

论 著

磁共振T2 Mapping技术在肩袖损伤分级评估中的价值*

苏晨晨 曾 茗 殷向辉*

延安市中医医院运动医学科

(陕西 延安 716000)

【摘要】目的 探讨磁共振成像(MRI)T2弛豫时间图(T2 mapping)技术在肩袖损伤(RCT)分级评估中的应用价值。**方法** 选取2021年1月至2024年1月于我院进行治疗的104例RCT患者为研究对象,所有患者均接受MRI常规扫描与T2 mapping扫描。依据RCT分级分成A(n=31)、B(n=38)、C(n=35)三组,分析三组MRI影像学特征,比较三组T2 mapping定量参数,分析其与RCT分级的相关性,评估T2 mapping对RCT分级的诊断价值。**结果** A组MRI常规序列可见肌腱完整,附着端分散分布高信号影,冈上肌腱T2 mapping扫描为均匀绿色-黄色;B组MRI常规序列见肌腱完整,呈面条状高信号影,冈上肌腱T2 mapping扫描为不规则绿色-黄色;C组MRI常规序列见肌腱中断,液性高信号影,T2 mapping扫描见灰色条状影。B、C两组外侧、中间及内侧T2值均高于A组,C组外侧、中间及内侧T2值均高于B组,差异有统计学意义($P<0.05$)。经Spearman相关性分析,外侧、中间及内侧T2值均与RCT分级呈正相关($P<0.05$)。绘制外侧、中间及内侧T2值诊断肌腱撕裂的受试者工作特征曲线,结果显示其曲线下面积分别为0.834、0.889、0.812($P<0.05$)。**结论** RCT损伤程度与磁共振T2 mapping定量参数密切相关,有助于判断RCT状况,可在临床推广应用。

【关键词】 磁共振成像; T2 mapping;

肩袖损伤; 定量评估

【中图分类号】 R445.2**【文献标识码】** A**【基金项目】** 陕西省中医药管理局

科研课题(2022-GJ-LCO17)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.050

Value of Magnetic Resonance T2 Mapping in Grading of Rotator Cuff Tear*

SU Chen-chen, ZENG Ming, YIN Xiang-hui*.

Department of Sports Medicine, Yan'an Traditional Chinese Medicine Hospital, Yan'an 716000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the application value of T2 mapping of MRI in grading of rotator cuff tear (RCT). **Methods** The study subjects were 104 patients with RCT treated in our hospital between January 2021 and January 2024. All of them underwent conventional MRI scan and T2 mapping. According to the grade of RCT, the subjects were divide into three groups: A (n=31), B (n=38) and C (n=35). MRI features of the three groups were analyzed. The quantitative parameters of T2 mapping were compared among the three groups, and their correlation with the grade of RCT was analyzed. The value of T2 mapping in grading of RCT was evaluated. **Results** Conventional MRI sequences of group A showed intact tendons with scattered high signal shadows near the attachment end. T2 mapping scan of supraspinatus tendon showed uniform green-yellow color. Conventional MRI sequences of group B showed intact tendons with high signal shadows in strips. T2 mapping scan of supraspinatus tendon showed irregular green-yellow color. Conventional MRI sequences of group C showed tendon interruption and liquid high signal shadows, and T2 mapping scan showed gray shadows in strips. Lateral, middle and medial T2 values of group A, group B, and group C increased in order ($P<0.05$). Spearman correlation analysis found that lateral, middle and medial T2 values were positively correlated with the grade of RCT ($P<0.05$). Receiver operating characteristic curves indicated that the areas under the curves of lateral, middle and medial T2 values for diagnosing tendon tear were 0.834, 0.889 and 0.812 ($P<0.05$). **Conclusion** The degree of RCT is closely related to quantitative parameters of magnetic resonance T2 mapping, which is conducive to determining the condition of RCT.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging; T2 Mapping; Rotator Cuff Tear; Quantitative Evaluation

肩袖损伤(RCT)是一种较为常见的肩关节疾病,以肩关节疼痛、功能障碍为主要表现,严重威胁了患者的生命质量,也加重了经济负担^[1]。RCT发病率在约为17%~41%,随着病程迁移,可引起肌肉萎缩,但RCT的治疗效果会被多种因素影响,其中早期及时、准确评估损伤的严重程度不仅能为RCT治疗方案提供依据,还可用于疾病预后的判断,因此,探寻能准确评估RCT分级的检查方法有着重要价值^[2-3]。磁共振成像(MRI)在临床应用广泛,对软组织分辨率高,无创,目前已有大量研究证实其可有效诊断RCT^[4-5]。T2弛豫时间图(T2 mapping)技术是一种新型技术,通过多个梯度回波采集信号,可定量分析受损组织中各个成分变化状况,目前已用于颞下颌关节紊乱^[6]、颈椎间盘退变^[7]等多种疾病中,但在RCT分级评估中应用较少。为此,本研究旨在探讨MRI T2 mapping技术在RCT分级评估中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年1月至2024年1月于我院展开治疗104例RCT患者为研究对象。依据RCT分级分成A(I级, n=31)、B(II级, n=38)、C(III级, n=35)三组,三组一般资料比较差异不具有统计学意义($P>0.05$),见表1。

