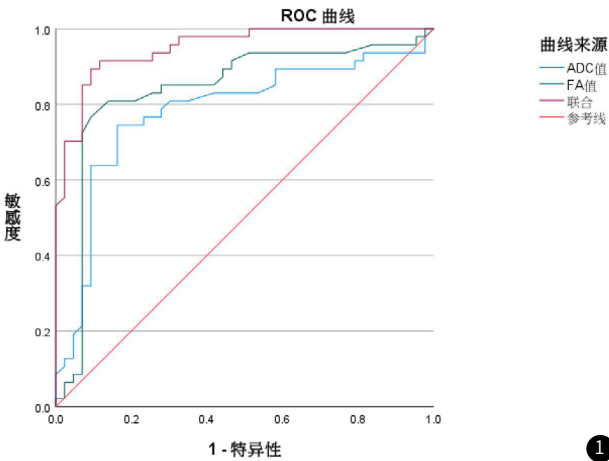


图3 ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤诊断价值。

2.4 ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤不同分级诊断价值
经ROC曲线分析显示, ADC值对肩袖损伤不同分级诊断灵敏度为89.20%, 特异度为62.90%; FA值对肩袖损伤不同分级诊断灵敏度为87.70%, 特异度为82.90%; ADC值+FA值对肩袖损伤诊断灵敏度为96.50%, 特异度为94.30%。ADC值+FA值对肩袖损伤不同分级诊断特异度高于ADC值和FA值($P<0.05$)。见表4和图4。

表4 ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤不同分级诊断价值

指标	曲下面积	截断值	P	灵敏度	特异度	95%CI
ADC值	0.885	1.785	0.000	89.20%	62.90%	0.784~0.985
FA值	0.910	0.495	0.000	87.70%	82.90%	0.828~0.991
ADC值+FA值	0.988	-	0.000	96.50%	94.30%	0.966~1.000

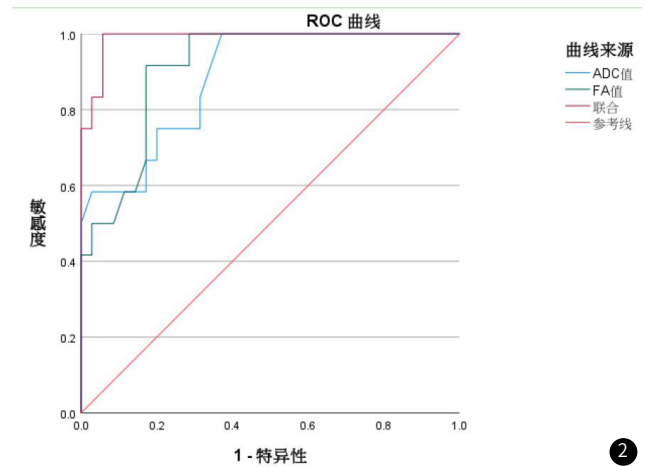


图4 ROC曲线分析ADC值和FA值对肩袖损伤不同分级诊断价值。

3 讨论

肩袖损伤最常见是冈上肌腱撕裂, 主要是由外伤、运动方式不当及疲劳运动等所致, 甚至可累及肩胛下肌腱或冈下肌腱, 小圆肌腱很少累及^[7-8]。肩袖损伤最常见的特征是肩关节的疼痛或无力, 特别在夜间明显, 无法用侧卧位休息, 而当肩部做外展活动或负重用力动作等特殊动作时, 则会加剧疼痛^[9-10]。故而, 肩袖损伤会造成患者痛苦, 加重心里负担; 同时, 可能由于患者肩袖疼痛严重程度不同、撕裂部位不同及肌力减弱, 从而导致患者手臂、肩部出现无力感, 或丧失外旋、内旋和上举活动度, 导致主动活动度下降, 从而影响患者生活质量^[11-13]。因此, 及时诊断肩袖损伤早期采取针对性治疗尤为关键。

关节镜可对肩袖损伤情况进行全面地观察, 但该方法是一种有创操作, 不宜常规检查肩关节疼痛患者。影像学检查中, CT检查由于软组织对比欠佳, 对各肌腱受损伤显示较差; 而采用DR检查仅可现实骨性结构的改变。而采用MRI能够对关节周围软组织清楚地显示特别是肩袖的情况, 使得诊断准确率极大地提高, 已成为首选的用于肩关节软组损伤的检查^[14-18]。3.0T磁共振DTI是一种新型的核磁共振技术, 该方法主要是在DWI基础上改进, 期间通过扩散敏感梯度方式从多个方向量化水分子的扩散各向异性, 并且还可展现出活体的微小病理生理结构^[19]。DTI检查包含多个定量指标, 包括FA值、ADC等, 其中FA值表示水分子各向异性成分在全部弥散张量中的比例; 而其中ADC值表示物质分子的自由运动, 能够将水分子在各个方向上的扩散功能展现出。本研究表明, 研究组ADC值高于对照组而FA值低于对照组, 由此可见肩关节肩袖损伤患者ADC值升高而FA值降低, 分析其原因可能是由于损伤韧带中水分子扩散运动各项异性降低, 从而会造成FA值下降; 而韧带损伤处的H⁺质子及水肿液体的聚集, 从而可使水分子扩散运动增强, 而使得FA值降低; 3级ADC值高于1级和2级而FA值低于1级和2级, 2级ADC值高于1级而FA值低于1级, 由此可见肩袖损伤分级越高则FA值越低, ADC值越高; ADC值+FA值对肩袖损伤诊断灵敏度高于ADC值和FA值, 由此可见ADC值+FA值联合诊断可提高肩袖损伤诊断灵敏度; ADC值+FA值对肩袖损伤不同分级诊断特异度高于ADC值和FA值, 由此可见ADC值+FA值联合诊断可提高肩袖损伤不同分级诊断特异度。