纳入标准: (1)均满足RCT诊断标准^[8],且经肩关节镜确诊;(2)年龄>18岁;(3)患者均签署知情同意书。**排除标准:** (1)合并恶性肿瘤;(2)合并肩周炎等其他疾病引起的肩关节疼痛;(3)肩关节手术史;(4)肩关节先天发育异常;(5)严重脏器功能损伤;(6)哺乳期、妊娠期女性;(7)合并其他肢体功能障碍。

1.2 检查方法及图像处理

1.2.1 检查方法: 所有患者均接受MRI扫描,仪器使用美国GE HDXT型3.0T磁共振扫描仪,8通道线阵肩关节线圈。首先行常规序列扫描,取仰卧位,见不放松,双手自然放置,肩部尽量靠近扫描区域中点,行冠状位T1WI、矢状位T2WI及冠状位质子加权成像扫描,扫描参数T1WI: TR 445ms, TE 9.76ms, 矩阵 320×85, FOV 160×160mm, 层厚3.5mm, 层间距10mm; T2WI: TR 3710ms, TE 79.24ms, 矩阵 280×70, FOV 160×160mm, 层厚3.5mm, 层间距10mm; 质子加权成像: TR 2406ms, TE 34.32ms, 矩阵 304×85, FOV 160×160mm, 层厚3.5mm, 层间距10mm。完成扫描后行冠状位T2 mapping扫描,扫描参数TE: 6.71ms, TR400ms, 矩阵 384×100, FOV 160×160mm, 层厚3mm, 层间距10mm, 层数18, 回波链长度8, 带宽

【第一作者】 苏晨晨,男,副主任医师,主要研究方向:运动医学科。E-mail: Su20240508@163.com**【通讯作者】** 殷向辉,男,副主任医师,主要研究方向:运动医学科。E-mail: 632524048@qq.com

表1 三组一般资料比较

组别	n	年龄(岁)	体质量指数(kg/m ²)	性别		患侧	
				男性	女性	左侧	右侧
A组	31	31.29±4.37	23.58±1.19	11(35.48)	20(64.25)	18(58.06)	13(41.94)
B组	38	31.58±4.08	23.06±1.02	14(36.84)	24(63.16)	21(55.26)	17(44.74)
C组	35	30.94±4.58	23.27±1.36	13(37.14)	22(62.86)	19(54.29)	16(45.71)
F/ x ²		0.212	1.488	0.022		0.101	
P		0.809	0.231	0.989		0.951	

31.25kHz，扫描时间274s。由两名经验丰富的影像科医师阅片并核对，若意见不一致，则协商讨论达成一致。

1.2.2 图像处理：将扫描数据上传至工作站，经Functool T2 mapping软件处理形成伪彩图。在两个序列相同位置勾画相同面积感兴趣区(ROI)，测定外、中及内侧ROI的T2值，测定区域选择冈上肌肌腱面积为1mm²的圆形部位，均测定2次后取平均值。

1.3 分级标准 依据MRI图像进行判断，0级：无形态学改变，信号均匀且低；I级：信号均匀且低，偶见短线样、弥漫性高信号；II级：肩袖形态学改变，呈明显高信号，肌腱薄；III级：信号影中断，或高信号影取代低信号影，累及肌腱全层^[9]。

1.4 观察指标 (1)分析不同等级RCT影像学特征；(2)比较三组间外侧、中间及内侧T2值。(3)分析外侧、中间及内`侧T2值与RCT分级的相关性。(4)分析外侧、中间及内侧T2值对RCT分级的诊断价值。

1.5 统计学方法 文章应用SPSS 27.0软件展开统计学分析，计数资料以[n(%)]表示，采用 x²检验；计量资料(x ± s)表示，多组间比较行单因素方差分析，相关性应用Spearman相关性分析，诊断价值应用受试者工作特征(ROC)曲线分析。显著性结果α=0.05。

2 结 果

2.1 不同等级RCT影像学特征 A组患者为RCT I级，MRI见冈上肌腱形态无改变，肌腱完整，近附着端散在高信号影，冈上肌腱T2 mapping扫描为均匀绿色-黄色，关节腔、滑囊均未见异常(见图1A~1C)。B组患者为RCT II级，MRI见冈上肌腱形态无异常，肌腱完整，信号呈面带状高信号影冈上肌腱，T2 mapping扫描为不规则绿色-黄色(见图2A~2C)。C组患者为RCT III级常规扫描见冈上肌腱形态异常，肌腱中断，液性高信号影，T2 mapping扫描为灰色条状影见图3A~3C。

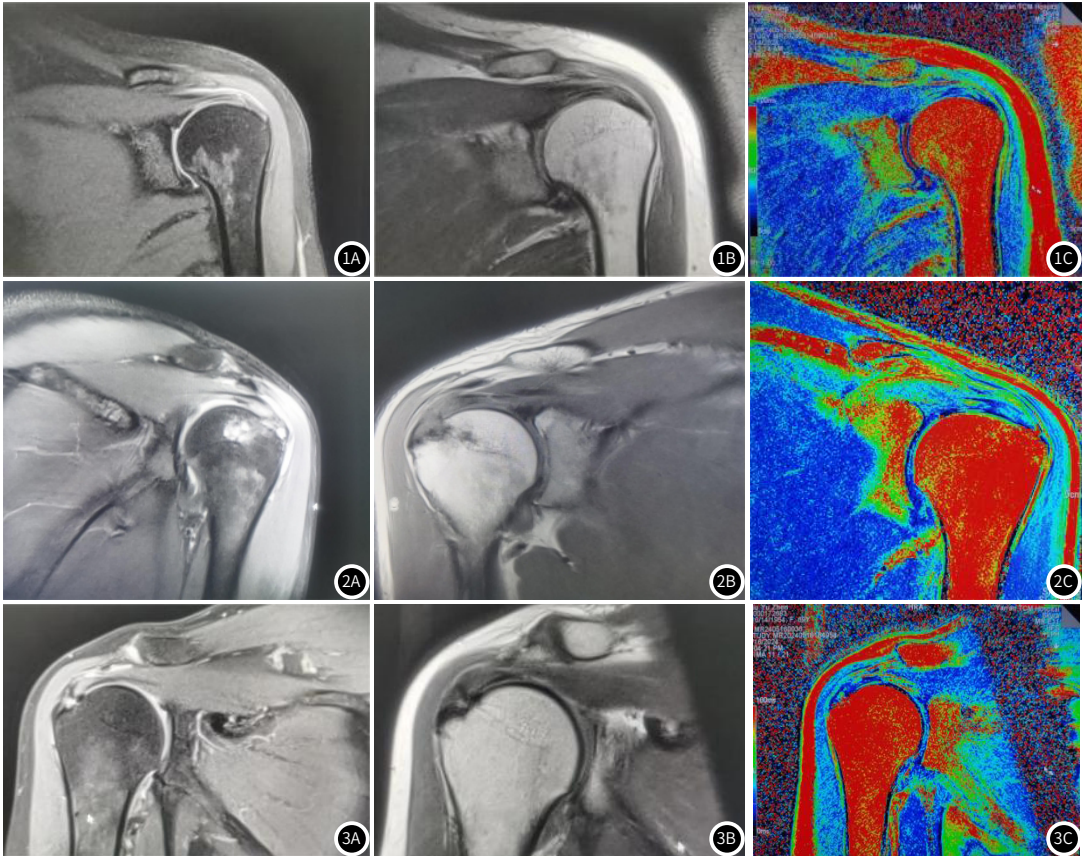


图1A~图1C 病例1，女，29岁，打羽毛球后左肩疼痛1周入院，MRI见左冈上肌腱附着端信号增高，提示冈上肌腱磨损，T2 mapping为均匀绿色-黄色。
图2A~图2C 病例2，男，37岁，2年前外伤史，左肩部疼痛2年，加重1月入院，常规MRI见冈上肌腱片状高信号影，T2 mapping为不规则绿色-黄色。
图3A~图3C 病例3，女，69岁，左肩部疼痛3周入院，常规MRI见冈上肌腱附着段增粗，裂隙状液性高信号影，T2 mapping扫描为灰色条状影。

2.2 三组外侧、中间及内侧T2值比较 三组外侧、中间及内侧T2值比较差异有统计学意义($P<0.05$)，B、C两组外侧、中间及内侧T2值均高于A组，C组外侧、中间及内侧T2值均高于B组，差异有统计学意义($P<0.05$)。见表2。