综上所述, DTI在肩关节肩袖损伤中诊断价值良好, 且对肩袖损伤不同分级诊断效能良好, 值得临床借鉴。

参考文献

- [1] Kim E, Cho Y, Lee J, et al. Relationship between rotator cuff posterior delamination and subscapularis tear: a large cross-sectional analysis[J]. JSES Int, 2023, 7(3): 439-444.
- [2] Orellana KJ, Harwood K, Horneff JG, et al. Rotator cuff injury in the pediatric population: a systematic review of patient characteristics, treatment, and outcomes[J]. J Pediatr Orthop B, 2023, 32(2): 103-109.

- [3] Lee K, Cho Y, Ahn K, et al. Deep-learning-based automated rotator cuff tear screening in three planes of shoulder MRI[J]. Diagnostics, 2023, 13(20): 3254.
- [4] Tornberg H, Kleinbart EP, Martin K, et al. Disparities in arthroplasty utilization for rotator cuff tear arthropathy[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2023, 32(10): 1981-1987.
- [5] Iio R, Manaka T, Takada N, et al. Parathyroid hormone inhibits fatty infiltration and muscle atrophy after rotator cuff tear by browning of fibroadipogenic progenitors in a rodent model[J]. Am J Sports Med, 2023, 51(12): 3251-3260.
- [6] 彭杰, 王良勇, 马静, 等. 不同场强MRI及CT对肩袖损伤诊断的对比研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(1): 158-160.
- [7] Gumina S, Proietti R, Caccavale R, et al. Peripheral microcirculation alteration as cause of posterolateral rotator cuff tear: the possible indirect contribution of nailfold capillaroscopy[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2023, 32(3): 604-609.
- [8] Eibel A, Reddy RP, Hyghes JD, et al. Traumatic rotator cuff tears with concomitant shoulder dislocation: tear characteristics and postsurgical outcomes[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2023, 32(4): 842-849.
- [9] Ko SH, Na SC, Kim MS. Risk factors of tear progression in symptomatic small to medium-sized full-thickness rotator cuff tear: relationship between occupation ratio of supraspinatus and work level[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2023, 32(3): 565-572.
- [10] Yoon T, Kim S, Choi Y, et al. Age, tear size, extent of retraction, and fatty infiltration associated with a high chance of a similar rotator cuff tear in the contralateral shoulder regardless of symptoms in patients undergoing cuff repair in the index shoulder[J]. Arthroscopy, 2023, 39(7): 1611-1617.
- [11] Chen XH, Wang YX, Chen J, et al. Clinical value of three-dimensional ultrasonography in the morphologic evaluation of rotator cuff tear: a prospective study[J]. Eur Radiol, 2023, 33(4): 2331-2339.
- [12] Cai JY, Xu JJ, Ye ZP, et al. Exosomes derived from kartogenin-preconditioned mesenchymal stem cells promote cartilage formation and collagen maturation for enthesis regeneration in a rat model of chronic rotator cuff tear[J]. Am J Sports Med, 2023, 51(5): 1267-1276.
- [13] Guity MR, Mirghaderi P, Mortazavi SMJ, et al. Early versus late physiotherapy following arthroscopic repair of small and medium size rotator cuff tear: a randomized clinical trial[J]. Int Orthop, 2023, 47(11): 2795-2807.
- [14] 李智慧, 陆勇. 肩袖损伤的磁共振表现与诊断[J]. 中国临床医生杂志, 2023, 51(5): 522-524.
- [15] 陈燕娥, 顾晓林, 张忠新. 高频彩色多普勒超声在老年肩袖损伤诊断中的临床价值[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(22): 5524-5526.
- [16] 罗小兰, 刘高元, 张海兵. MR mDIXON Quant技术定量的冈上肌及冈下肌脂肪浸润与肩袖损伤程度的相关性[J]. 中国医学影像技术, 2023, 39(3): 421-424.
- [17] 郝艳红, 刘利平, 张炎晶, 等. 高频超声及肩峰下滑囊超声造影在肩袖损伤诊断中的应用价值[J]. 中国运动医学杂志, 2023, 42(1): 25-31.
- [18] 毕蓓蕾, 王海丽, 郭皖豫. MRI与高频超声在诊断肩袖损伤中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(4): 139-141.
- [19] 廖荣信, 张亚林, 瞿中威, 等. 3.0T MR肩关节造影对肩袖损伤的诊断价值分析[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(1): 120-123.

(收稿日期: 2024-02-28)

(校对编辑: 翁佳鸿)