2.3 T2值与RCT分级相关性分析 经Spearman相关性分析，外

侧、中间及内侧T2值均与RCT分级呈正相关($P<0.05$)。见表3。

2.4 T2值对RCT分级的诊断效能 为了更好的区分肌腱是否撕裂，以A、B两组为连续患者，C组为撕裂患者，分别绘制外侧、中间及内侧T2值诊断肌腱撕裂的ROC曲线，结果显示其AUC分别为0.834、0.889、0.812($P<0.05$)。见表4、图4。

表2 三组外侧、中间及内侧T2值比较

组别	n	外侧T2值	中间T2值	内侧T2值
A组	31	62.69±6.34	40.29±4.06	34.68±4.13
B组	38	75.39±8.02*	51.19±6.11*	48.34±6.72*
C组	35	82.33±8.54**	61.35±8.04**	59.71±8.21**
F		54.615	90.410	116.285
P		<0.001	<0.001	<0.001

注：与A组比较，* $P<0.05$ ；与B组比较，** $P<0.05$ 。

表4 T2值对RCT分级的诊断效能分析

检测指标	AUC	P	约登指数	cut-off	敏感度(%)	特异度(%)	95%CI
外侧T2值	0.834	<0.001	0.624	75.011	91.43	71.01	0.748~0.900
中间T2值	0.889	<0.001	0.741	55.281	94.29	79.71	0.812~0.942
内侧T2值	0.812	<0.001	0.954	50.249	85.71	79.71	0.723~0.882

表3 T2值与RCT分级相关性分析

指标	r	P
外侧T2值	0.413	<0.05
中间T2值	0.386	<0.05
内侧T2值	0.402	<0.05

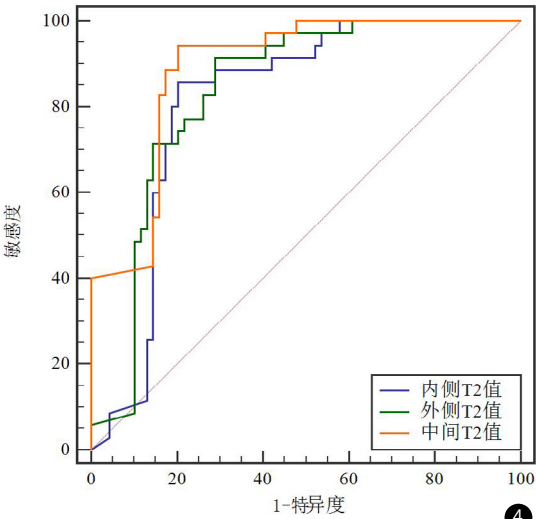


图4 T2值对RCT分级的诊断效能的ROC曲线。

3 讨论

RCT主要发生于肩胛下肌、小圆肌与冈上肌、冈下肌肌腱，至今仍不明确其机制，认为与外力撞击、外伤、退变等因素有关，以肩部疼痛为常见表现，但损伤程度不同其临床表现差异较大，常规体格检查等方式无法进行准确评估，而关节镜作为诊断“金标准”属于有创方法，不易被患者接受，因此，必须进一步结合影像学检查确诊^[11]。

临床常用的影像学手段包括超声、MRI、CT等，其中MRI对软组织分辨率最高，有着多方位、多序列、多参数、高分辨率等优势，对病变定位准确、检出率高，其工作原理为通过调节磁场使受试物体中分子共振，经特定仪器采集该共振信号，并重建该信号而获得成像^[12]。近年来，MRI扫描序列也在不断发展，T2 mapping作为一种新兴技术，能定量检测软骨基质中胶原纤维的分布与含量多回波自旋回波序列是其工作基础，对软骨损伤较为敏感。裴成锋等^[13]结果显示T2 mapping能评估关节镜下肩袖修补术疗效，其值水平越低，疗效越好，这为T2 mapping能用诊断及判断RCT预后提供了新的证据。基于此，笔者从RCT分级出发，分析了RCT不同分级的影像学特征，结果发现不同组织表现出不同的色阶，伪彩图上肩袖蓝色与关节腔积液灰色对比明显，可有效提示肌腱损伤程度，从而很好的辨别RCT严重程度，准确评估RCT分级。本研究进一步分析不同RCT分级外侧、内侧

及中间T2值，结果发现B、C两组外侧、中间及内侧T2值均高于A组，C组外侧、中间及内侧T2值均高于B组，且经Spearman相关性分析，RCT分级与外侧、中间及内侧T2均呈正相关，这与Lockard等^[14]结果相似，肩袖损伤越严重，T2值升高越显著。T2 mapping主要通过横向磁化衰减差异来反映机体的组织成分，尤其对软骨中胶原纤维、水、蛋白多糖等含量敏感性较高^[15]。关节软骨主要由蛋白多分子、水、胶原纤维组成，当软骨出现损伤，其中糖蛋白含量下降，水分丢失，胶原纤维被破坏，而T2值能量化分析软组织的基础为其与水、蛋白多糖等联系密切，其值较高，肌腱胶原纤维的分布越紊乱^[16-17]。对于RCT患者，其分级越高，损伤程度越严重，胶原纤维结构越紊乱，其中超微结构严密性下降，严重状况下还会导致胶原纤维崩解，加速水分子流动，进一步促进T2值升高。而为了更好的指导临床判断肌腱是否撕裂，本文进一步绘制外侧、中间及内侧T2值诊断肌腱撕裂的ROC曲线，结果显示其AUC分别为0.834、0.889、0.812，这提示T2 mapping技术可作为评估RCT的辅助序列。

(下转第185页)

- [1] Valenzuela Alvarez MJ, Gutierrez LM, Mayo JM, et al. Osteosarcoma cells exhibit functional interactions with stromal cells, fostering a lung microenvironment conducive to the establishment of metastatic tumor cells[J]. Mol Biol Rep, 2024, 51(1): 467.
- [2] 张天丹, 胡咏, 黄士月, 等. 骨肉瘤血清miR-337-3p、miR-484、miR-582表达及临床意义[J]. 临床肿瘤学杂志, 2023, 28(6): 517-523.
- [3] 张波, 胡凌云, 苟林, 等. LncRNA DARS-AS1靶向miR-758-3p促进骨肉瘤细胞增殖并抑制凋亡[J]. 现代肿瘤医学, 2023, 31(9): 1589-1594.
- [4] 彭国霖, 张玉容, 张睿, 等. 预后营养指数和中性粒细胞与淋巴细胞比值在骨肉瘤患者预后预测中的应用价值[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(21): 42-46, 51.
- [5] 邵梦平, 肖亚迪, 李莹, 等. DWI联合血清miR-495预测骨肉瘤新辅助化疗后疗效的价值[J]. 放射学实践, 2023, 38(9): 1163-1167.
- [6] 李佳璐, 王瑶, 马煥, 等. 基于MRI与病理对照的骨肉瘤动态增强MRI定量参数与肿瘤微循环及乏氧性表达的相关性研究[J]. 中国肿瘤临床, 2021, 48(18): 940-945.
- [7] 刘武, 王晖, 尹正武, 等. SNHG6、miR-101-3p和IGF2BP3在肺腺癌中的表达及其相关性研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2023, 33(18): 2177-2181.
- [8] Rosen G, Caparros B, Huvos AG, et al. Preoperative chemotherapy for osteogenic sarcoma: selection of postoperative adjuvant chemotherapy based on the response of the primary tumor to preoperative chemotherapy[J]. Cancer, 1982, 49(6): 1221-30.

- (收稿日期: 2024-05-27)
(校对编辑: 赵望淇、江丽华)

(上接第181页)

- [1] 哈传传, 李曼曼, 石梦娟, 等. 基于T1、T2 mapping定量评估肩袖损伤的应用[J]. 现代科学仪器, 2022, 39 (6): 65-69.
- [2] Yörükoglu AÇ, Şavkın R, Bükler N, et al. Is there a relation between rotator cuff injury and core stability[J]? J Back Musculoskeletal Rehabil, 2019, 32 (3): 445-452.
- [3] 李铁军, 魏超, 唐犁春, 等. MR T2 mapping定量参数在肩袖损伤患者中的变化及与SSV、DASH的关系[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40 (6): 1602-1606.
- [4] 毕蓓蓓, 王海丽, 郭晓豫. 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.
- [5] 郑春红, 胡剑波, 谭敬安, 等. 肩袖损伤合并肩峰下撞击综合征的MRI及CT分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (3): 163-165.
- [6] 徐雷, 葛怀志, 章智敬, 等. T2 mapping在颞下颌关节紊乱病中的诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31 (5): 454-458.
- [7] 董婷, 尹桂秀, 贺生琴. 磁共振扩散峰度成像与T2 mapping成像对颈椎间盘退变的诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41 (3): 533-537.
- [8] 尚小可, 郑君, 余子杨, 等. 肩袖损伤的处理临床实践指南(2019年)解读[J]. 中华肩肘外科电子杂志, 2021, 9 (2): 103-111.

- (收稿日期: 2024-07-11)
(校对编辑: 赵望淇、江丽华)